

Systemy nawigacji satelitarnej

Krzysztof Kamiński

Odbiorniki GNSS

Mapa



Pozycja i Czas

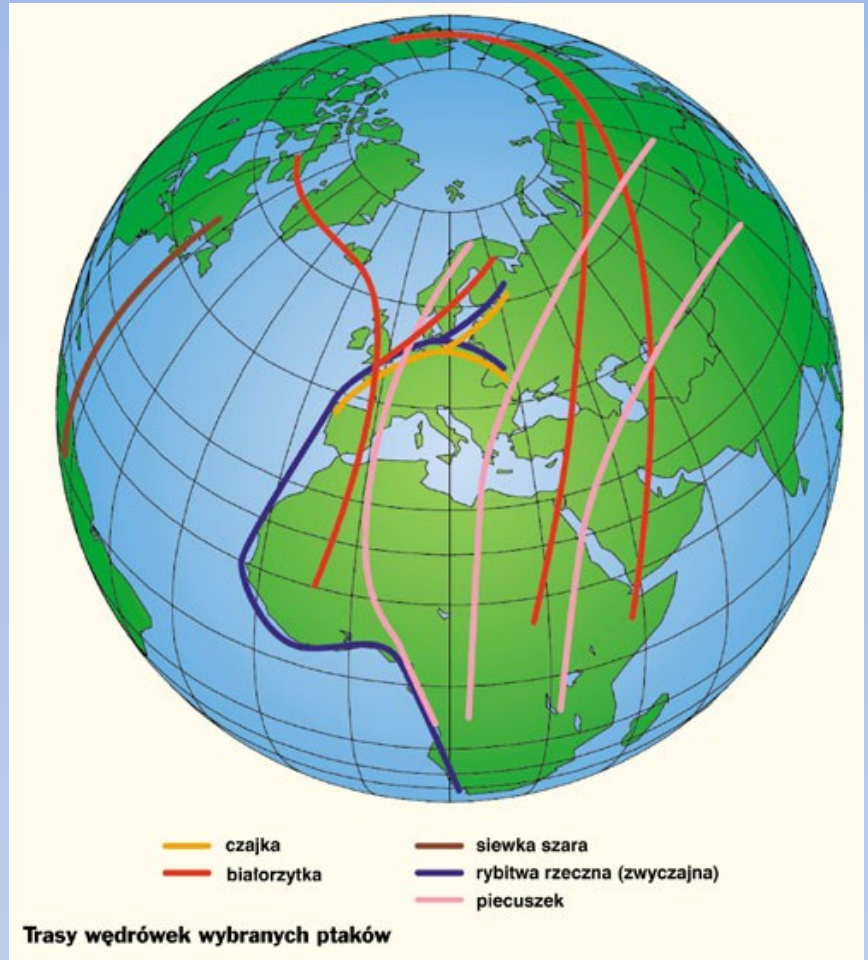


Nawigacja



Migracje ptaków znano już w starożytności (np. w Księdze Hioba).

Najwytrwalsze gatunki pokonują ponad 60 000 km rocznie.



Nawigacja

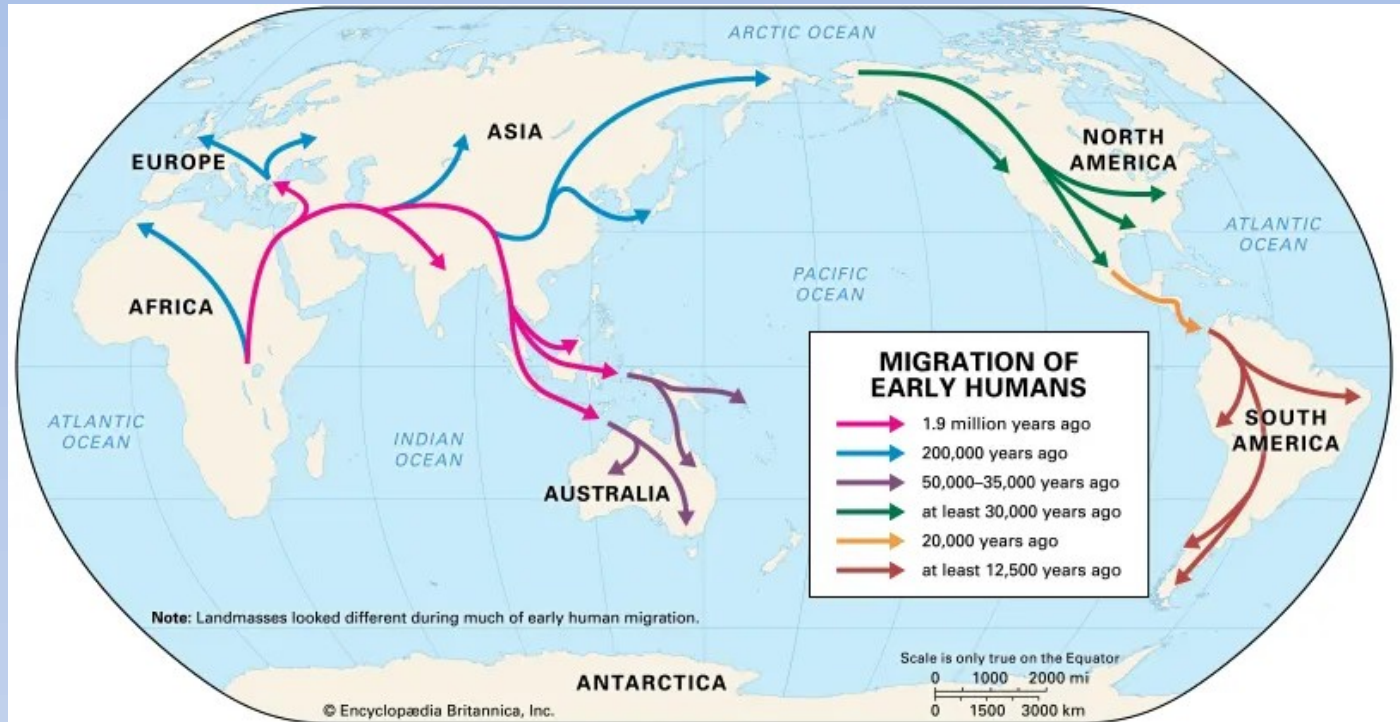


W 1822 roku znaleziono w Niemczech bociana z afrykańskim oszczepem w szyi.

Nawigacja ptaków opiera się o:

- pozycję Słońca za dnia
- pozycję gwiazd w nocy
- kierunek i natężenie pola magnetycznego Ziemi
- zapamiętane miejsca charakterystyczne

Nie jesteśmy gorsi



Wielkie migracje ludzkości

Prehistoryczne migracje zaludniające nowe kontynenty

Wędrówki ludów w starożytności

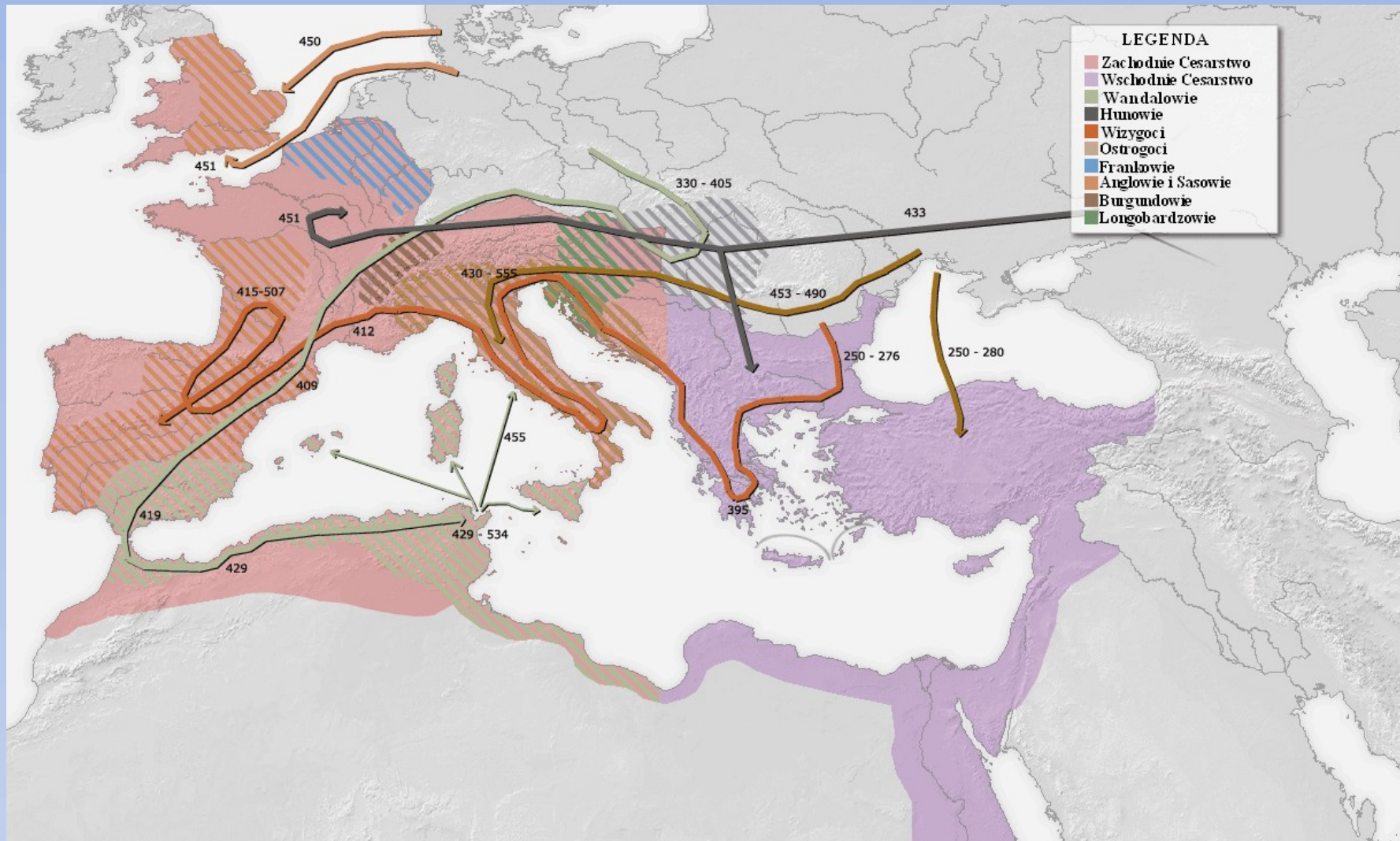
Średniowieczne inwazje Arabów i Mongołów

Zasiedlanie Nowego Świata od XVIw

Emigracje polityczne, ekonomiczne, wojenne i przymusowe

Migracje współczesne

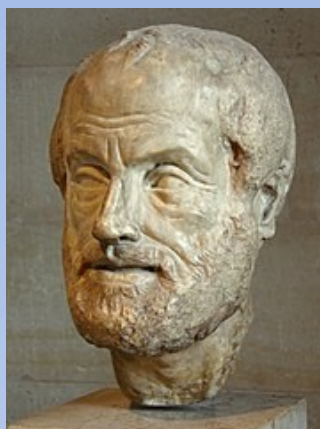
I bliżej naszego podwórka



Pierwsze przymiarki

347 rok przed Chrystusem

Arystoteles wprowadził **nazwę geodezja** (gr. „ziemia” „dzielę”).

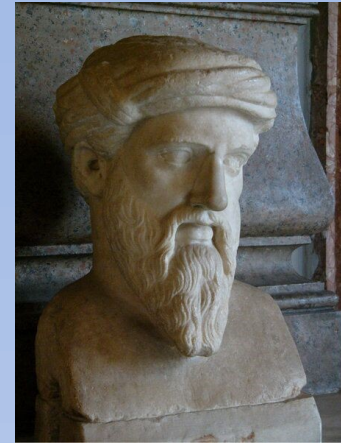


GEODEZJA – nauka o pomiarach Ziemi, z grupy nauk przyrodniczych, zajmująca się wyznaczaniem kształtu i rozmiarów globu ziemskiego, sporządzaniem map, pomiarami obiektów i gruntów dla celów gospodarczych technicznych, wojskowych itp. Współcześnie geodezja wyodrębniła się jako samodzielna dyscyplina z matematyki, geografii i astronomii.

A może

Teorię o kulistości Ziemi przypisuje się Pitagorasowi

Nie zachowały się żadne pisma Pitagorasa.
Odkrycia przypisane Pitagorasowi nie są pewne.
Podobno odurzał się razem z wyznawcami
dymem w jaskini.



ok. 572 p.n.e. - 497 p.n.e.

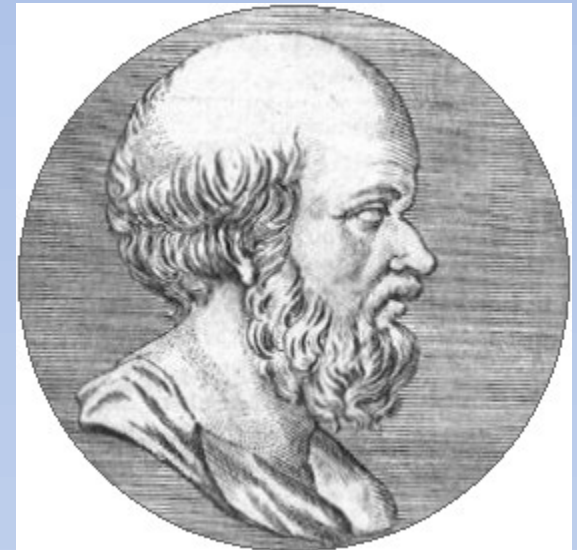
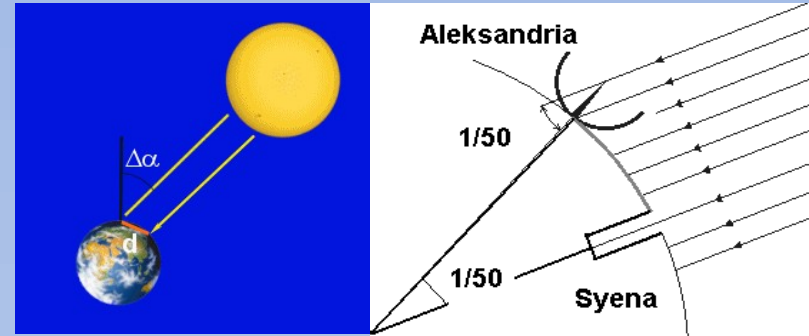


Erdapfel (niem. Ziemia jabłko) 1490-92,
najstarszy zachowany globus.

Pierwsze pomiary

Pomiary Eratostenesa

Przyjął, że Ziemia ma kształt kuli i na podstawie własnych pomiarów określił jej rozmiary. W południe w dniu przesilenia letniego, w Syenie (obecnie Asuan), promienie padają prostopadle do powierzchni Ziemi. Aleksandria i Syena leżą prawie na jednym południku. W Aleksandrii, odległej o 5000 stadiów egipskich od Syeny (ok. 800 km) Eratostenes pomierzył kąt padania promieni słonecznych wykorzystując przyrząd **skafe** składający się z półkulistej czaszy z pionowym słupkiem.



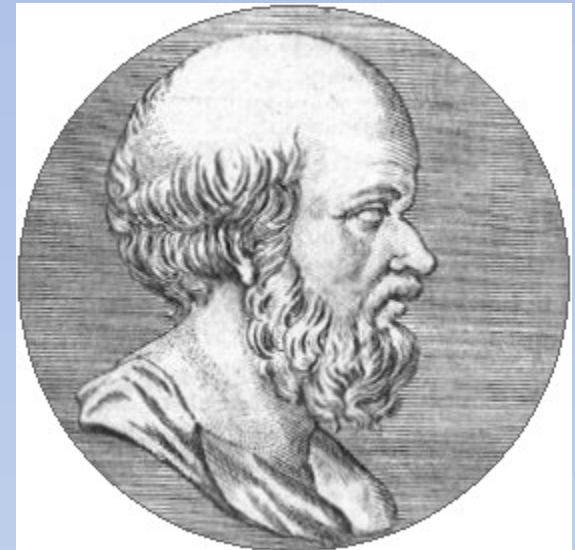
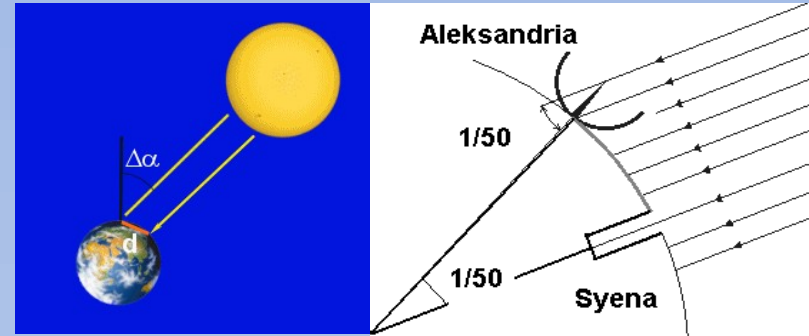
ok. 276 p.n.e. - 194
p.n.e.

Pierwsze pomiary

Pomiary Eratostenesa

Kąt padania promieni słonecznych $\frac{1}{50}$ obwodu koła ($7^{\circ}12'$ obecnie $7^{\circ}05'$).
Obwód Ziemi równy **250 000 stadiów** czyli **37500-52500 km** (obecnie 39940 km), jest znacznie bliższe prawdy niż wartość podana przez Arystotelesa (???).
Wynik Eratostenesa tylko o kilka % przekracza obecnie znaną wartość obwodu Ziemi w południku Aleksandrii.

Obwód = $5000 \cdot 50 = 250000$ stadiów



ok. 276 p.n.e. - 194
p.n.e.

Współrzędne geograficzne



Hipparchos (190 – 120 p.n.e.):
Długość geograficzna
Szerokość geograficzna

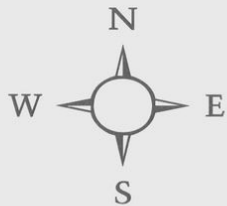
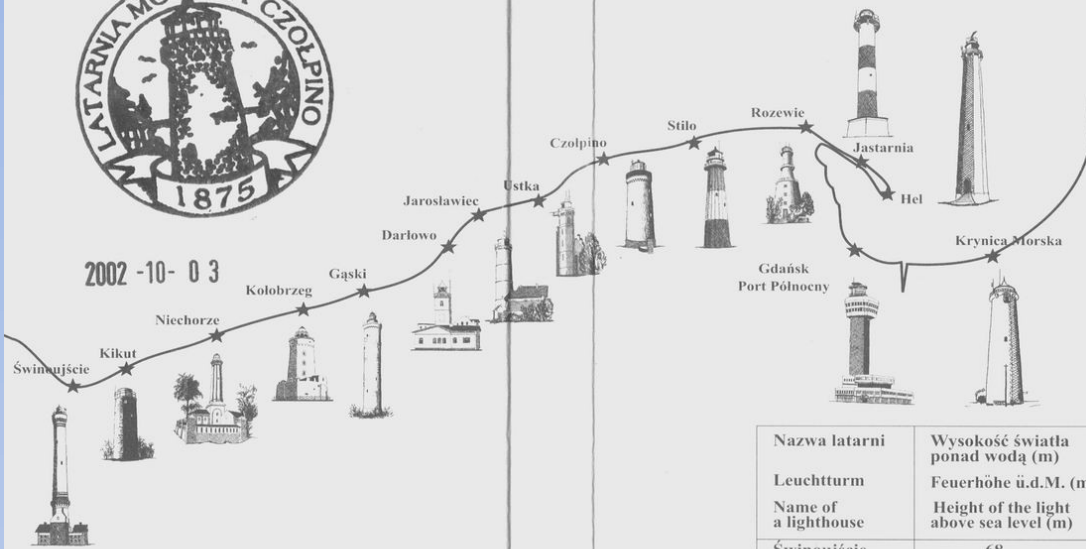


Latarnie morskie

LATARNIE MORSKIE POLSKIEGO WYBRZEŻA



2002 -10- 03

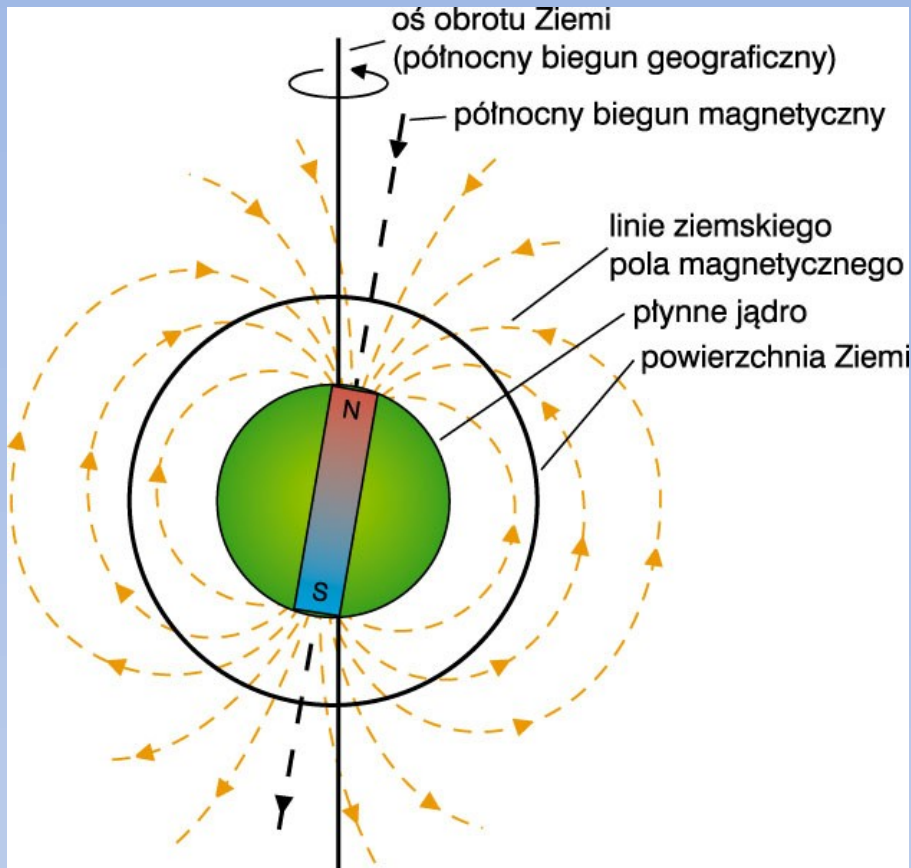


Nazwa latarni	Wysokość światła ponad wodą (m)
Leuchtturm	Feuerhöhe ü.d.M. (m)
Name of a lighthouse	Height of the light above sea level (m)
Świnoujście	68
Kikut	91,5
Niechorze	62,8
Kołobrzeg	36,5
Gąski	50,1
Darłowo	19,7
Jarosławiec	50,2
Ustka	22,2
Czolpino	75
Stilo	75
Rozewie	83,2
Jastarnia	22
Hel	38,5
Gdańsk	56
Krynica Morska	53

Latarnia w Faros



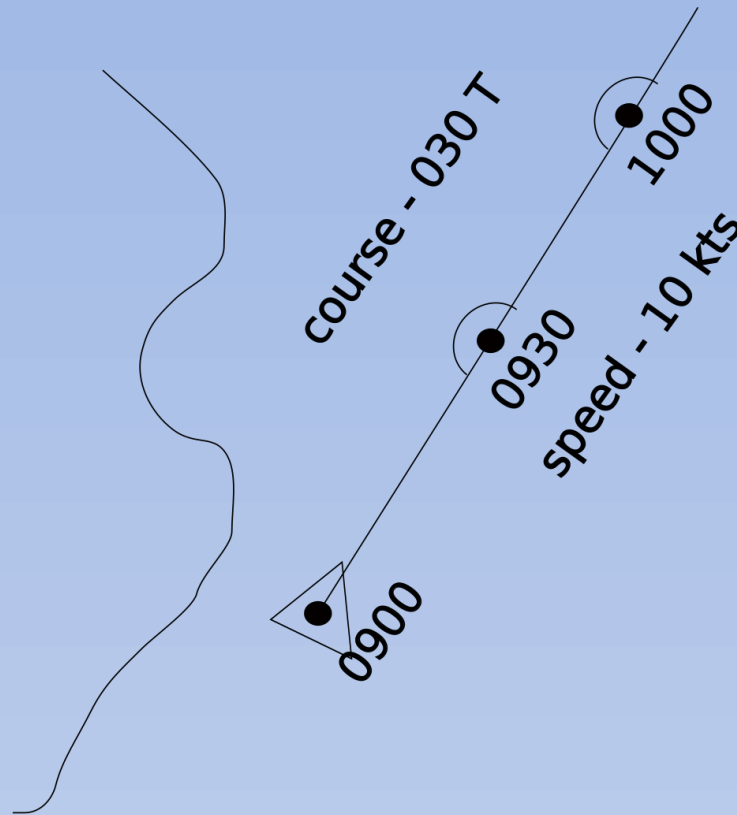
Kompas



Wynaleziony za czasów dynastii Han (202 p.n.e. - 220 n.e.), zwany: "ryba wskazująca południe".

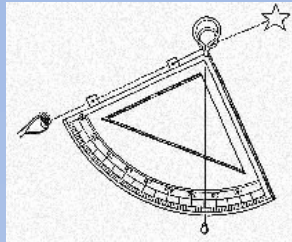
W Europie opisany po raz pierwszy przez augustyńskiego opata Aleksandra Neckama (1157-1217).

Metody zliczeniowe

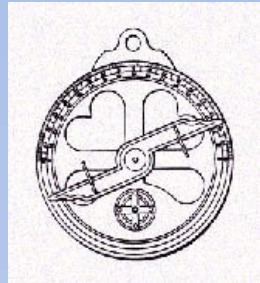


„Dead reckoning”
Problem dryfu

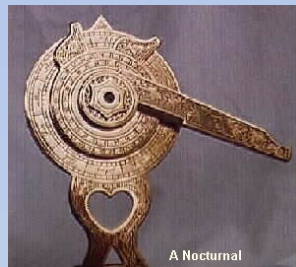
Krzysztof Kolumb (1451-1506)



Kwadrant – pomiar szerokości na podstawie gwiazdy polarnej (dawał kompletnie błędne wyniki)



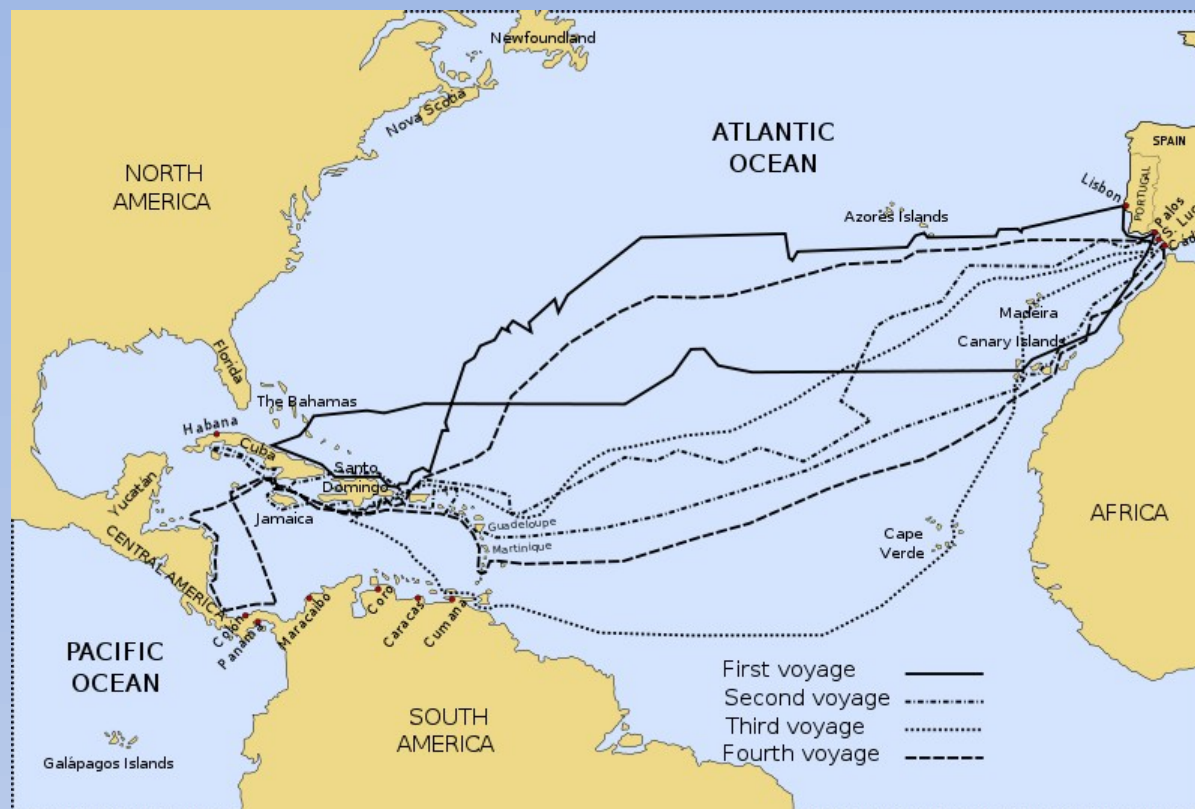
Astrolabium – podobnie do kwadrantu (użyte tylko raz)



Klepsydra oraz nocturnal do pomiaru czasu za dnia i w nocy.

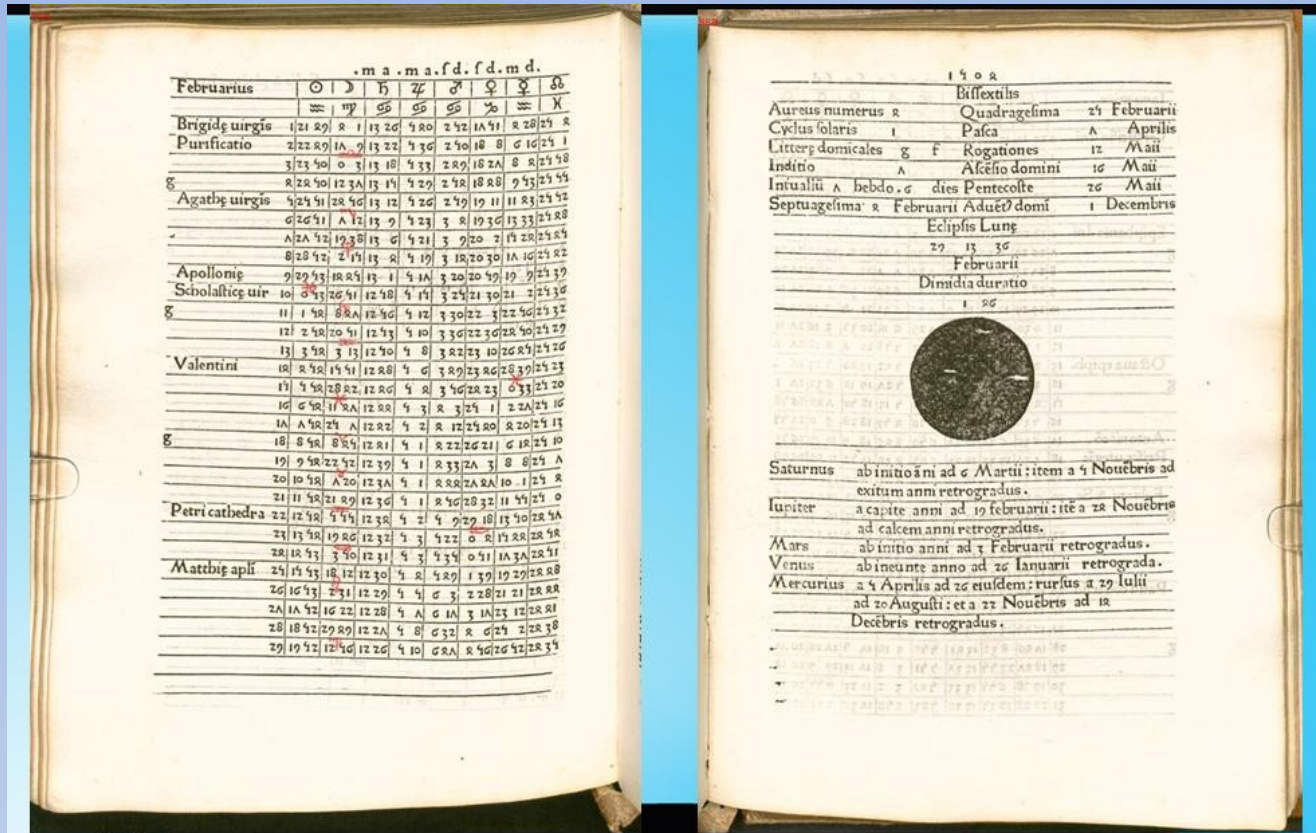
Wyprawy Kolumba

1. w 1492 roku
2. w 1493 roku
3. w 1498-1500
4. w 1502-1504



Kolumb raportował wykonywanie różnych pomiarów, które jednak są dziś poddawane w wątpliwość. Kolumb prawdopodobnie sfabrykował niektóre pomiary kwadrantem, a także pomiary długości geograficznej metodą zaćmienia Księżyca.

Almanach



Zaćmienie Księżyca 1 marca 1504r wykorzystane podczas 4 wyprawy.

Wikingowie

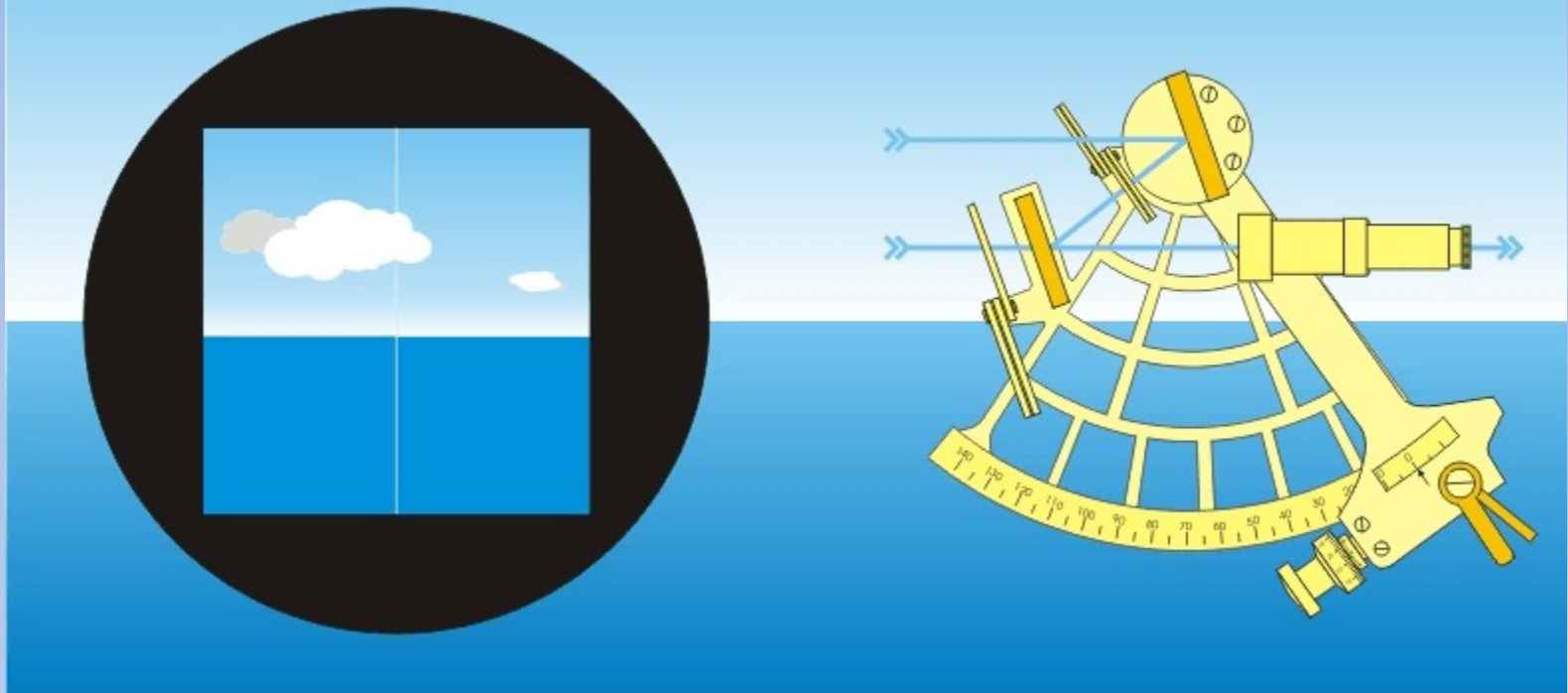
skandynawscy wojownicy



1000-1350 ne

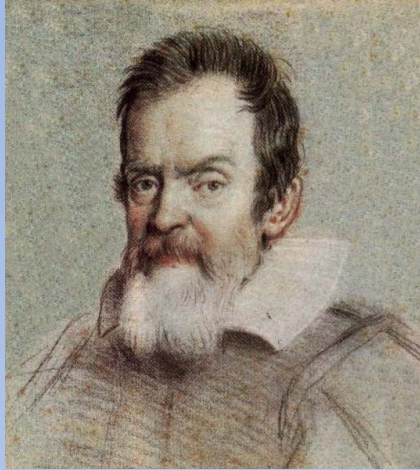
Sekstant

1 point the sextant to the horizon

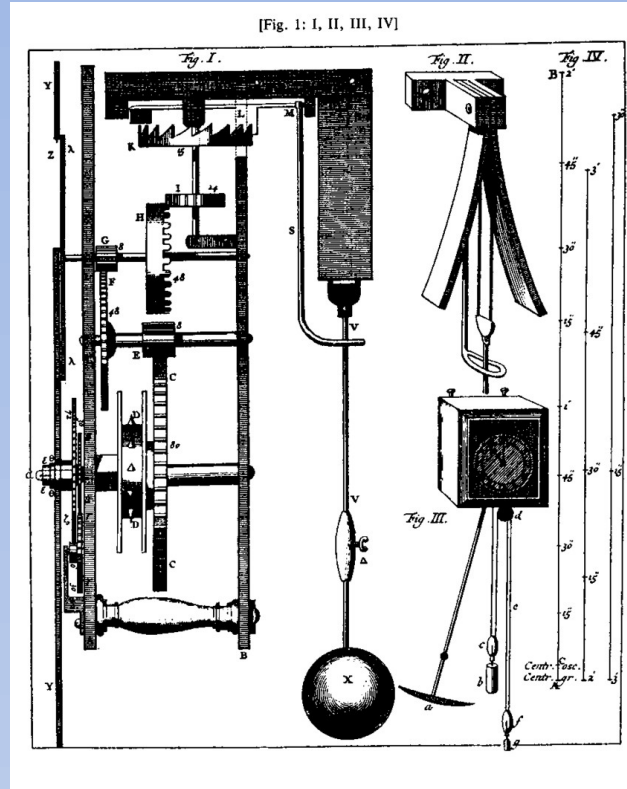


Sekstant – wynaleziony w 1731 przez Johna Hadleya (1682-1744), ale również przez Newtona (1642-1727) i Thomasa Godfreya (1704-1749).

Wyznaczanie czasu



**Galileo Galilei
(1564-1642)**

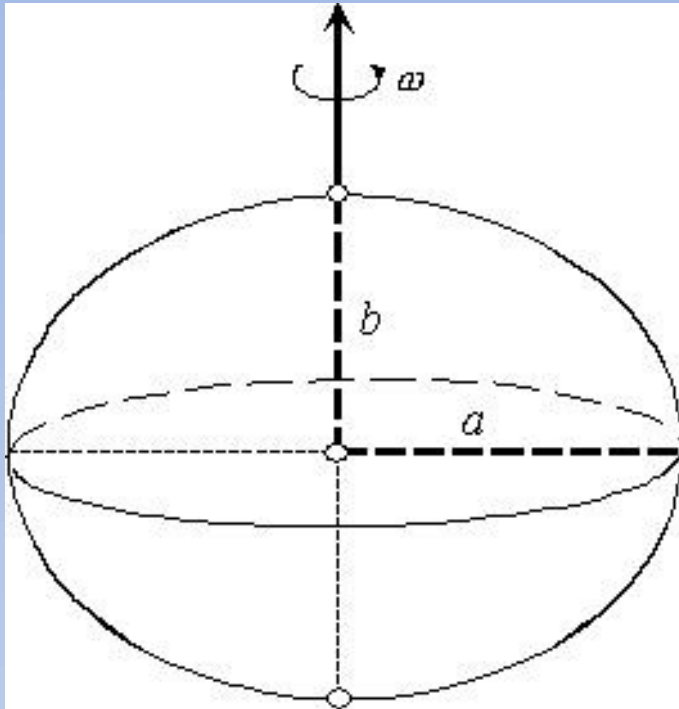


**Christiaan Huygens
(1629-1695)**

1656 – pierwszy zegar wahadłowy
"Horologium Oscillatorium",
wychwył koronowy (XIIIw)

1687

I. Newton ogłosił teorię o elipsoidalnym kształcie Ziemi, ale bez podawania ścisłego dowodu



(1643 - 1727)

Elementy elipsoidy obrotowej przyjętej jako powierzchnia odniesienia - elipsoida ziemiska

Obliczenia wymiarów elipsoidy ziemskiej

Bessel (1841), Hayford (1940), Krasowski (1940), GRS-80(1980)

parametr	Bessel	Hayford	Krasowski	GRS-80
a	6377397	6378388	6378245	6378137
b	6356079	6356912	6356863	6356752
$f = a-b/a$	1/299.215	1/297.000	1/298.300	1/298.257

Pierwsze pomiary elipsoidy Ziemi oparte o metodę „pomiaru stopnia”:
1735-38 Francuska Misja Geodezyjna, dwie misje wysłane do Ekwadoru
i Finlandii przez Ludwika XV i Francuską Akademię Nauk

Miarka się przebrała



Straty: ok. 2000 marynarzy,
4 okręty zatopione,
reszta uszkodzone

1707 rok



Longitude Act

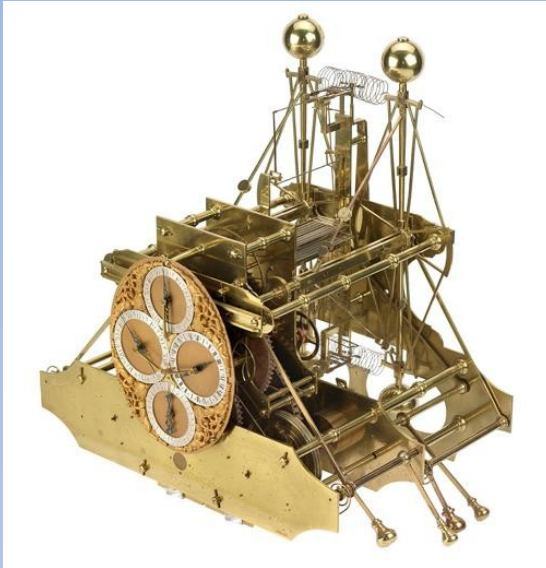
1714r – ustawa parlamentu W.B. przewidująca serię nagród za przyczynienie się do rozwiązania problemu pomiaru długości geogr. z błędem nie większym niż 1 stopień:

1 stopień	10000 GBP
0.66 stopnia	15000 GBP
0.5 stopnia	20000 GBP



John Harrison (1693-1776)

Harrison i jego chronometry



Zegar H1 (1735)



Zegar H4 (1751-52)

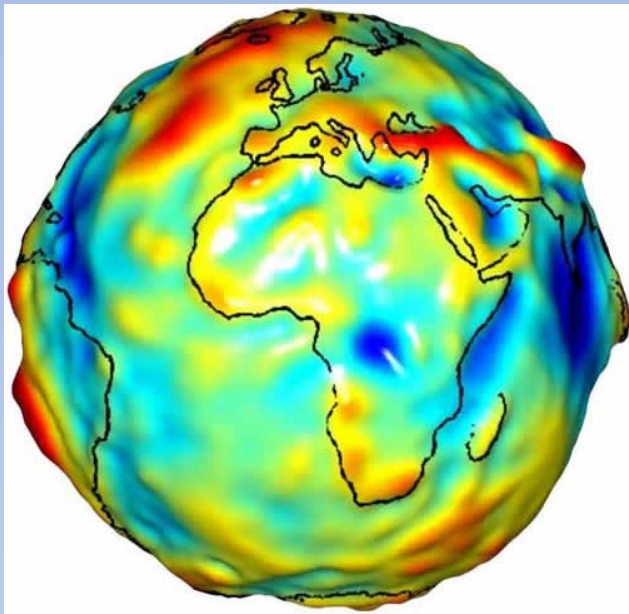
Zegary Harrisona konkurowały z metodą Księżyca i księżyców Jowisza. W 1765 komisja zgodziła się wypłacić 10000 GBP Harrisonowi, a drugie tyle oferowała jeśli ktoś inny zrobi taki sam chronometr. W 1773 Harrison otrzymał kolejne 8750 GBP, ale nikt nigdy nie wygrał konkursu oficjalnie.

1752

Alexis Clairaut

wprowadza podstawy geodezji dynamicznej, teoria geopotencjału.

Clairaut zmierzył spłaszczenie Ziemi i podał formułę na zmianę przyspieszenie grawitacyjnego w zależności od szerokości geogr.



(1713 - 1765)

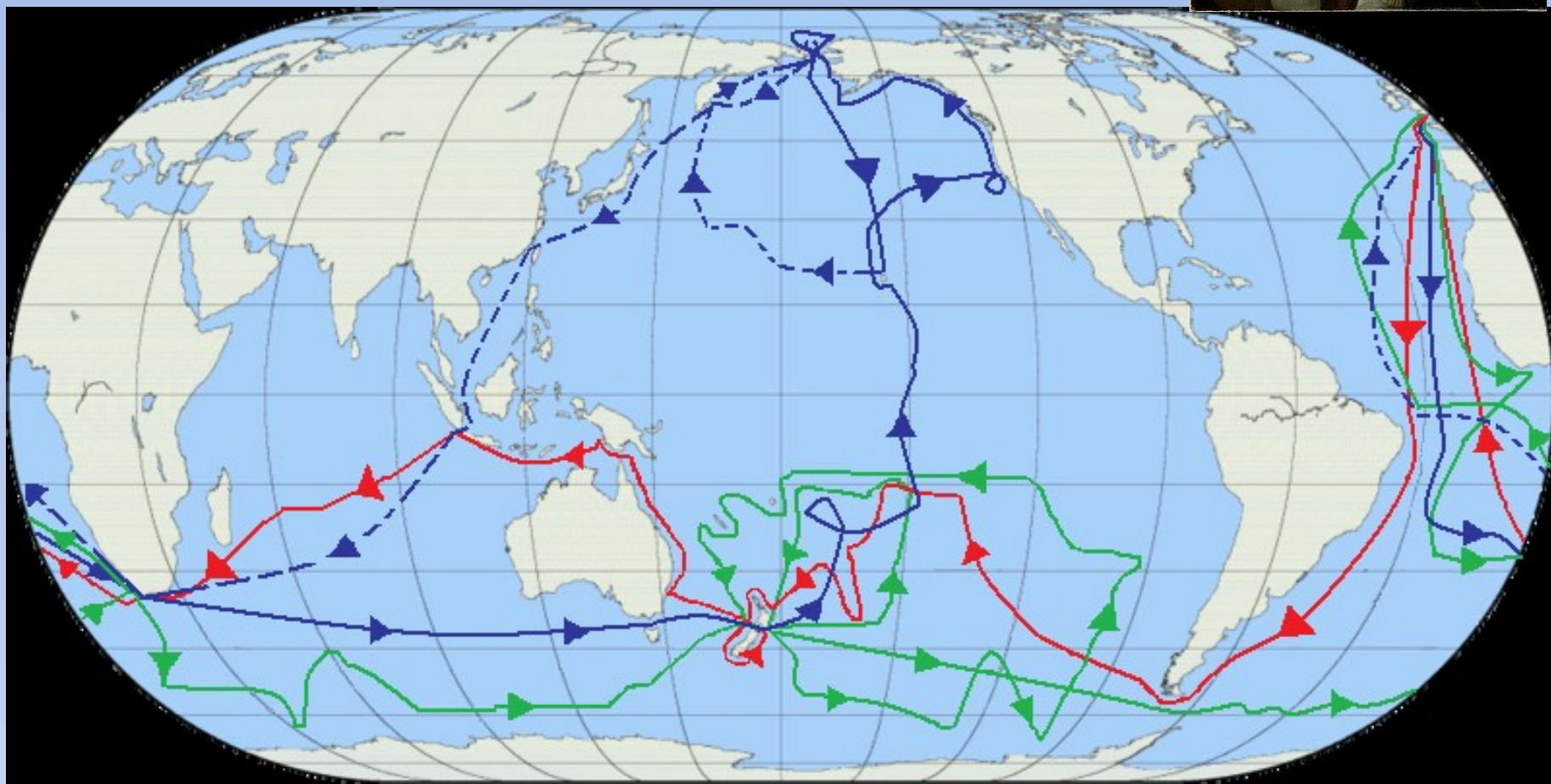
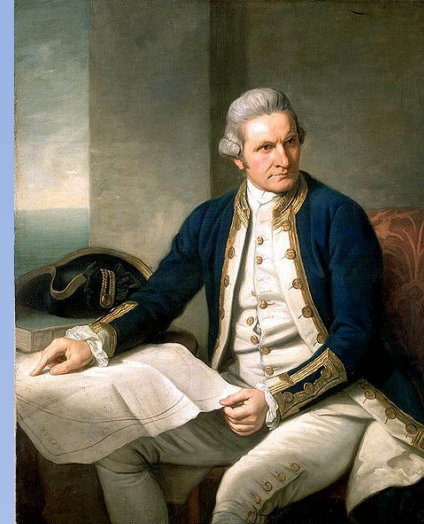
James Cook

(1728-1779)

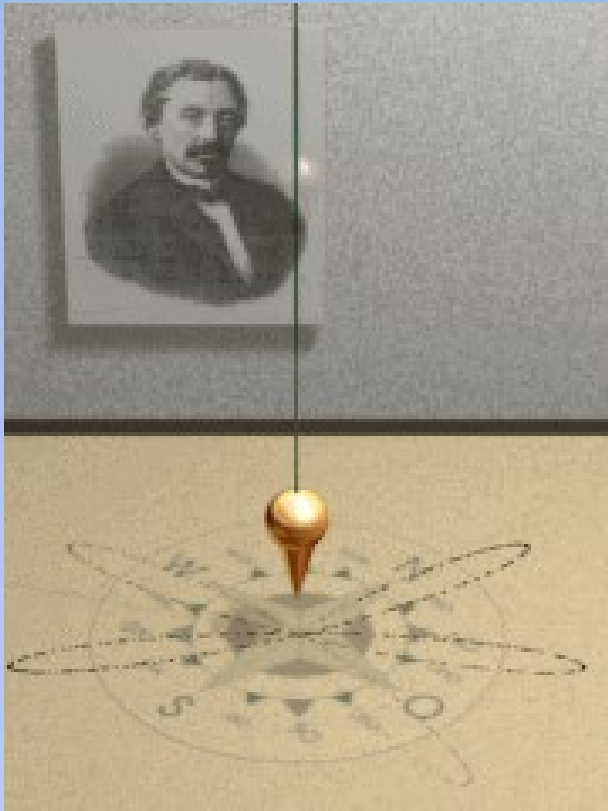
Pierwsza podróż (1768-1771)

Druga podróż (1772-1775)

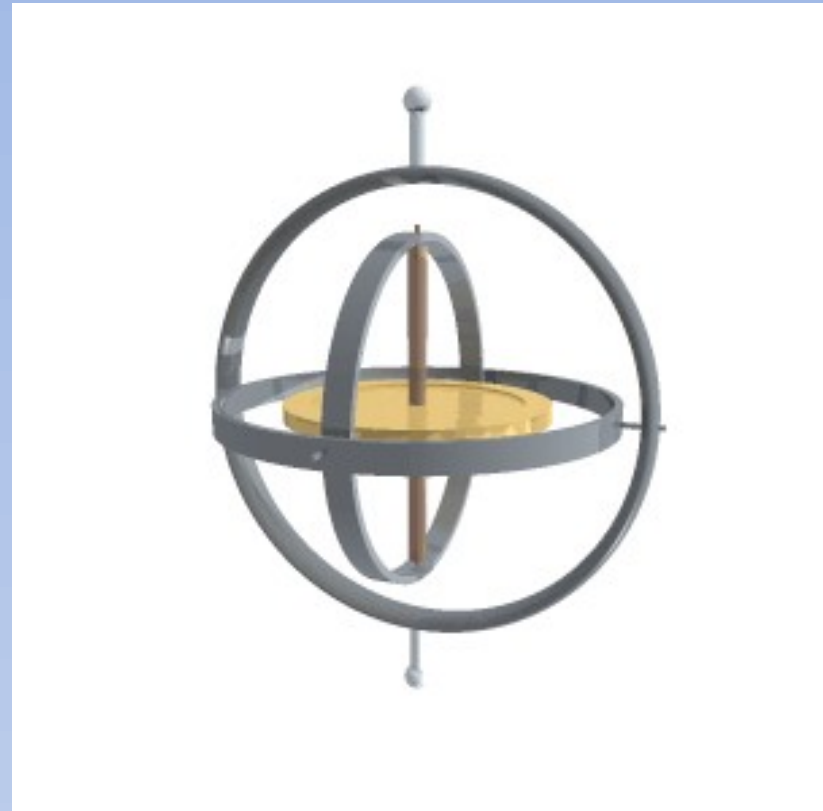
Trzecia podróż (1776-1779)



Žyroskop - 1852

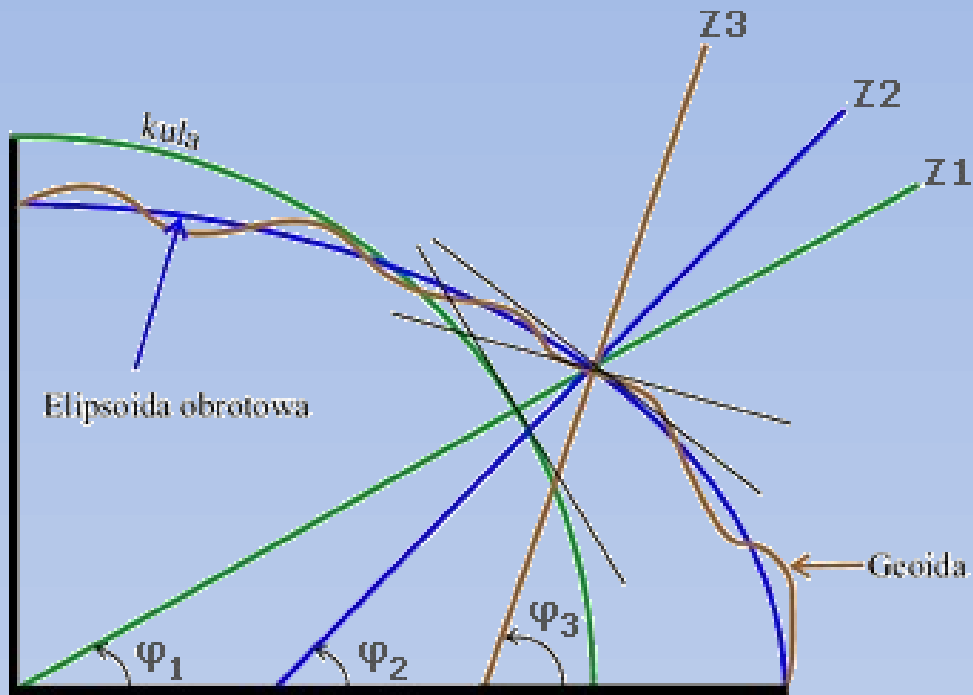


**Leon Foucault
(1819-1868)**



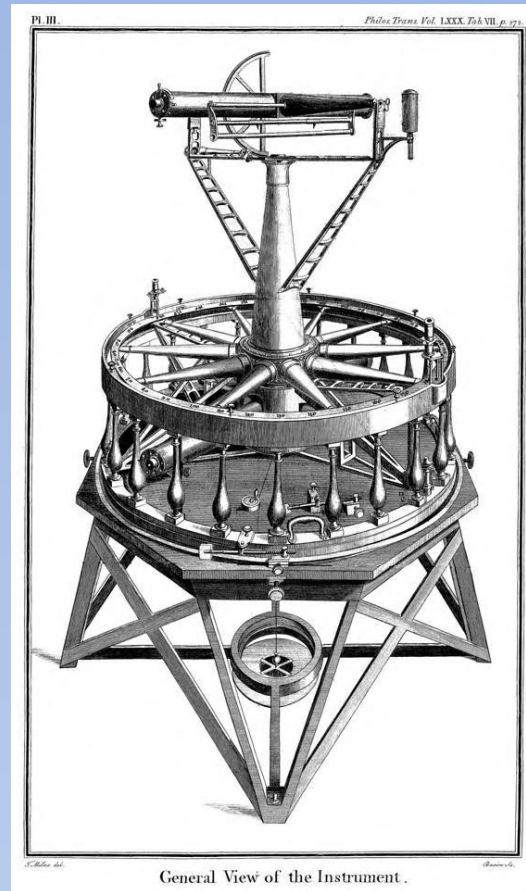
1873

Johann Listing wprowadził pojęcie geoidy



(1808-1882)

Przyrządy geodezyjne

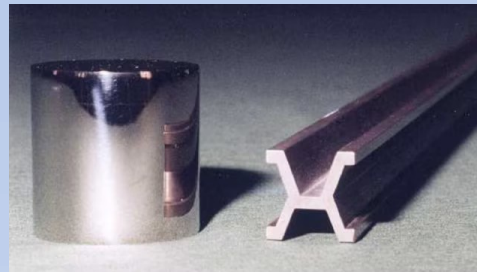


Wielki teodolit wykonany w 1787 r w USA (Jesse Ramsden) zbudowany na drewnianej wieży obserwacyjnej z kątomierzem o średnicy 90 cm.

Dokładność pomiaru kątów 0,1”

Definicja metra

- 1795-1889 10^{-7} długości południka paryskiego
liczonego od równika do bieguna
- 1889-1960 wzorzec metra równy $0.999914 \cdot 10^{-7}$ południka
- 1960-1983 $1 / 1\,650\,763.76$ dł. fali monochromat. światła Kr 86
- 1983-2019 Długość drogi przebytej przez światło w próżni
w czasie $1 / 299\,792\,458$ s
- 2019- Podobnie jak poprzednio ale przyjęto
z góry prędkość światła jako $299\,792\,458$ m/s
oraz definicję sekundy opartą o Cs 55

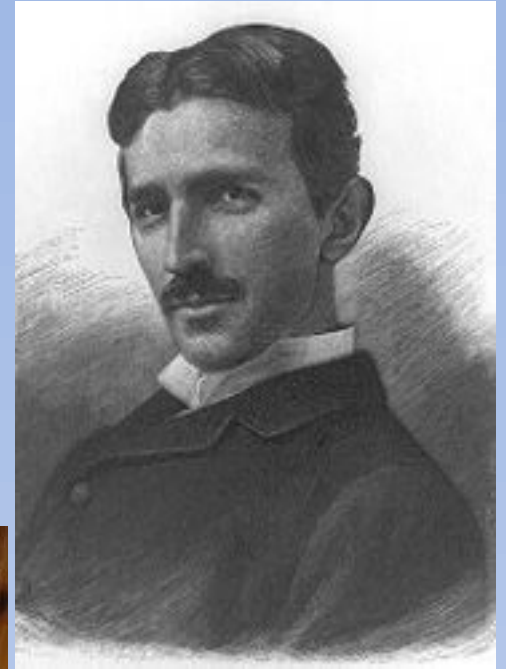


Radio

1897



**Guglielmo Marconi
(1874-1937)**



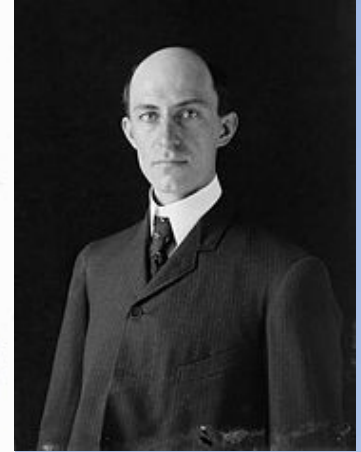
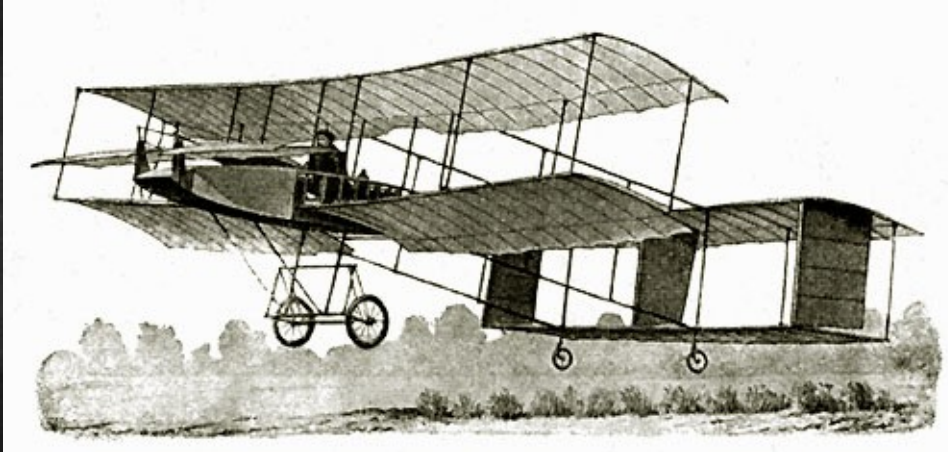
**Nikola Tesla
(1856-1943)**



Pierwszy samolot - 1903



Orville Wright
(1871-1948)



Wilbur Wright
(1867-1912)