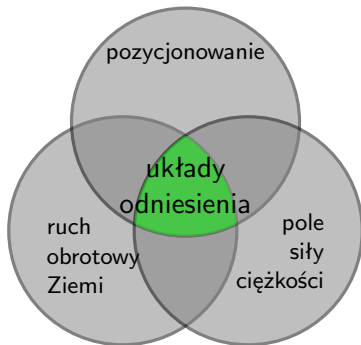


Ruch obrotowy Ziemi

ostatnia aktualizacja
6 listopada 2015

Znaczenie ruchu obrotowego Ziemi

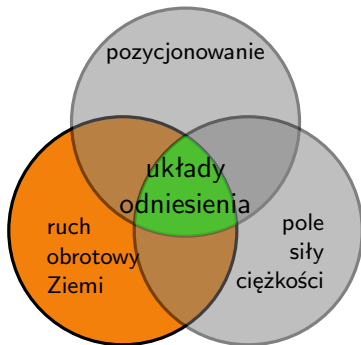
Ruch obrotowy
Ziemi



Rysunek: Trzy filary GGOS — Global Geodetic Observing System

Znaczenie ruchu obrotowego Ziemi

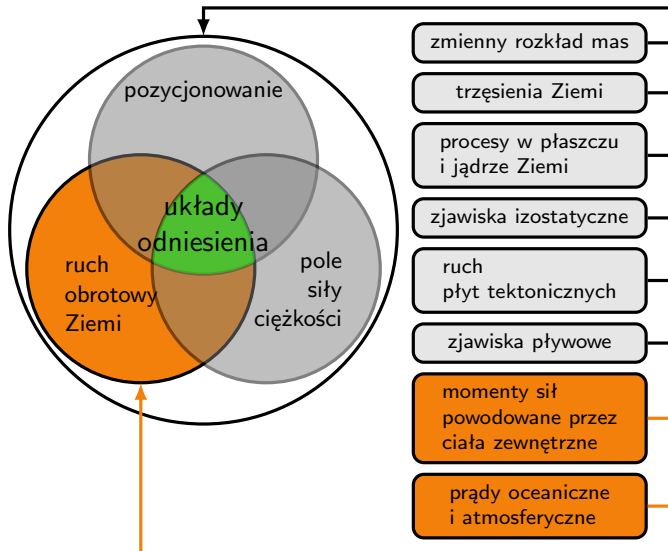
Ruch obrotowy
Ziemi



Rysunek: Trzy filary GGOS — Global Geodetic Observing System

Co wpływa na elementy orientacji Ziemi

Ruch obrotowy
Ziemi



Dowód na ruch obrotowy Ziemi

- spłaszczenie Ziemi
- siła Coriolisa
- Wahadło Foucault (1855)
zmiana płaszczyzny wahania o kąt $2\pi \sin \varphi / \text{sd}$
- aberracja dobowa
- laser pierścieniowy

Znajomość **elementów orientacji Ziemi**

(ang. EOP – *Earth Orientations Parameters*)

jest niezbędna do wzajemnej transformacji pomiędzy

ziemskimi (ang. TRF — *Terrestrial Reference Frames*)

i **niebieskimi** (ang. CRF — *Celestial Reference Frames*) układami odniesienia

$$[CRF] = (P)(N)(S)(PM)[TRF]$$

5 parametrów — nadwymiarowość

- położenie bieguna niebieskiego
model precesyjno-nutacyjny – X, Y
- czas UT1
(lub ERA – *Earth Rotation Angle* lub LOD *Length of Day*)
- położenie bieguna ziemskiego
współrzędne chwilowego bieguna – x, y

Podstawy fizyczne

Równanie Eulera

Zasada zachowania momentu pędu
powiązanie zmian momentu pędu (L) z zewnętrznymi
momentami sił (τ) działającymi na Ziemię

$$\frac{\partial \vec{L}(t)}{\partial t} = \vec{\tau}(t)$$

Podstawy fizyczne

Równanie Eulera

Zasada zachowania momentu pędu
powiązanie zmian momentu pędu (L) z zewnętrznymi momentami sił (τ) działającymi na Ziemię w układzie związanym z Ziemią (nieinercjalnym)

$$\frac{\partial \vec{L}(t)}{\partial t} + \vec{\omega}(t) \times \vec{L}(t) = \vec{\tau}(t)$$

Równanie Eulera

Zasada zachowania momentu pędu
powiązanie zmian momentu pędu (L) z zewnętrznymi momentami sił (τ) działającymi na Ziemię w układzie związanym z Ziemią (nieinercjalnym)

$$\frac{\partial \vec{L}(t)}{\partial t} + \vec{\omega}(t) \times \vec{L}(t) = \vec{\tau}(t)$$

$$\vec{L}(t) = \vec{h}(t) + \mathbf{I}(t) \cdot \vec{\omega}(t)$$

Podstawy fizyczne

Równanie Eulera

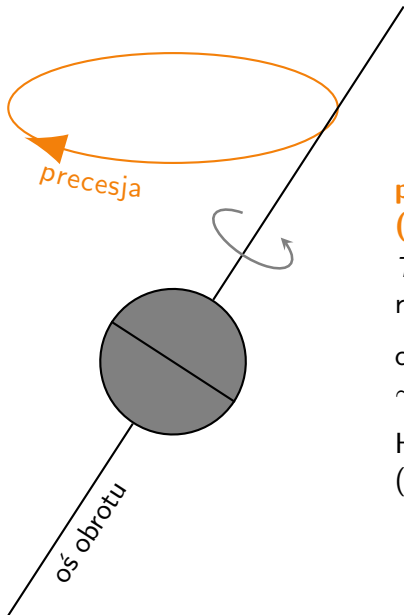
Zasada zachowania momentu pędu
powiązanie zmian momentu pędu (L) z zewnętrznymi momentami sił (τ) działającymi na Ziemię w układzie związanym z Ziemią (nieinercjalnym)

$$\frac{\partial \vec{L}(t)}{\partial t} + \vec{\omega}(t) \times \vec{L}(t) = \vec{\tau}(t)$$

$$\vec{L}(t) = \vec{h}(t) + \mathbf{I}(t) \cdot \vec{\omega}(t)$$

Równanie Liouville'a

$$\frac{\partial}{\partial t} [\vec{h}(t) + \mathbf{I}(t) \cdot \vec{\omega}(t)] + \vec{\omega}(t) \times [\vec{h}(t) + \mathbf{I}(t) \cdot \vec{\omega}(t)] = \vec{\tau}(t)$$

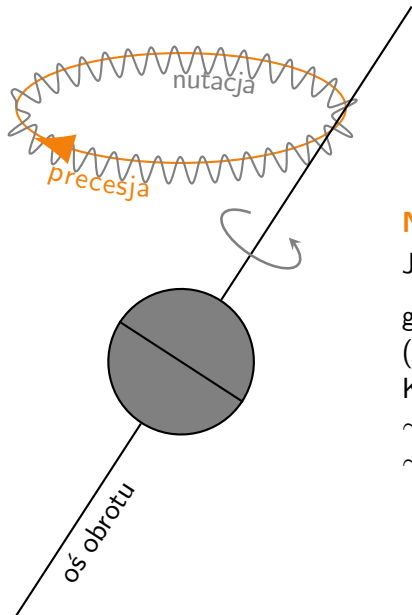


precesja
(*łac: wyprzedzanie*)

$T = 25\,800$ lat
rok Platona

cofanie punktu Barana
 $\sim 50''$ /rok

Hipparchos
(190 p.n.e. — 120 p.n.e.)



Nutacja

James Bradley 1728

główny okres 18,6 lat
(tak jak precesja węzłów
Księżyca)

~ 17" w długości

~ 9" w nachyleniu

W przypadku braku sił zewnętrznych swobodny ruch bieguny (prosty) — okres Eulera

$$\sigma = \left(\frac{C - A}{A} \right) \Omega$$

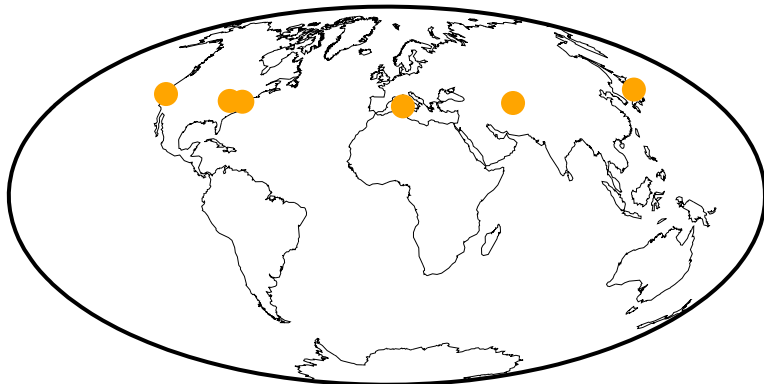
$T = 305$ dni

Wartość zaobserwowana — Seth Carlo Chandler (1891) –
14 miesięcy

ILS

International Latitude Service – 1899

Ruch obrotowy
Ziemi

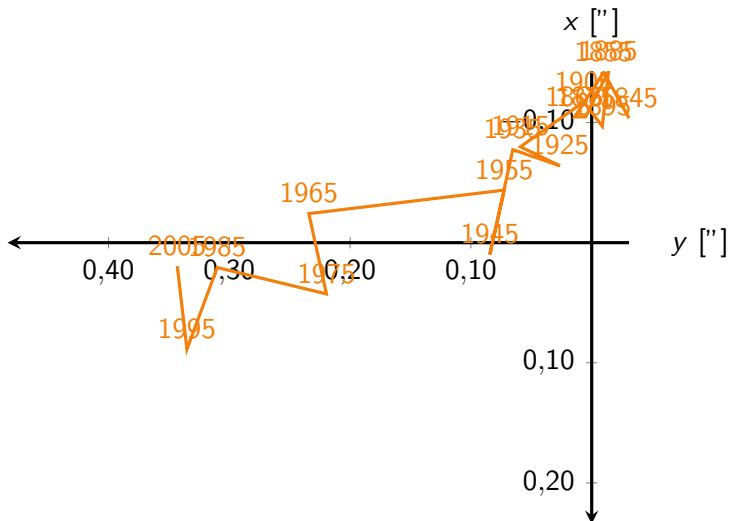


	φ	λ
Gaithersburg	39,14	-77,20
Cincinnati	39,14	-84,42
Ukiah	39,14	-123,21
Mizusawa	39,14	141,13
Kitab	39,13	66,88
Carloforte	39,14	8,31

Ruch bieguna

ILS \rightarrow IERS (*International Earth Reference Frames and Rotation Service*)

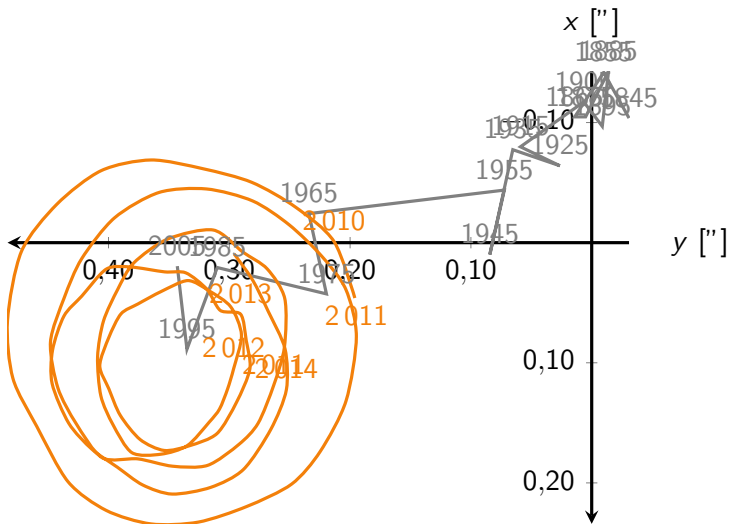
Ruch obrotowy
Ziemi



Ruch bieguna

ILS \rightarrow IERS (*International Earth Reference Frames and Rotation Service*)

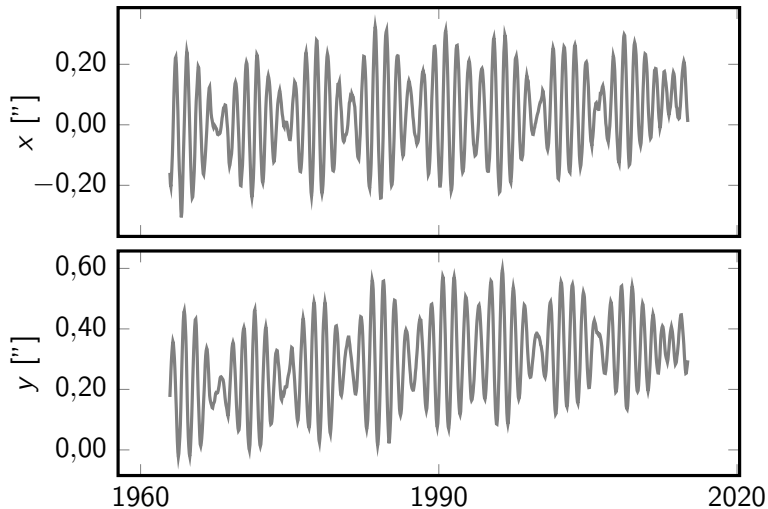
Ruch obrotowy
Ziemi



Ruch bieguny

składowe

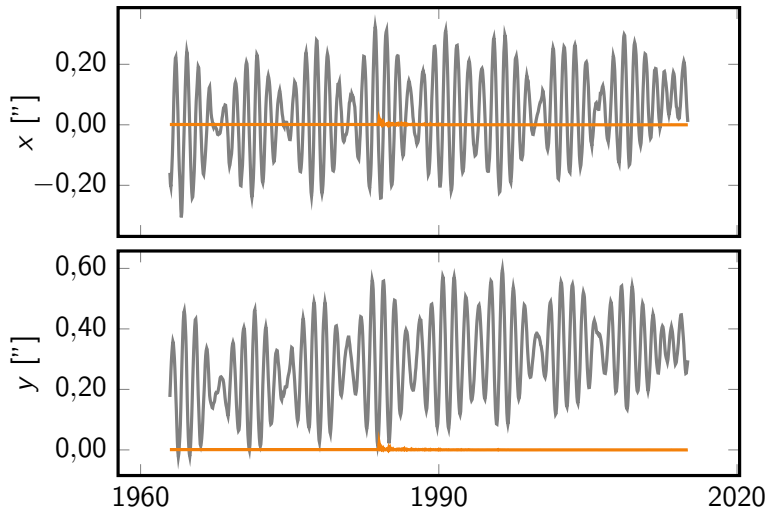
Ruch obrotowy
Ziemi



Ruch bieguny

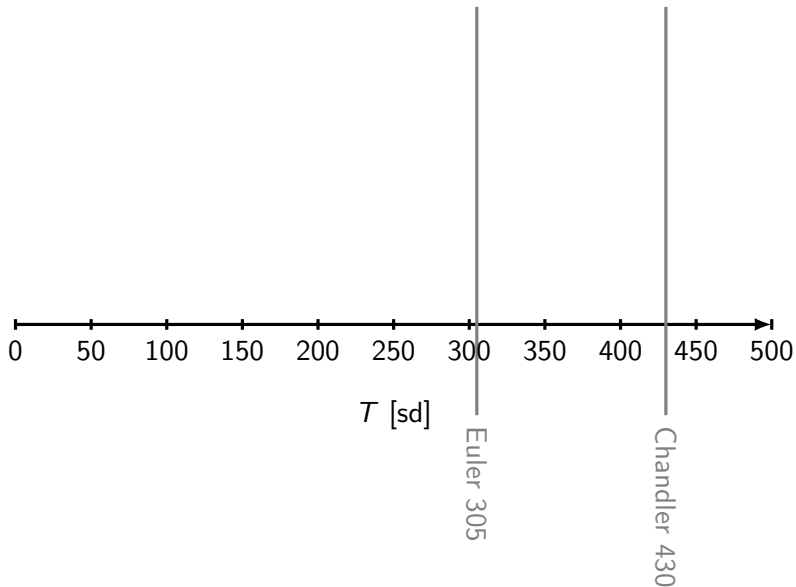
składowe

Ruch obrotowy
Ziemi



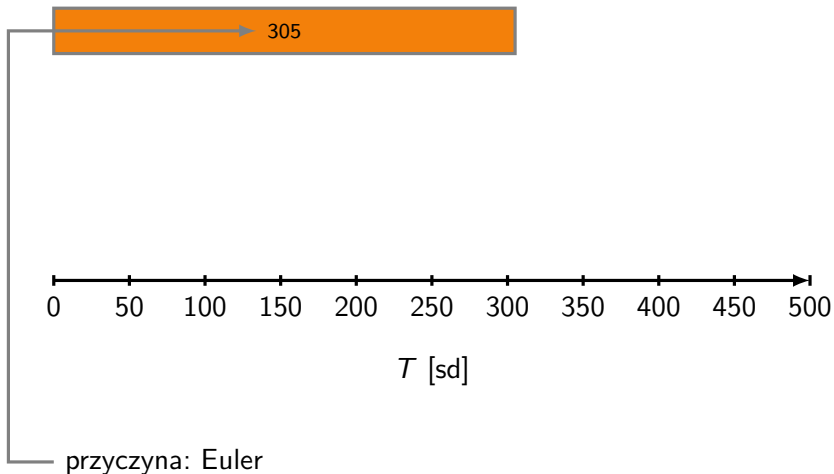
Dlaczego obliczenia Eulera różnią się od wyznaczenia Chandlera?

Ruch obrotowy
Ziemi

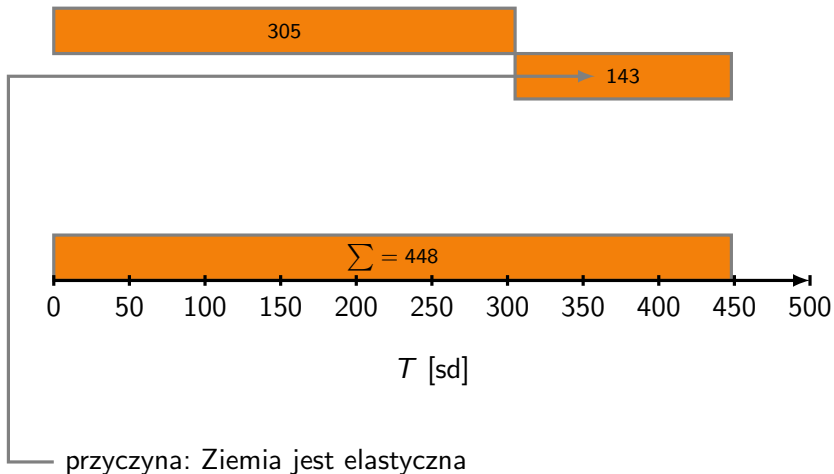


Dlaczego obliczenia Eulera różnią się od wyznaczenie Chandlera?

Ruch obrotowy
Ziemi

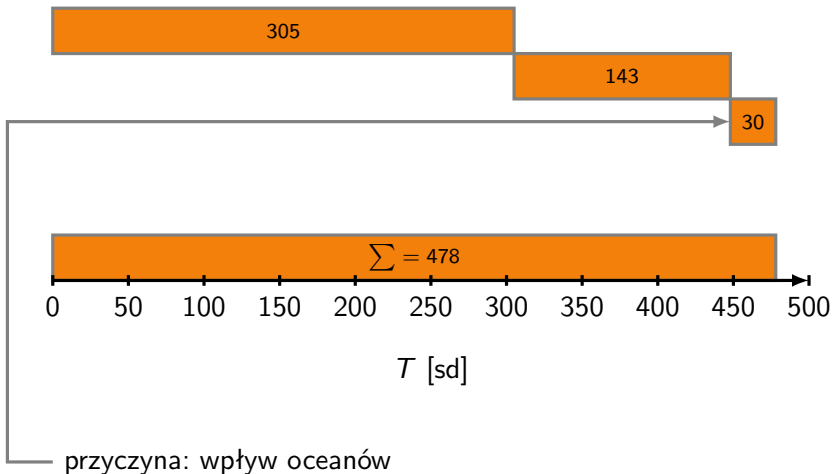


Dlaczego obliczenia Eulera różnią się od wyznaczenie Chandlera?



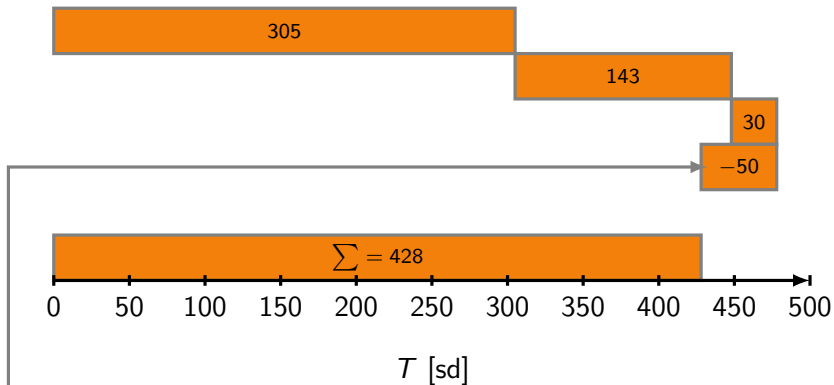
Dlaczego obliczenia Eulera różnią się od wyznaczenie Chandlera?

Ruch obrotowy
Ziemi



Dlaczego obliczenia Eulera różnią się od wyznaczenie Chandlera?

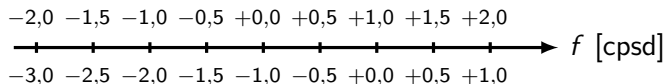
Ruch obrotowy
Ziemi



przyczyna: płynne jądro Ziemi

Rozróżnienie ruchu bieguna od nutacji

← CRF →



← TRF →

$$\sigma_c = \sigma_t + \Omega$$

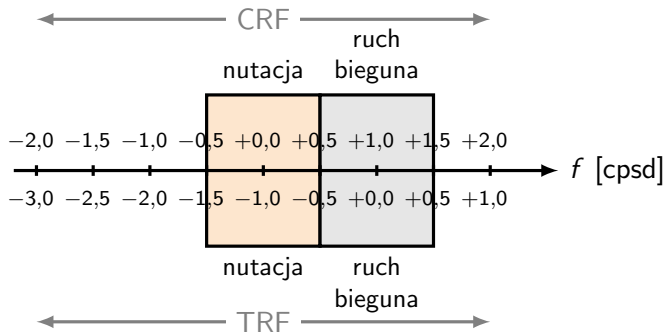
$\sigma > 0$ ruch prosty (*prograde*)

$\sigma < 0$ ruch wsteczny (*retrograde*)

Rozróżnienie ruchu bieguna od nutacji

1980

Ruch obrotowy
Ziemi



$$\sigma_c = \sigma_t + \Omega$$

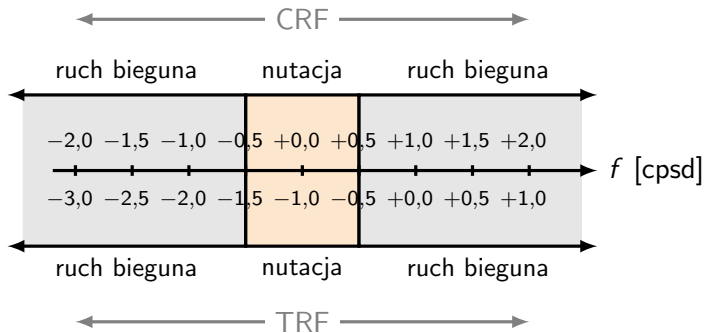
$\sigma > 0$ ruch prosty (*prograde*)

$\sigma < 0$ ruch wsteczny (*retrograde*)

Rozróżnienie ruchu bieguna od nutacji

2000

Ruch obrotowy
Ziemi



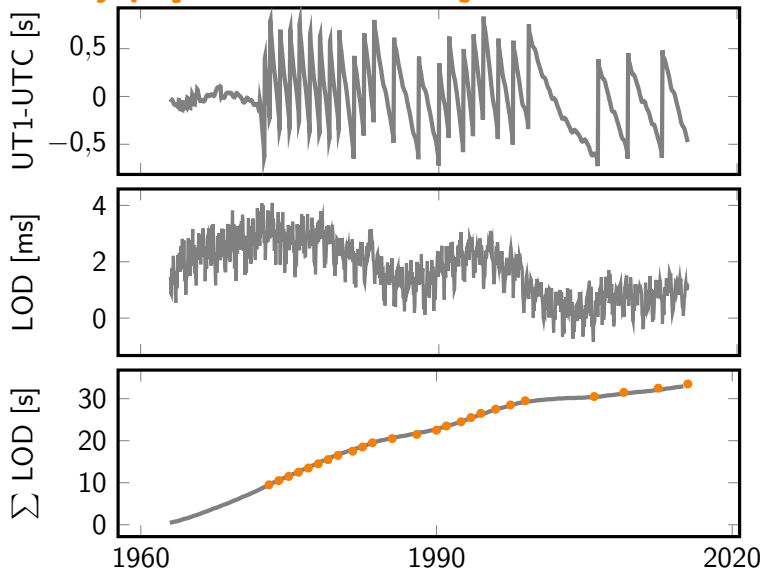
$$\sigma_c = \sigma_t + \Omega$$

$\sigma > 0$ ruch prosty (*prograde*)

$\sigma < 0$ ruch wsteczny (*retrograde*)

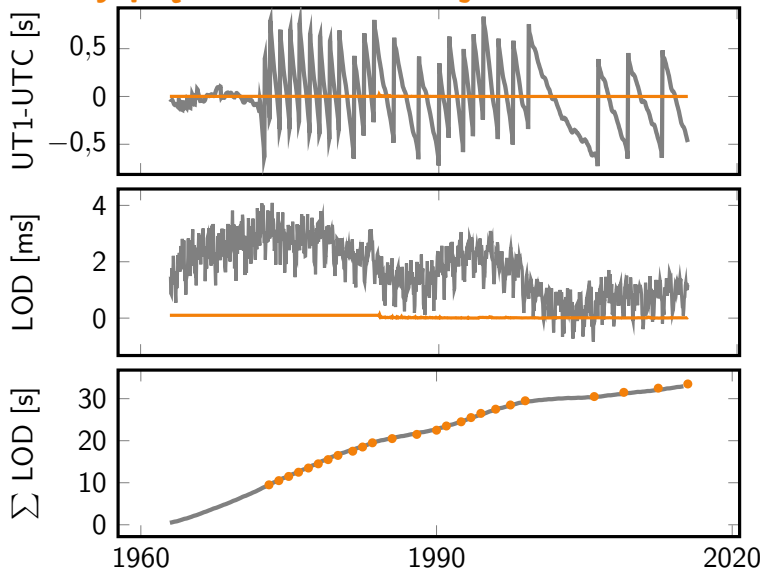
Zmiany prędkości obrotowej Ziemi

Ruch obrotowy
Ziemi



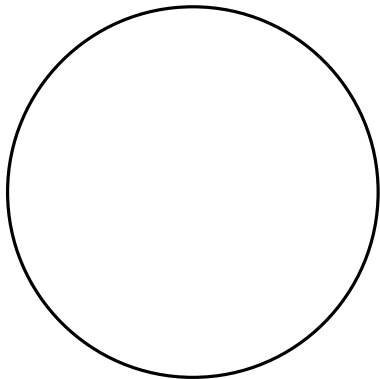
Zmiany prędkości obrotowej Ziemi

Ruch obrotowy
Ziemi



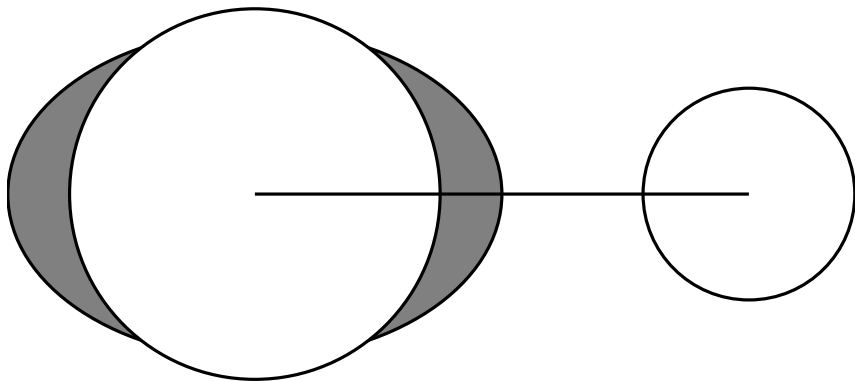
Wiekowe zwalnianie

Ruch obrotowy
Ziemi



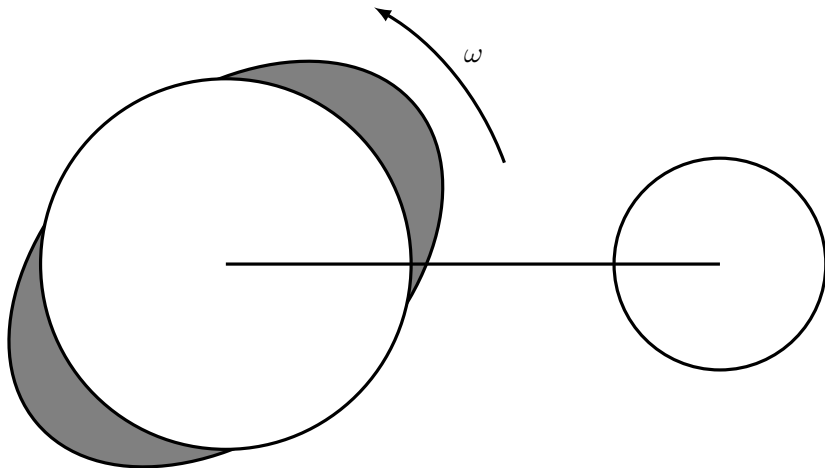
Wiekowe zwalnianie

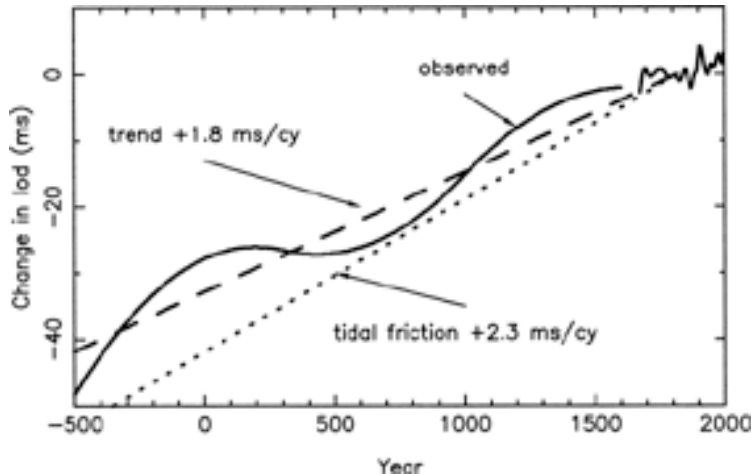
Ruch obrotowy
Ziemi



Wiekowe zwalnianie

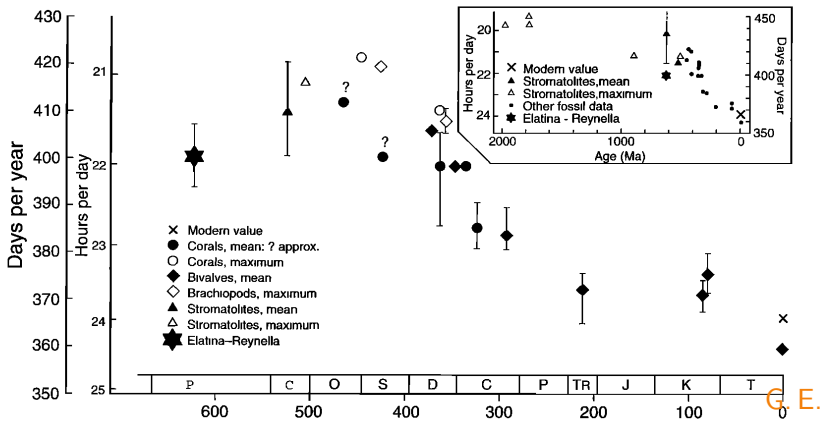
Ruch obrotowy
Ziemi





R. Gross (2009). „Earth Rotation Variations – Long Period”.
W: T. Herring i G. Schubert. *Geodesy. Treatise on
geophysics*. Elsevier. ISBN: 9780444534606. URL:
<https://books.google.pl/books?id=Mc55PwAACAAJ>

the history of Earth's tidal deceleration and solar tides. The synodic or lunar month is the



Williams (2000). „Geological constraints on the Precambrian

history of Earth's rotation and the Moon's orbit” *Reviews*

Figure 2. Plot of presumed solar days per year and length of day compiled from paleontological data: Phanerozoic data from *Scrutton* [1978] with available errors and additional data from *Berry and Barker* [1968], *Gagan* [1968], *Wells* [1970], *Mazzullo* [1971], *Pannella* [1972a, b], and *Vanyo and Awramik* [1985]. The datum for the late Neoproterozoic Elatina-Reynella tidal rhythmites (Table 1, column 6) also is shown. Abbreviations: P, Precambrian; C, Cambrian; O, Ordovician; S, Silurian; D, Devonian; C, Carboniferous; P, Permian; TR, Triassic; J, Jurassic; K, Cretaceous; and T, Tertiary. The base of the Cambrian is shown at 540 Ma. Modified from *Williams* [1989c] and reproduced with the permission of the International Union of Geological Sciences.

Wyznaczanie EOP


Ruch obrotowy
Ziemi

- VLBI
- laser pierścieniowy (*ring laser*)
- SLR, GNSS, DORIS




Rysunek:

<http://www.wettzell.ifag.de/LKREISEL/G/G-ring.jpg>

 Gross, R. (2009). „Earth Rotation Variations – Long Period”. W: Herring, T. i G. Schubert. *Geodesy. Treatise on geophysics*. Elsevier.

 Plag, H.-P. i M. Pearlman (2009). *Global Geodetic Observing System*.

 Williams, G. E. (2000). „Geological constraints on the Precambrian history of Earth’s rotation and the Moon’s orbit”. *Reviews of Geophysics* 38.1, str. 37–59.