

Wykład udostępniam na licencji Creative Commons:



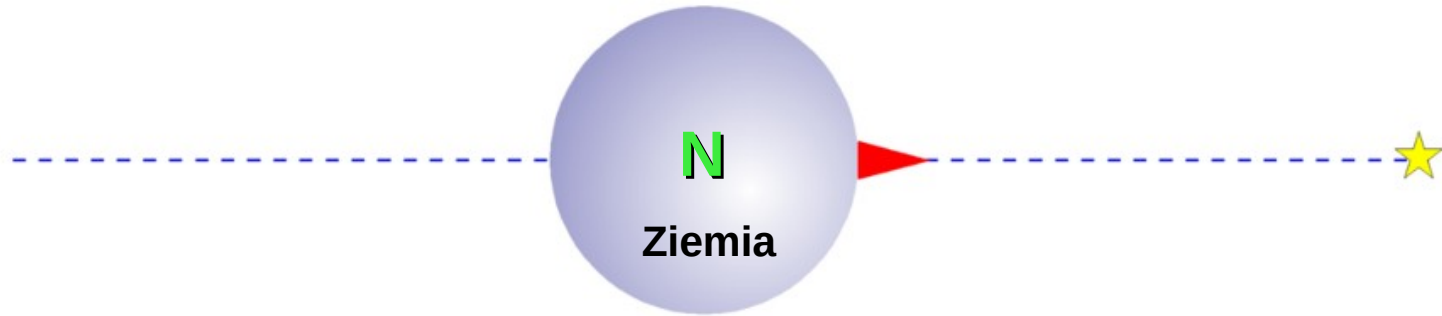
Ziemia jako zegar

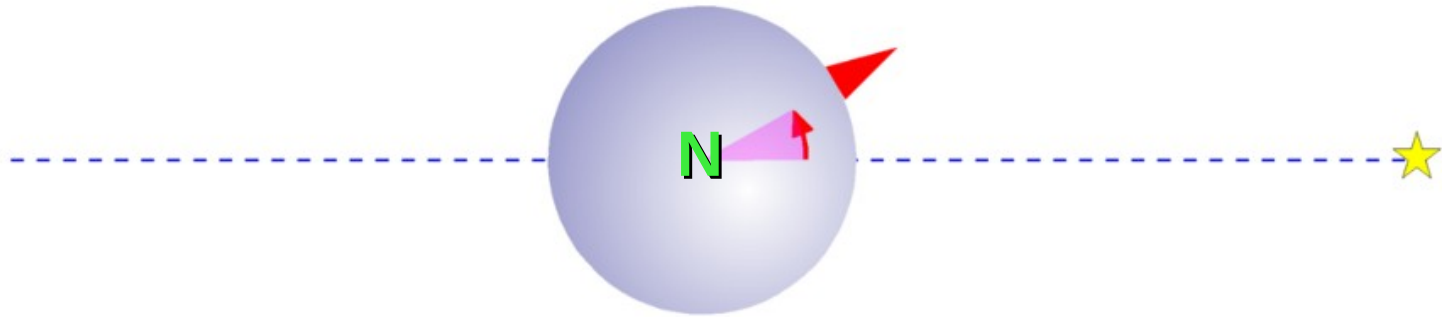
część pierwsza

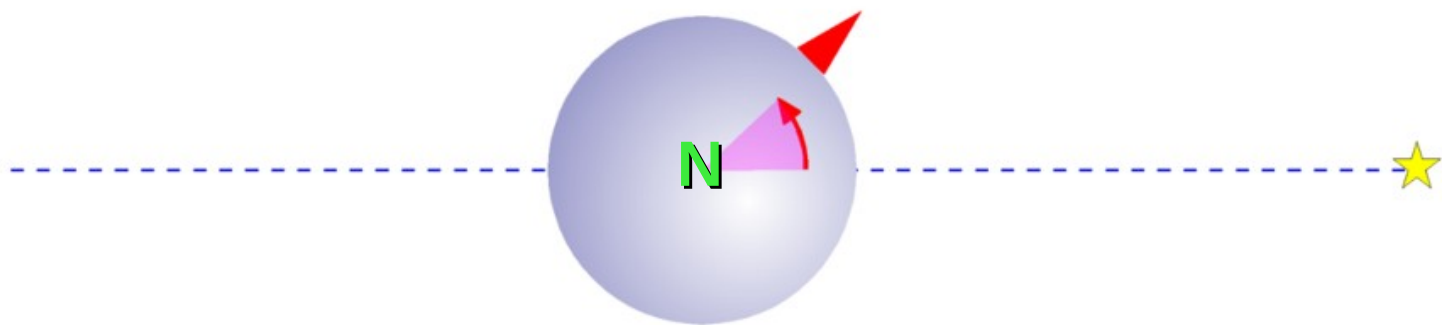
Piotr A. Dybczyński

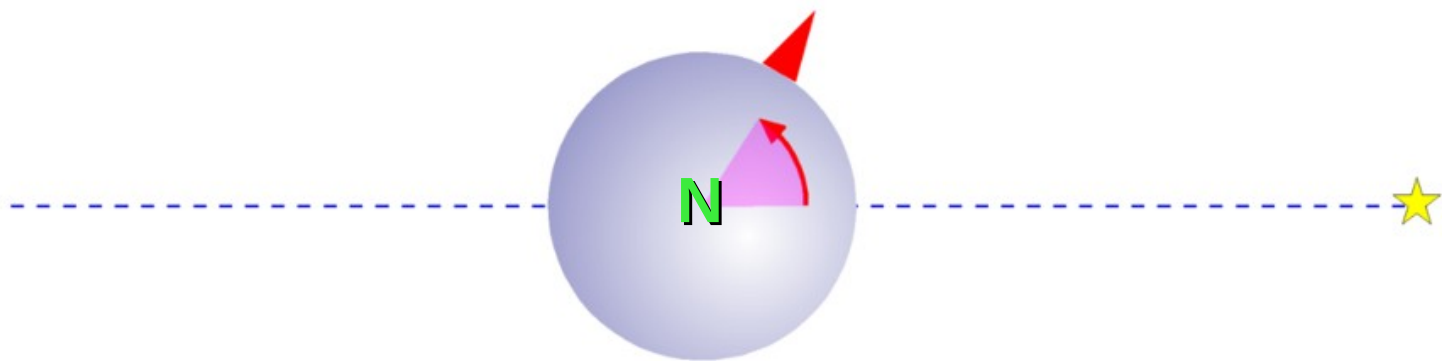


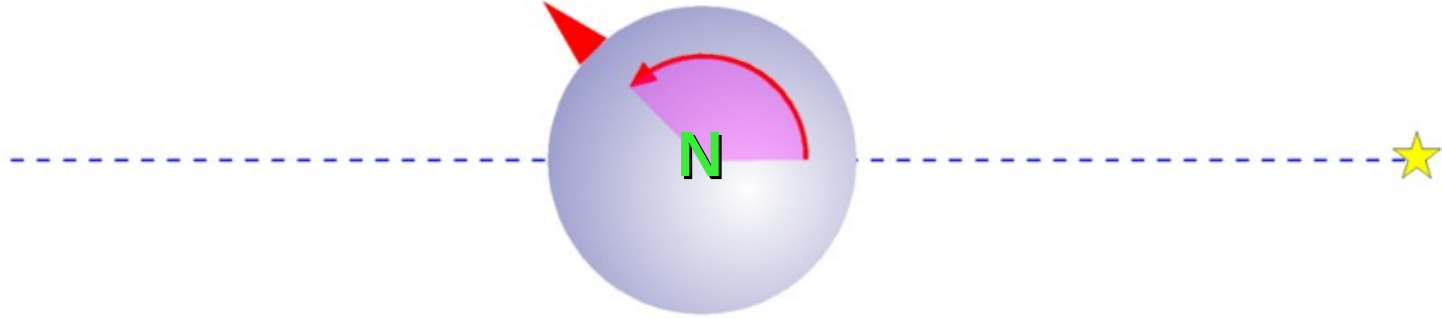
Czas gwiazdowy: s

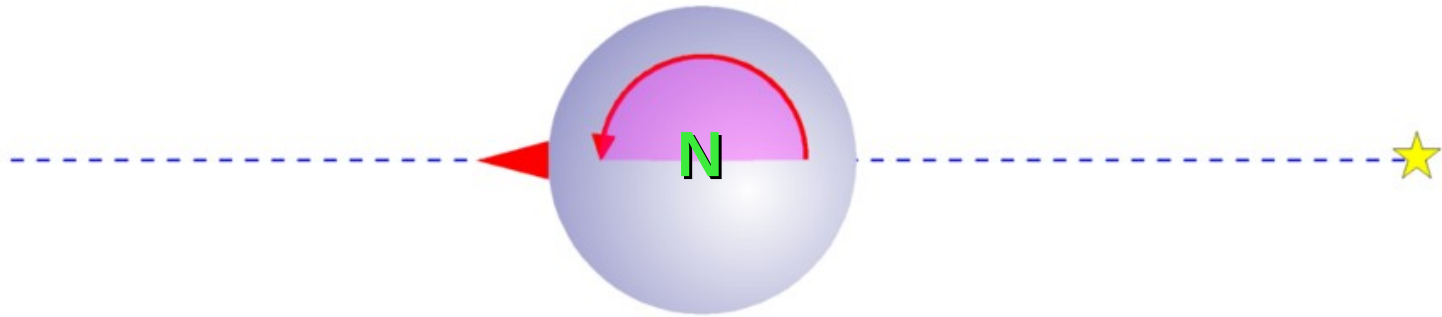


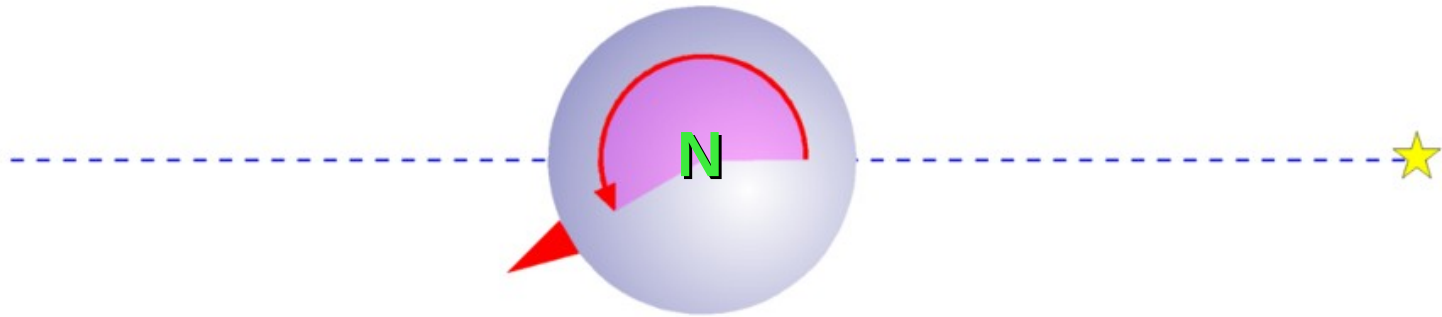


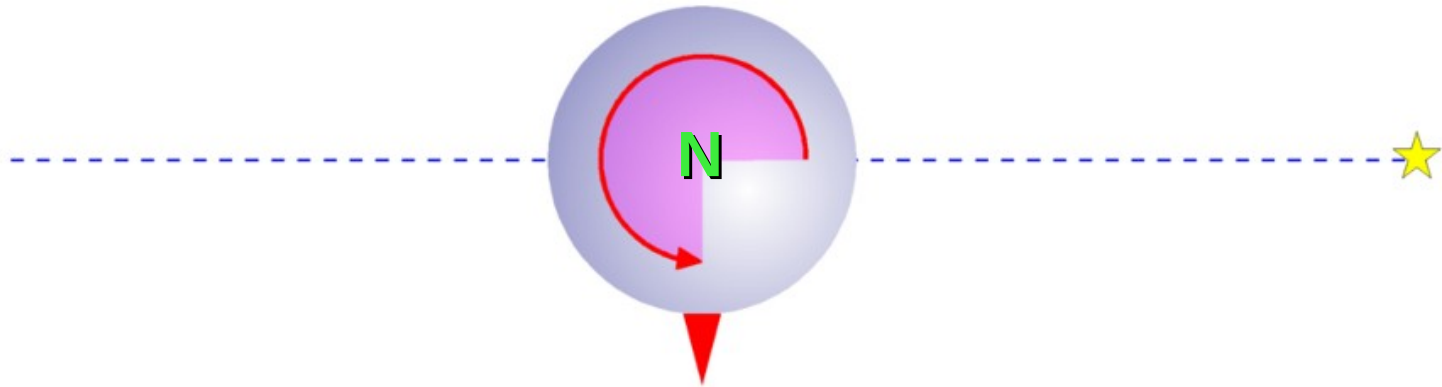


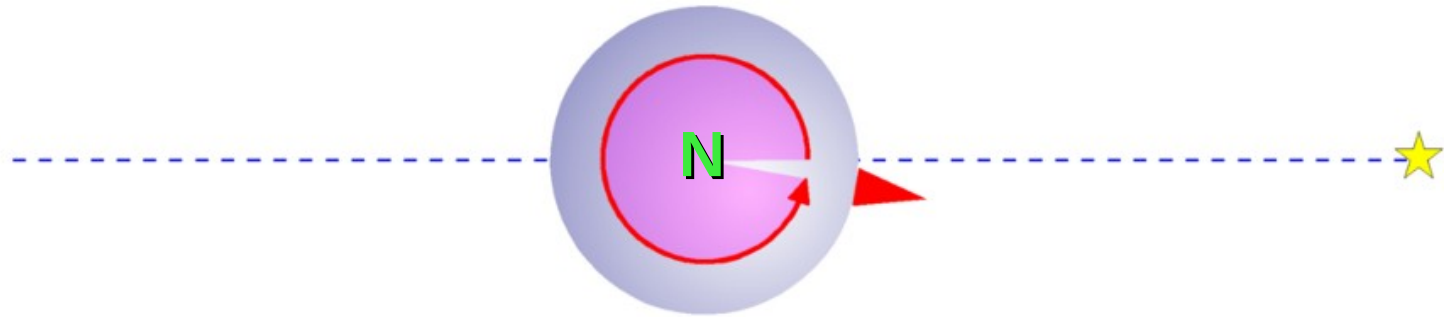


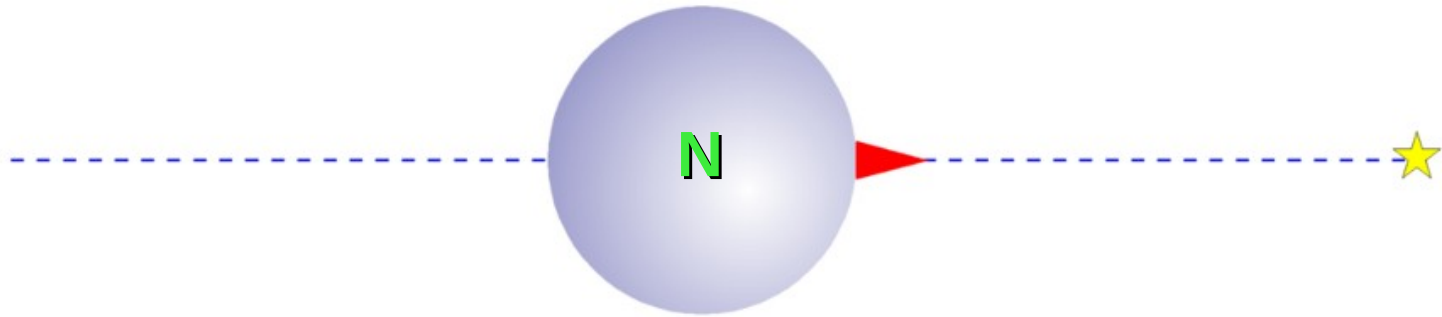


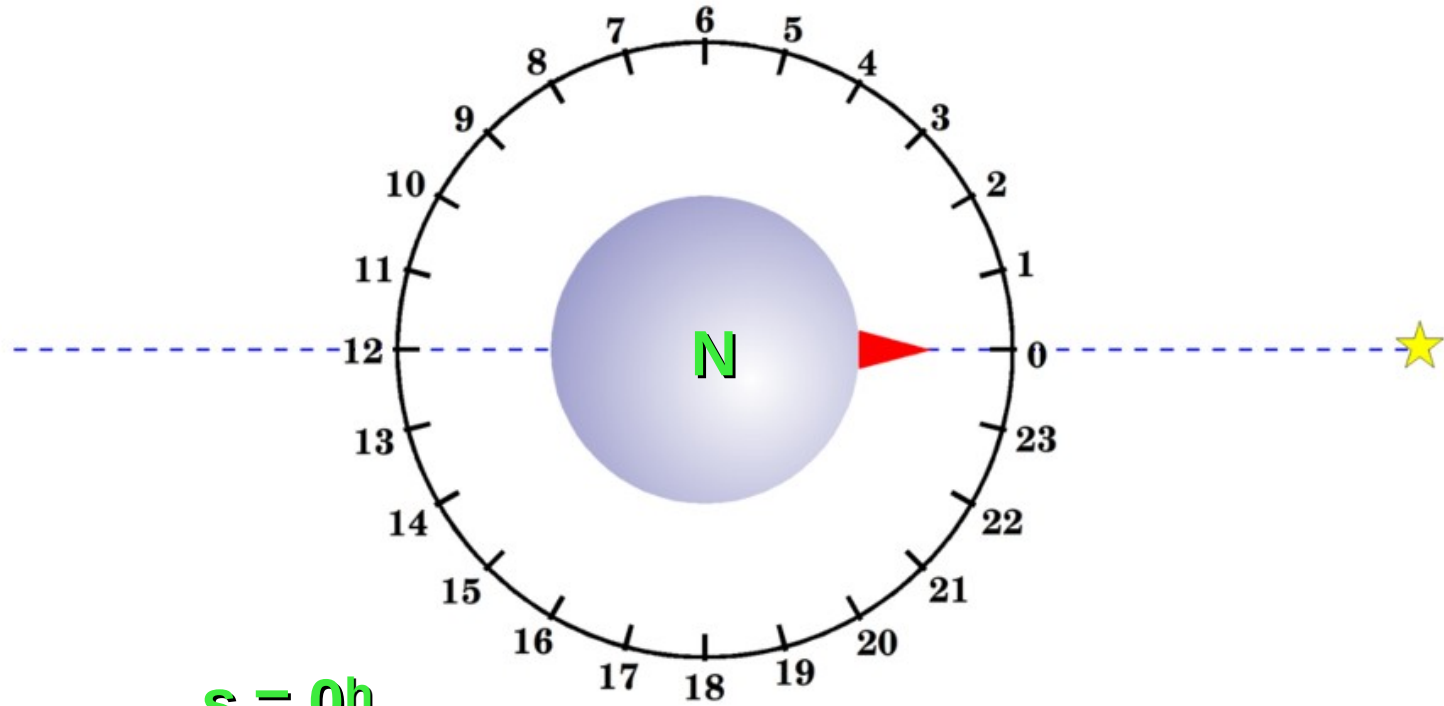






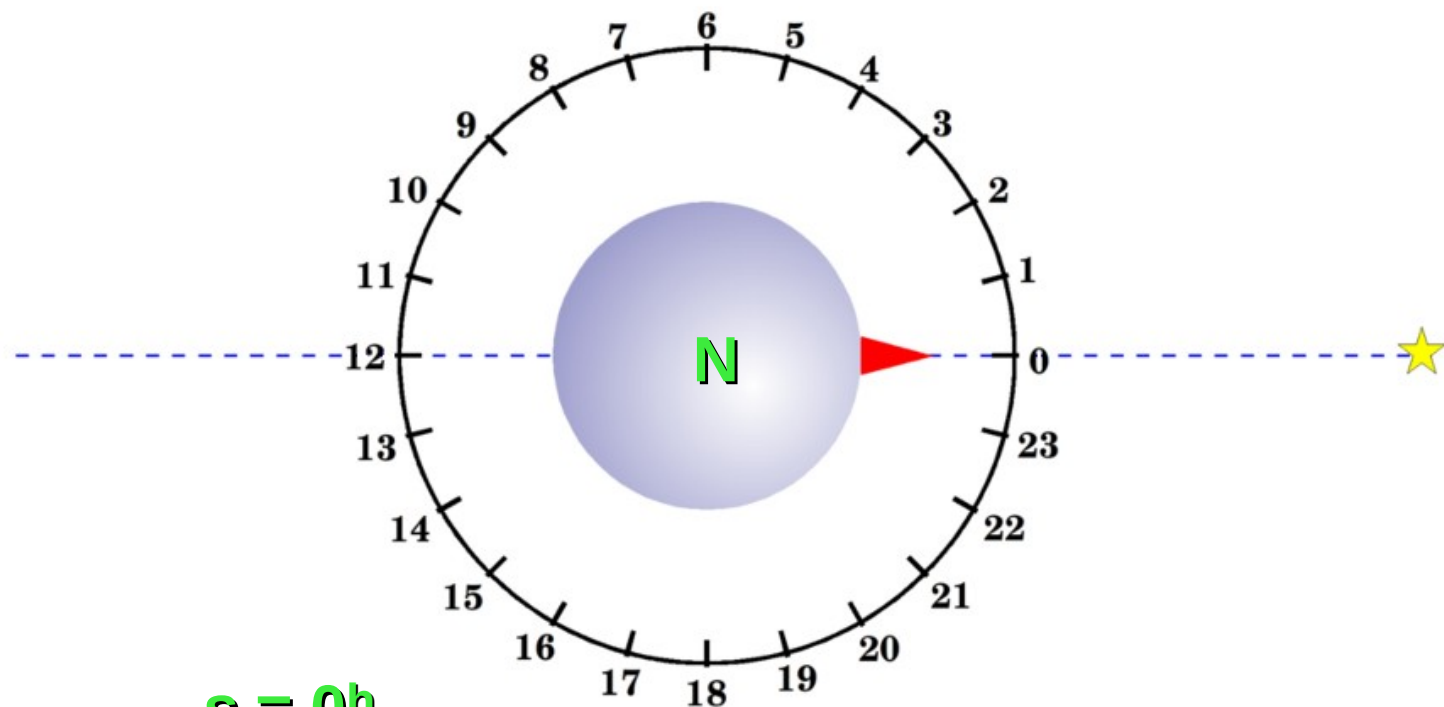






$s = 0h$

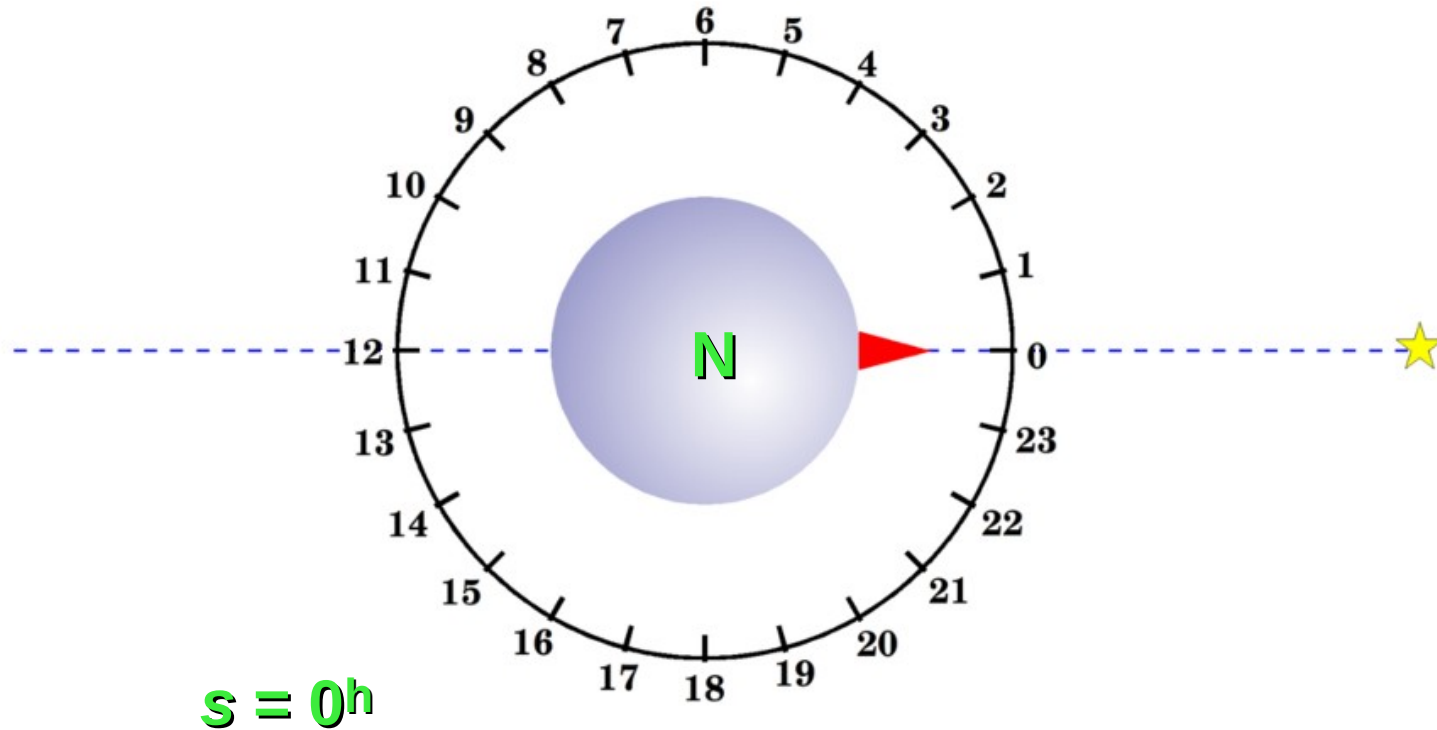
Czemu
taka
dziwna
tarcza?



$s = 0h$

**Czemu
taka
dziwna
tarcza?**

**Bo
astronomowie
mierzą
niektóre
kąty
w godzinach...**

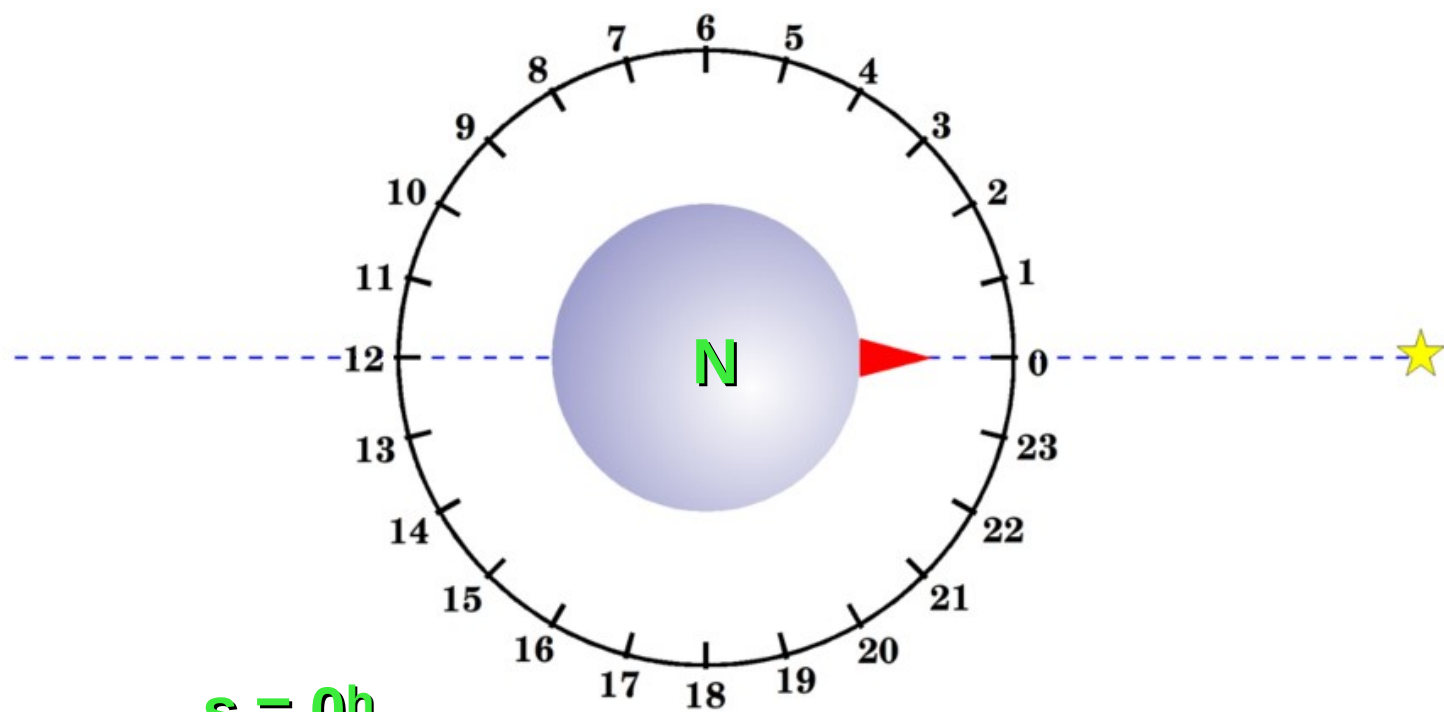


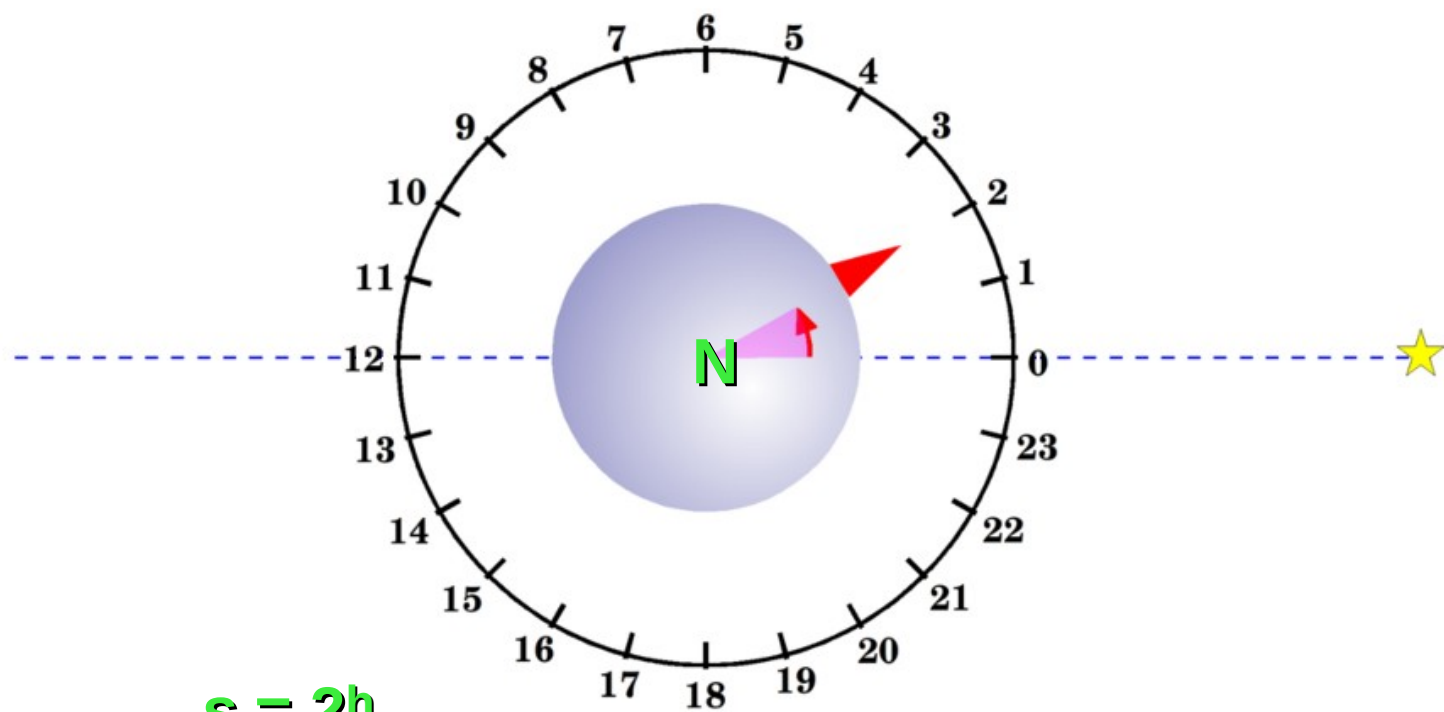
Miara czasowa kątów

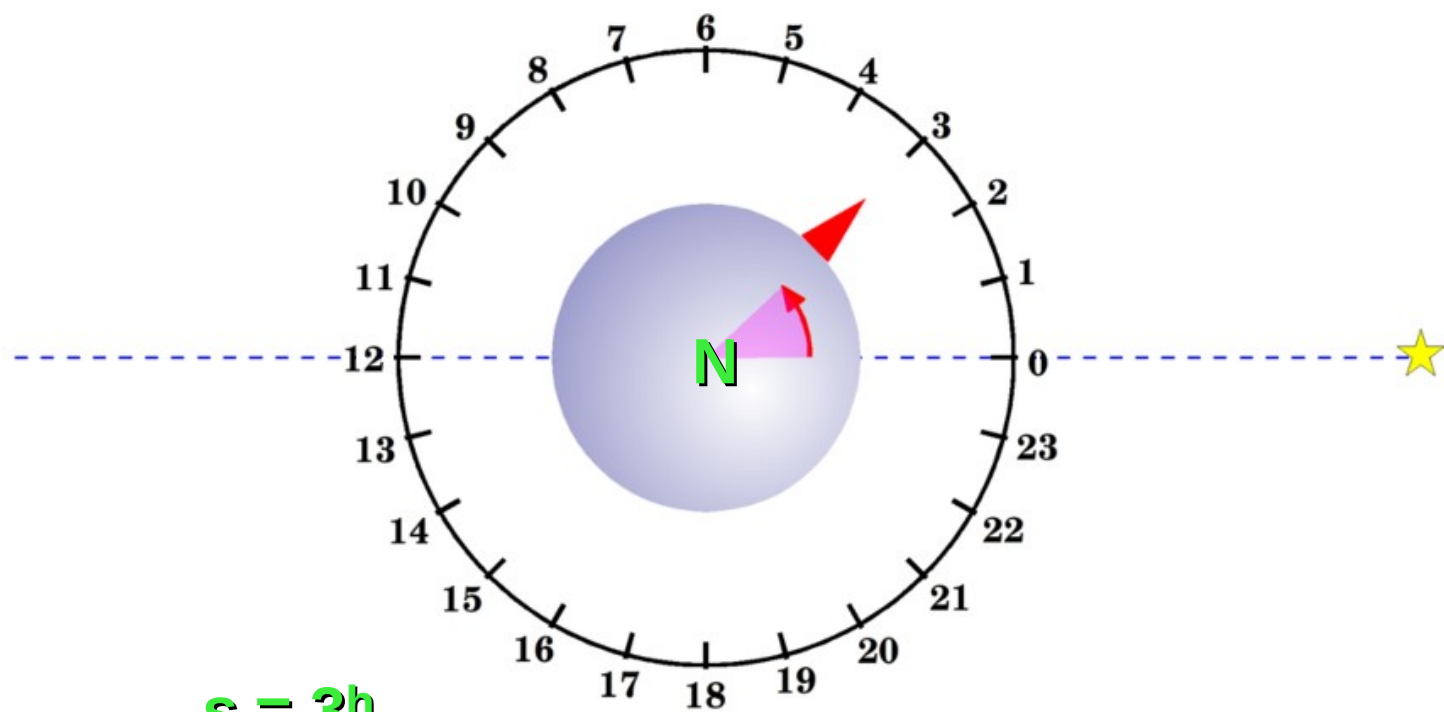


Shepherd gate clock at the Royal Observatory, Greenwich, UK. By:Alvesgaspar

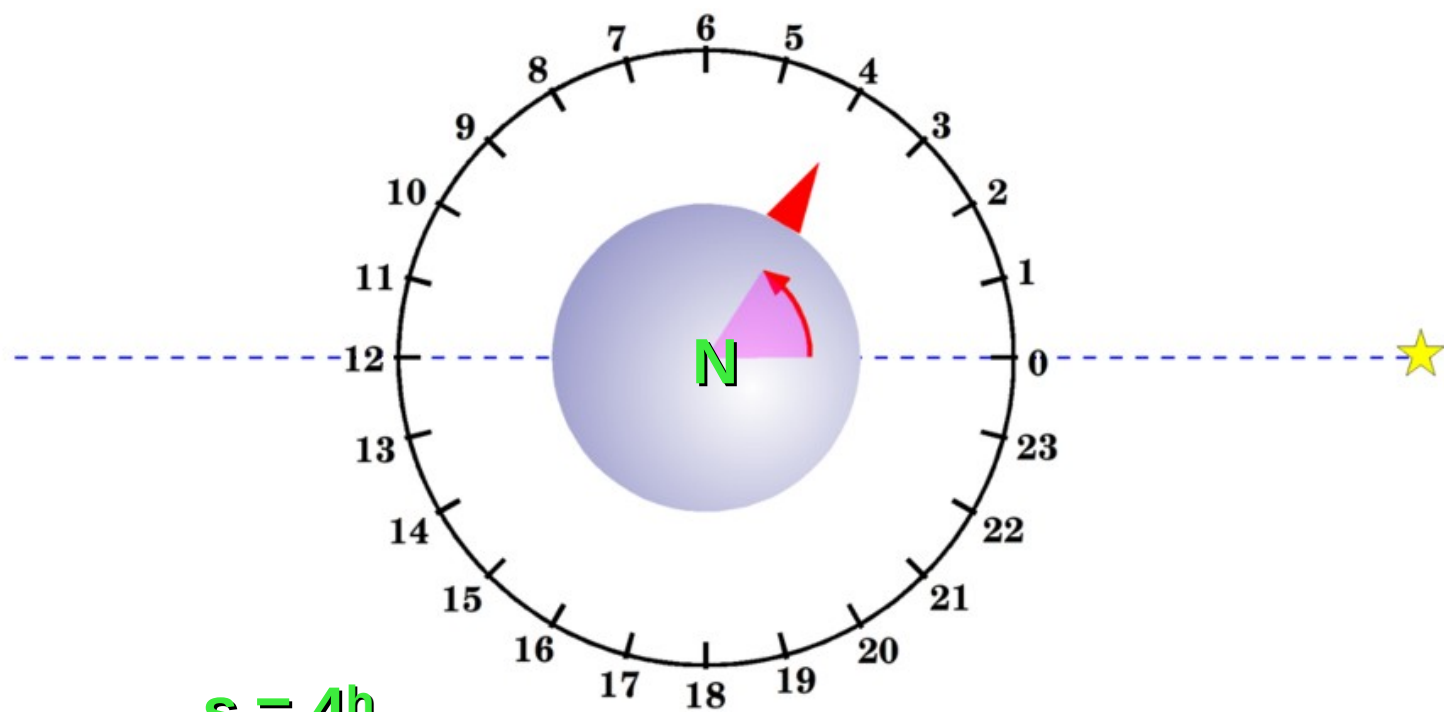
- $360^\circ = 24^h$
- $15^\circ = 1^h = 60^m$
- $1^\circ = 4^m$
- $60' = 4^m$
- $15' = 1^m = 60^s$
- $1' = 4^s$
- $60'' = 4^s$
- $15'' = 1^s$



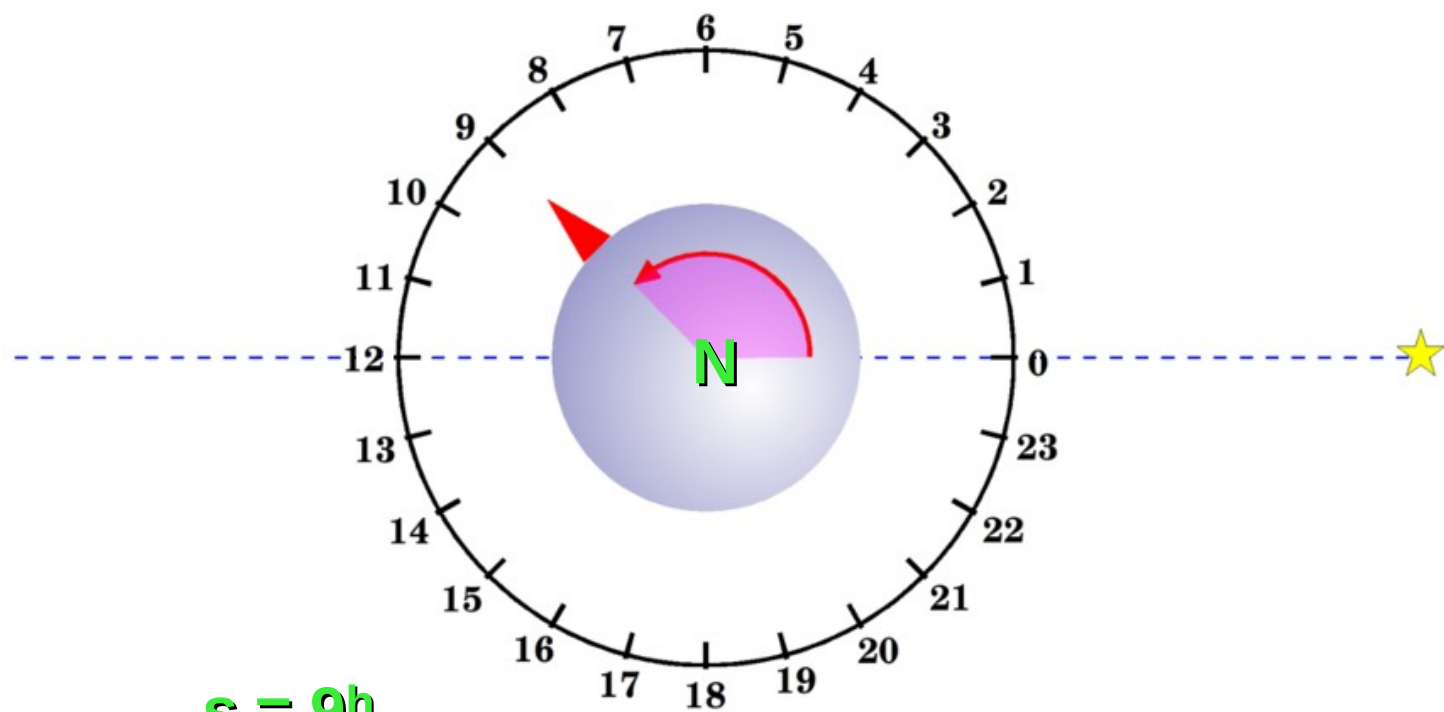




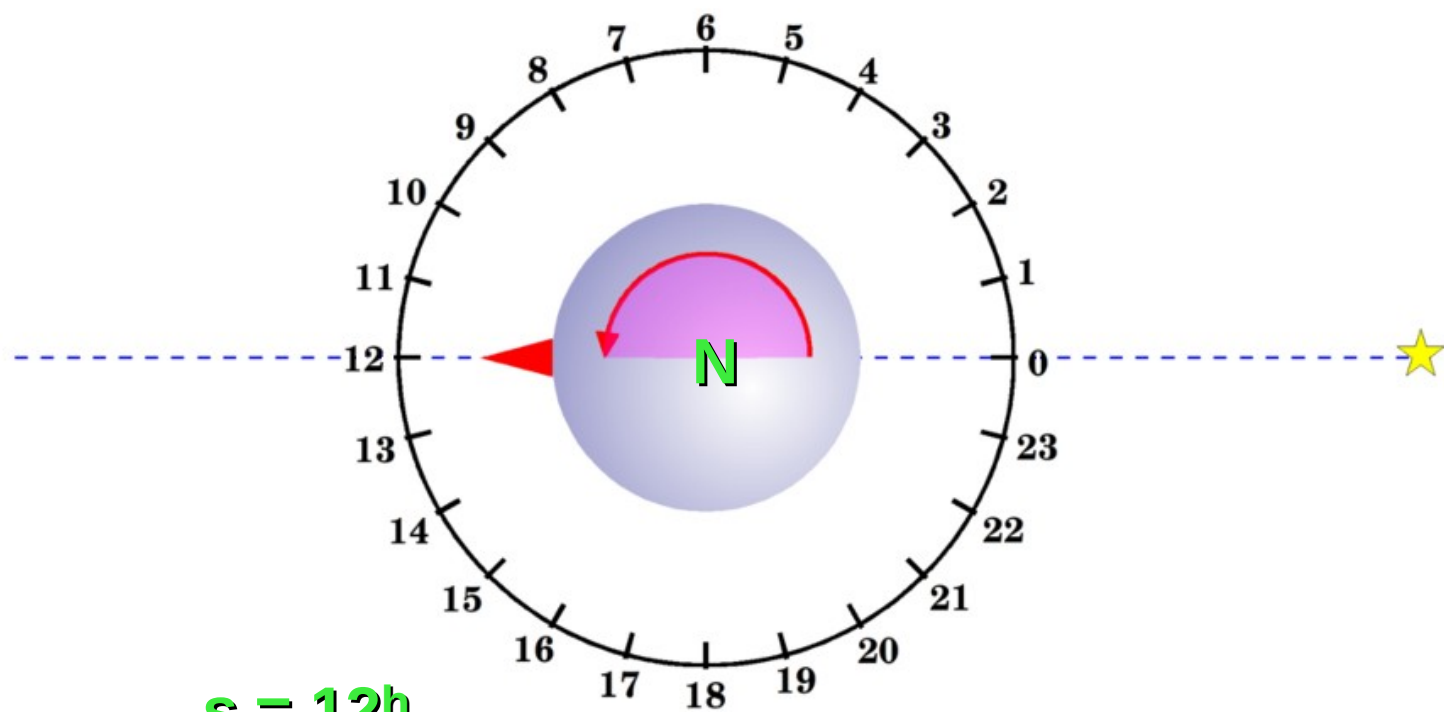
$$s = 3h$$

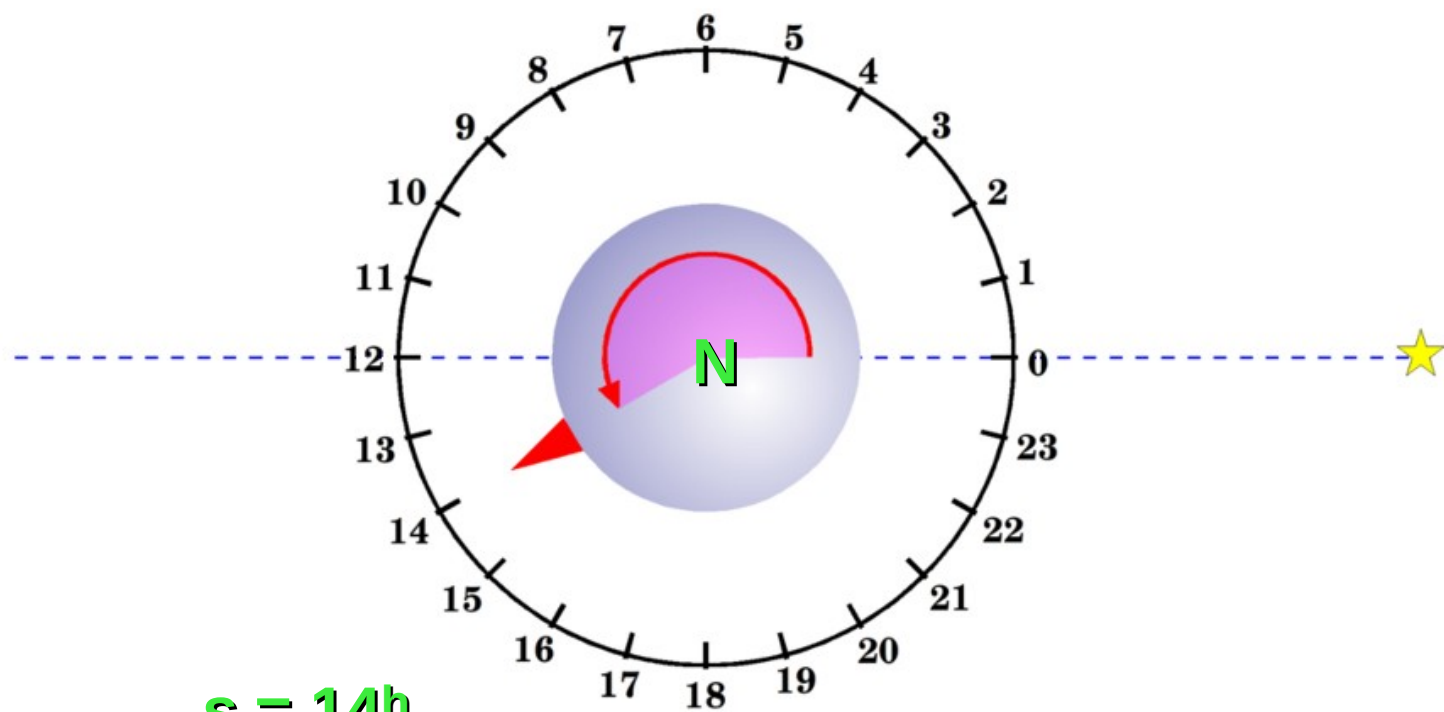


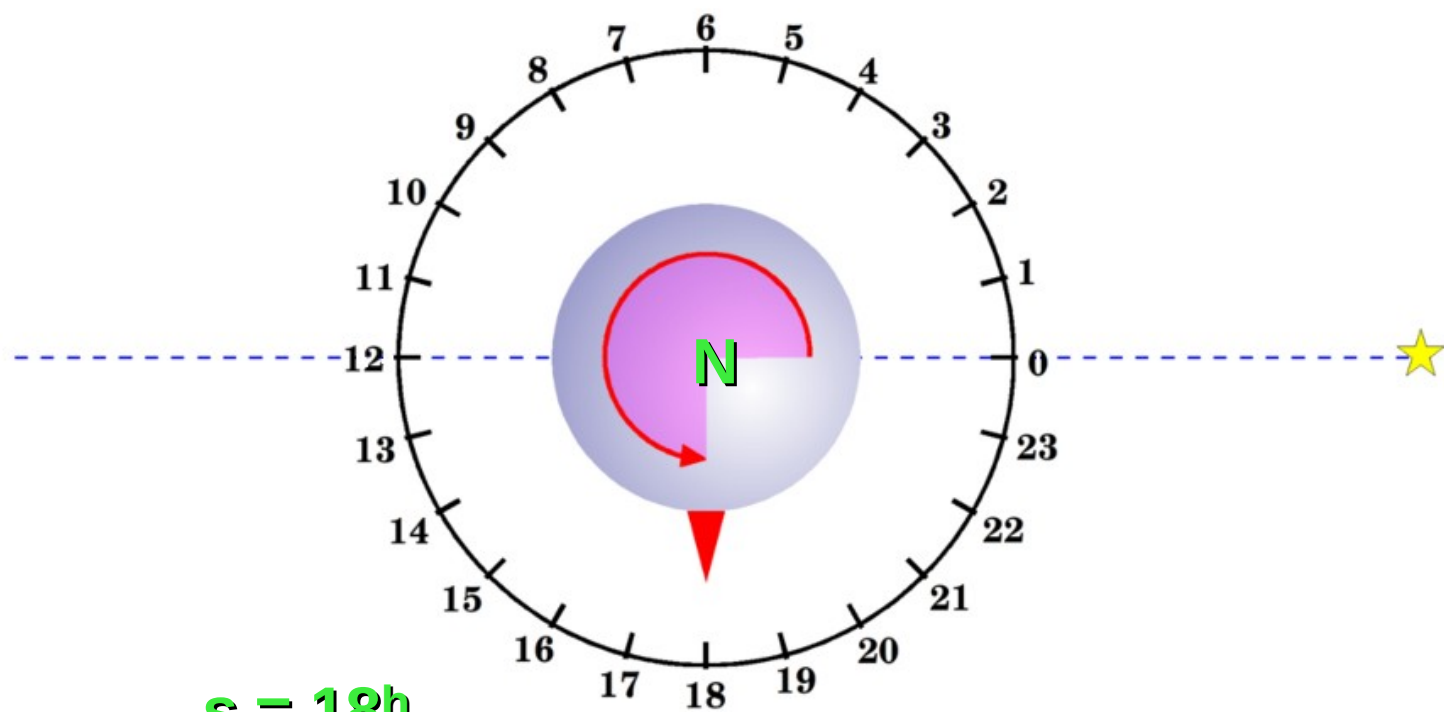
$$s = 4h$$

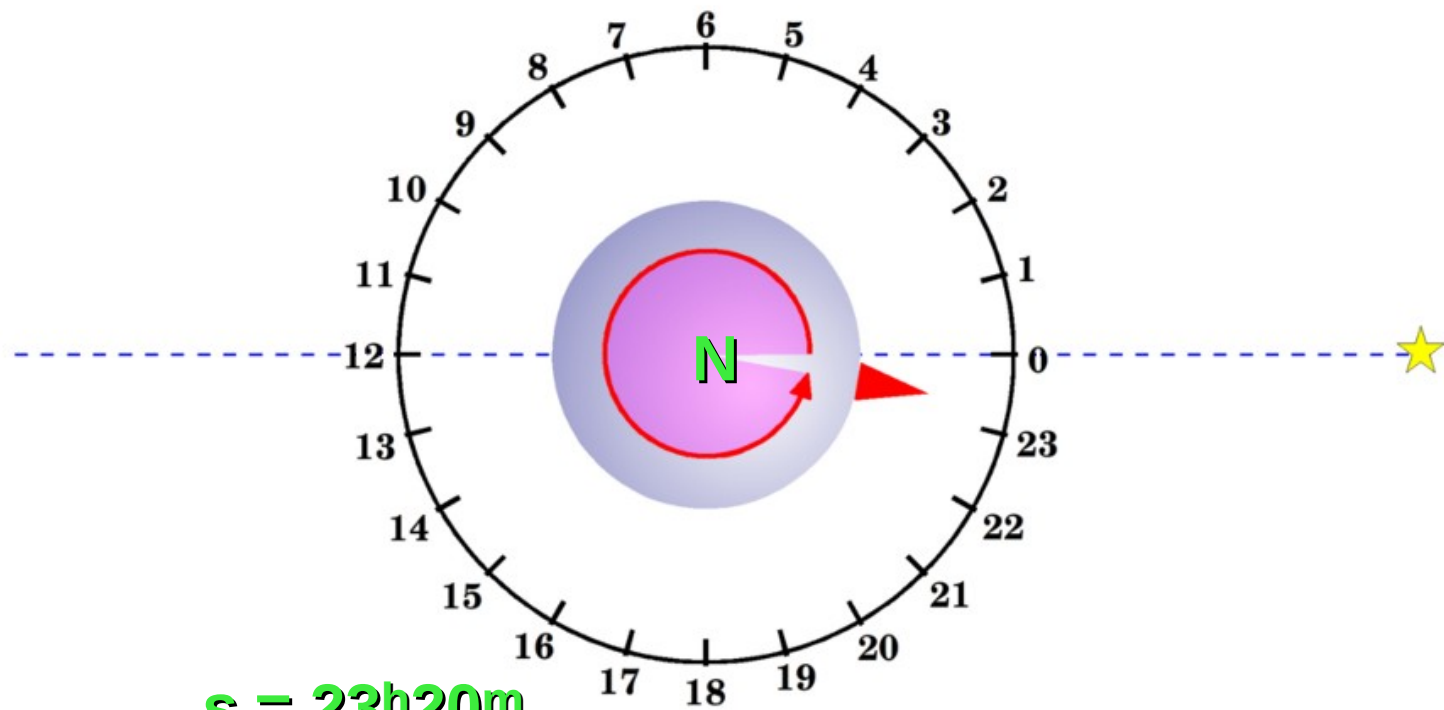


$$s = 9h$$

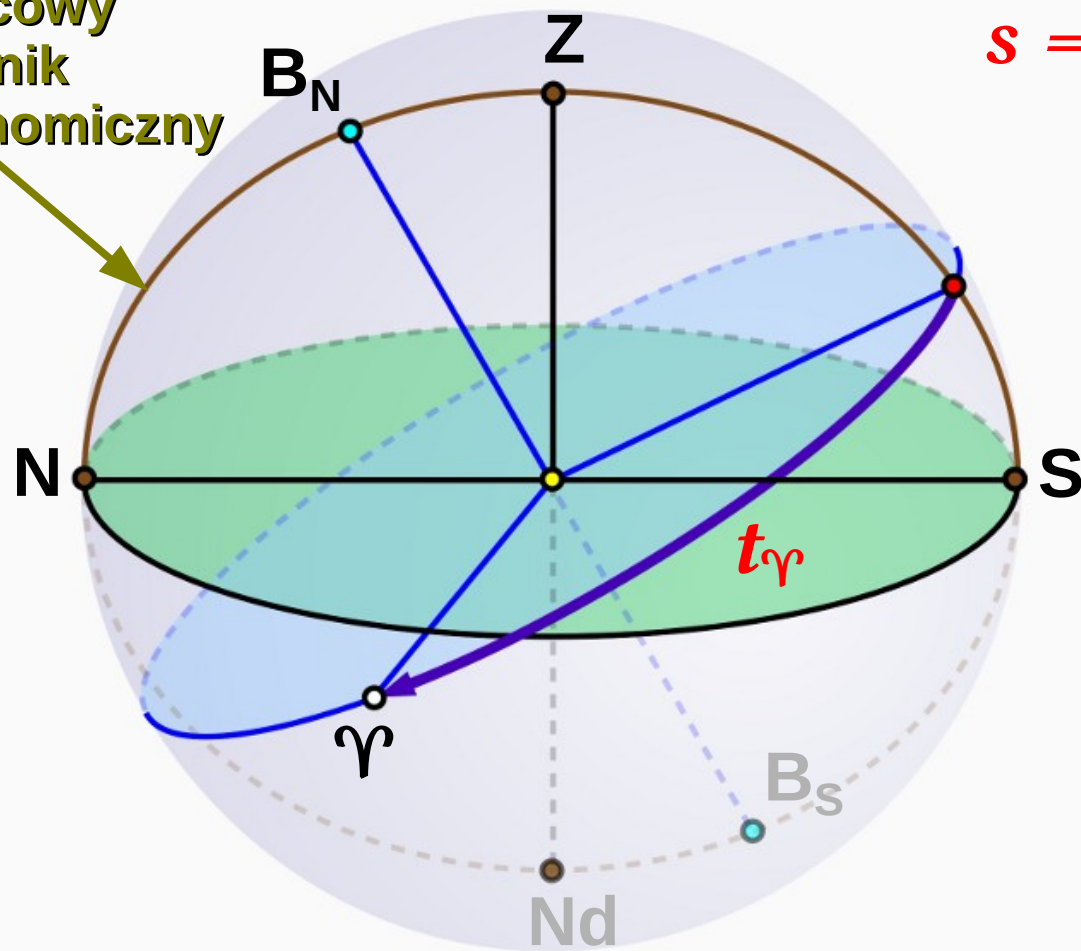








miejscowy
południk
astronomiczny

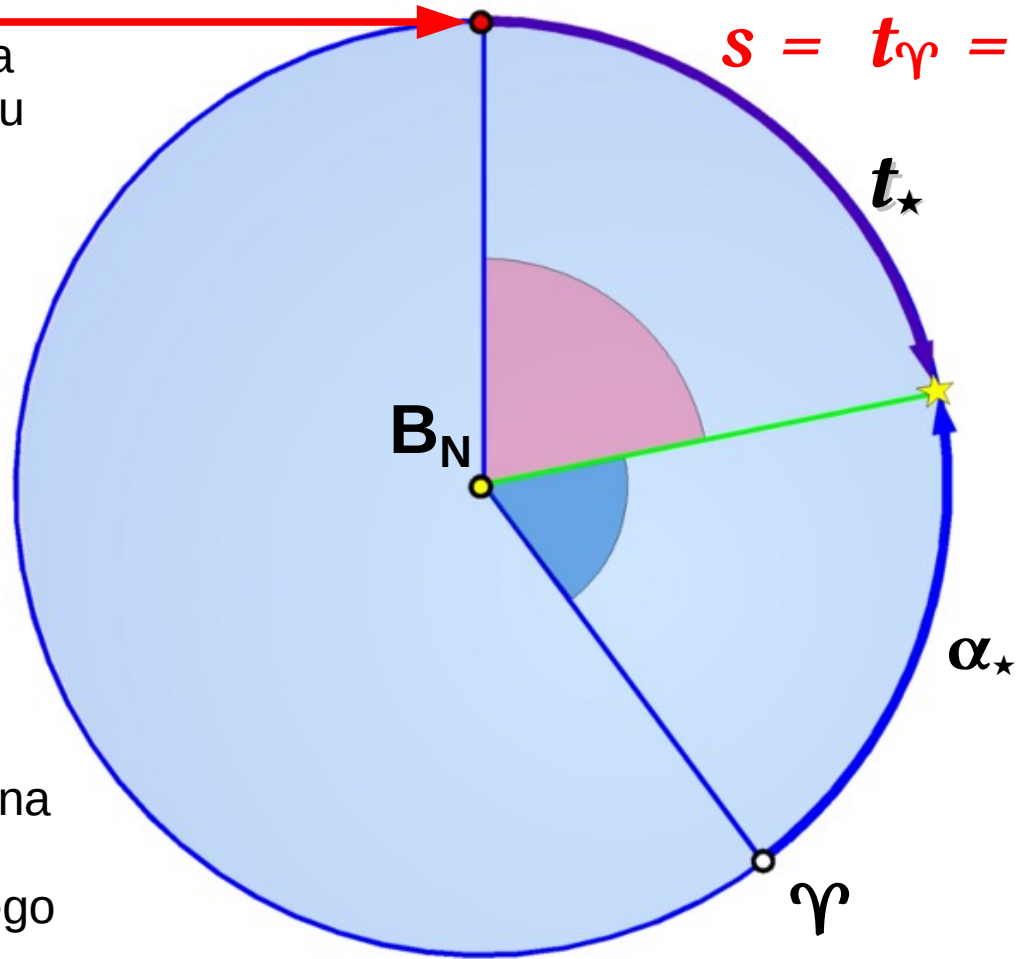


$$s = t_{\gamma}$$

Definicja:
czas
gwiazdowy
to kąt
godzinny
punktu
Barana

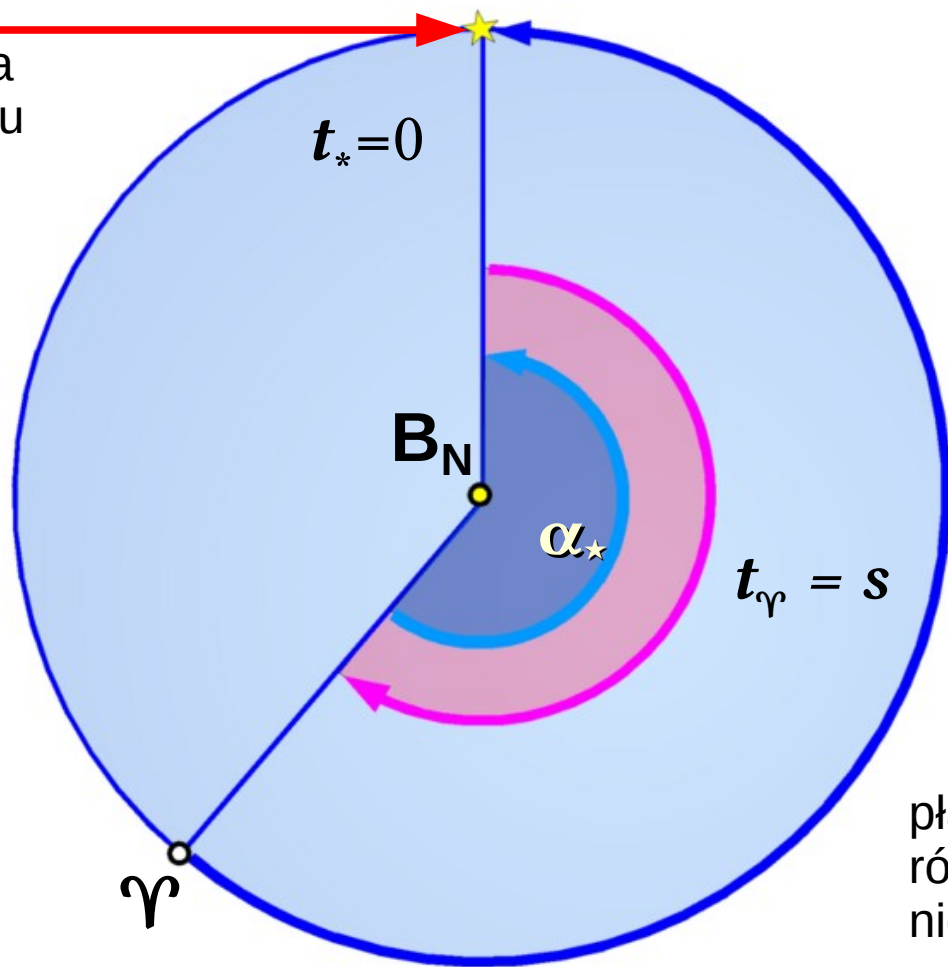
punkt
górowania
na równiku

płaszczyzna
równika
niebieskiego



$$s = t_\gamma = t_\star + \alpha_\star$$

punkt
górowania
na równiku



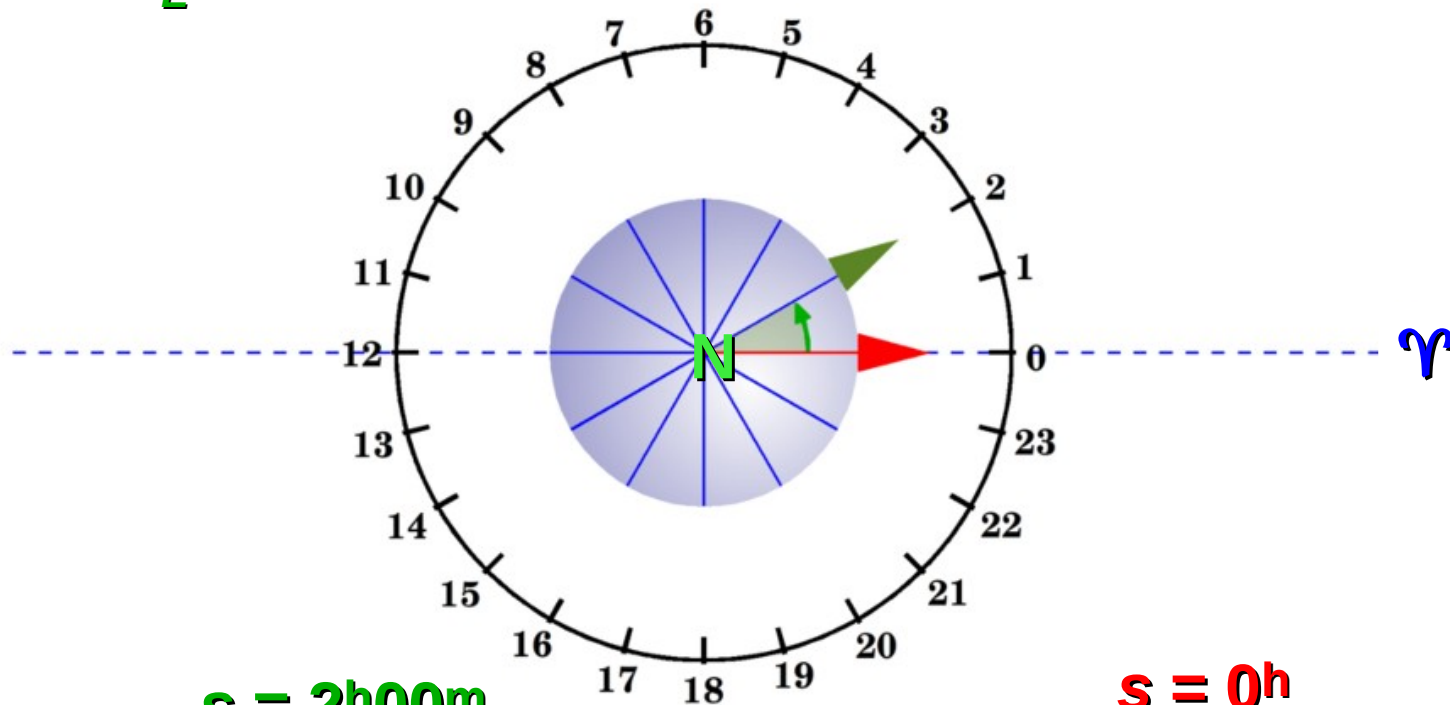
**Czas
gwiazdowy
(t_γ)
jest zawsze
równy
rektascensji
gwiazd
górujących!**

**Czas gwiazdowy
jest czasem miejscowym.**

**Znaczy to, że w miejscach o różnej
długości geograficznej jest różny
czas gwiazdowy.**

**Równy czas gwiazdowy mają tylko
miejsca na tym samym południku
geograficznym.**

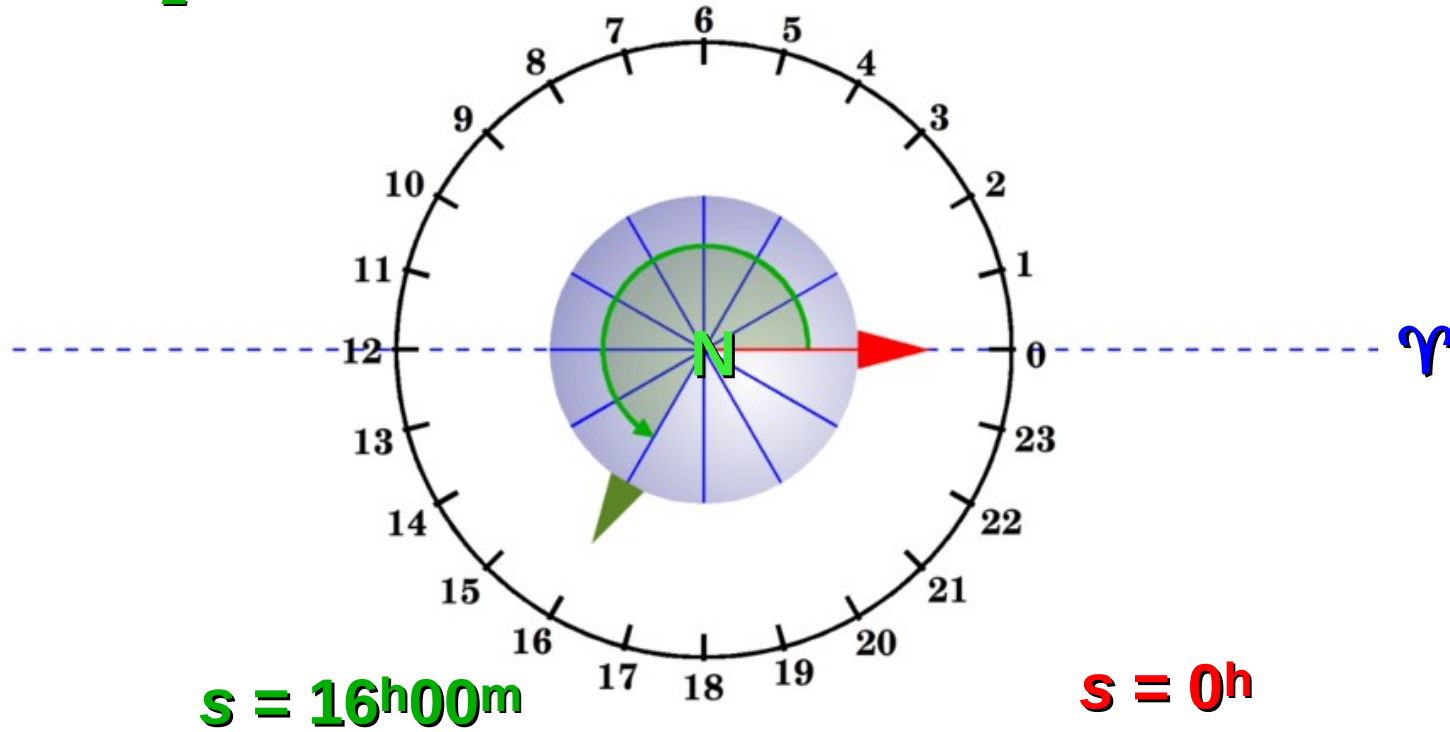
$$\lambda_E = 30^\circ = 2^h$$



$$s = 2^h00^m$$

$s = 0^h$
(czas gwiazdowy
na południku 0)

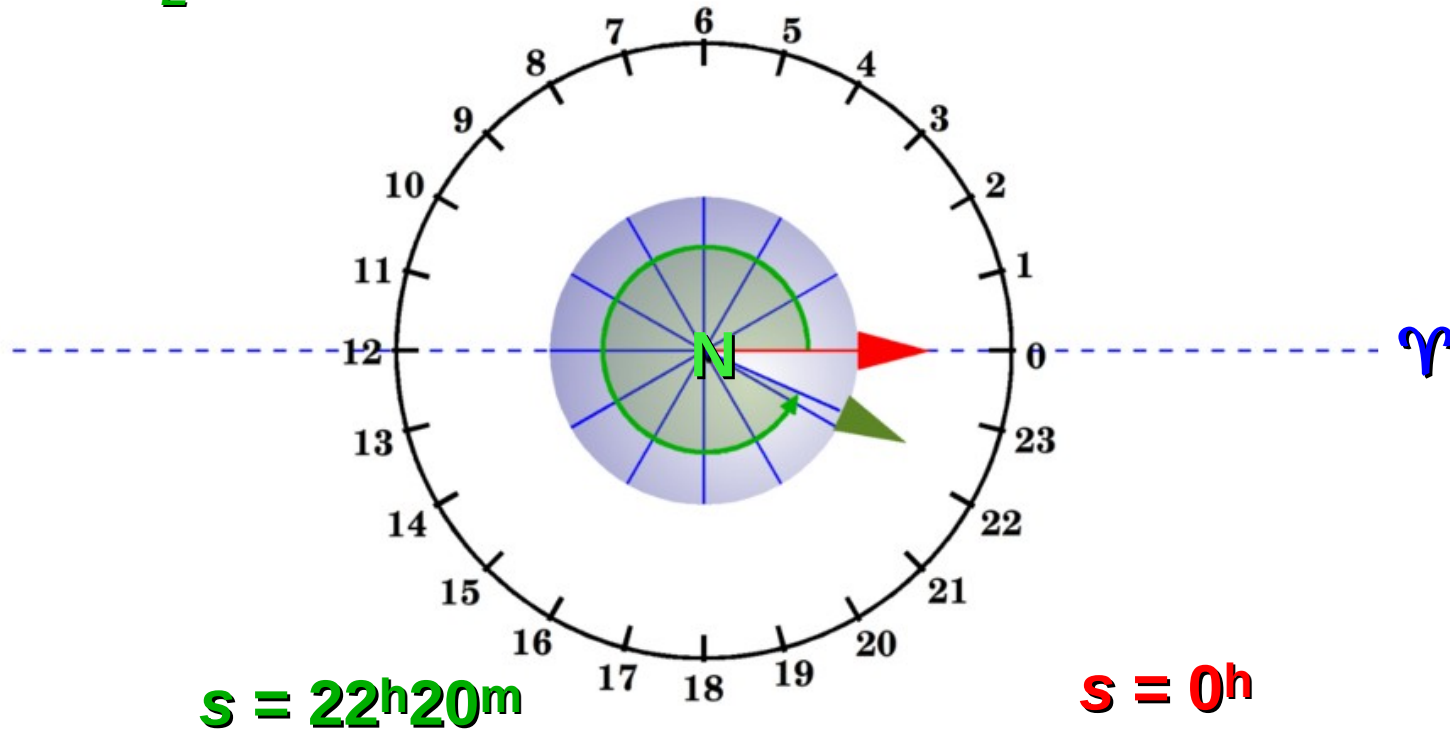
$$\lambda_E = 240^\circ = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$



$$s = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$

$$s = 0^{\text{h}}$$

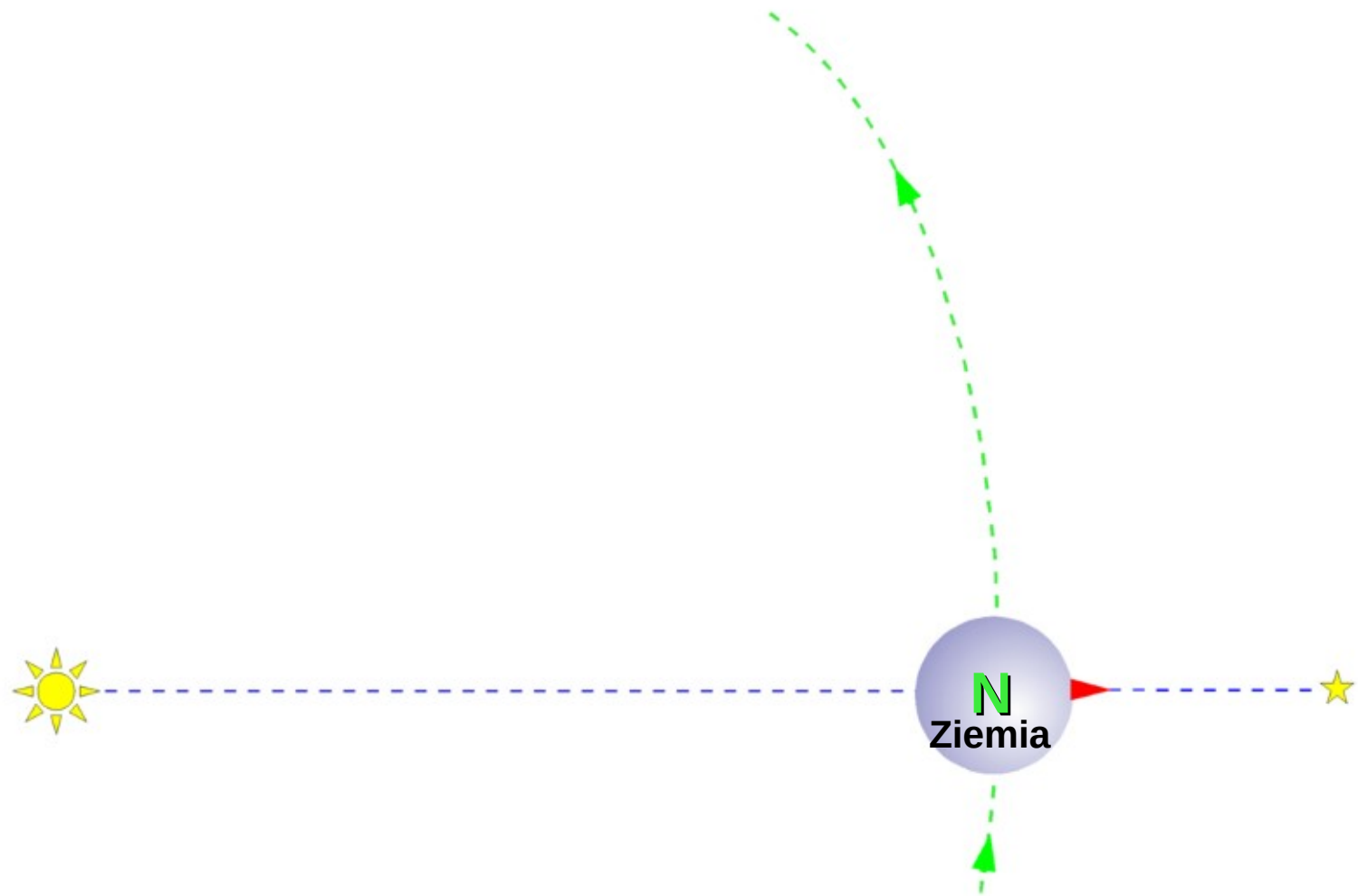
$$\lambda_E = 335^\circ = 22^{\text{h}}20^{\text{m}}$$



Pomiar kąta godzinnego dowolnej gwiazdy o znanej rektascensji jest pomiarem czasu gwiazdowego.

W szczególności może to być obserwacja górowania gwiazdy – wtedy jej kąt godziny wynosi zero a czas gwiazdowy jest równy jej rektascensji.

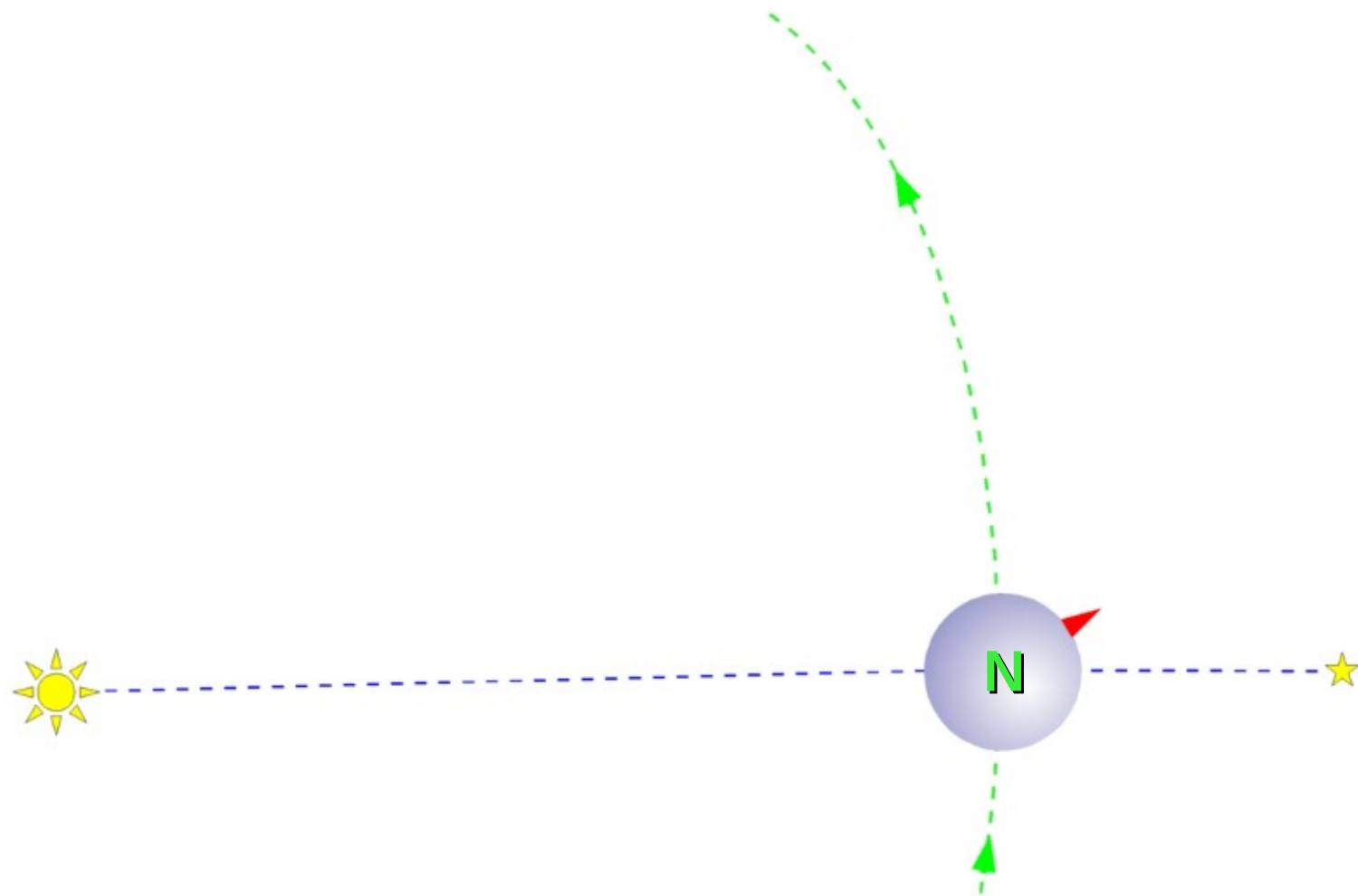
Czas słoneczny prawdziwy: T

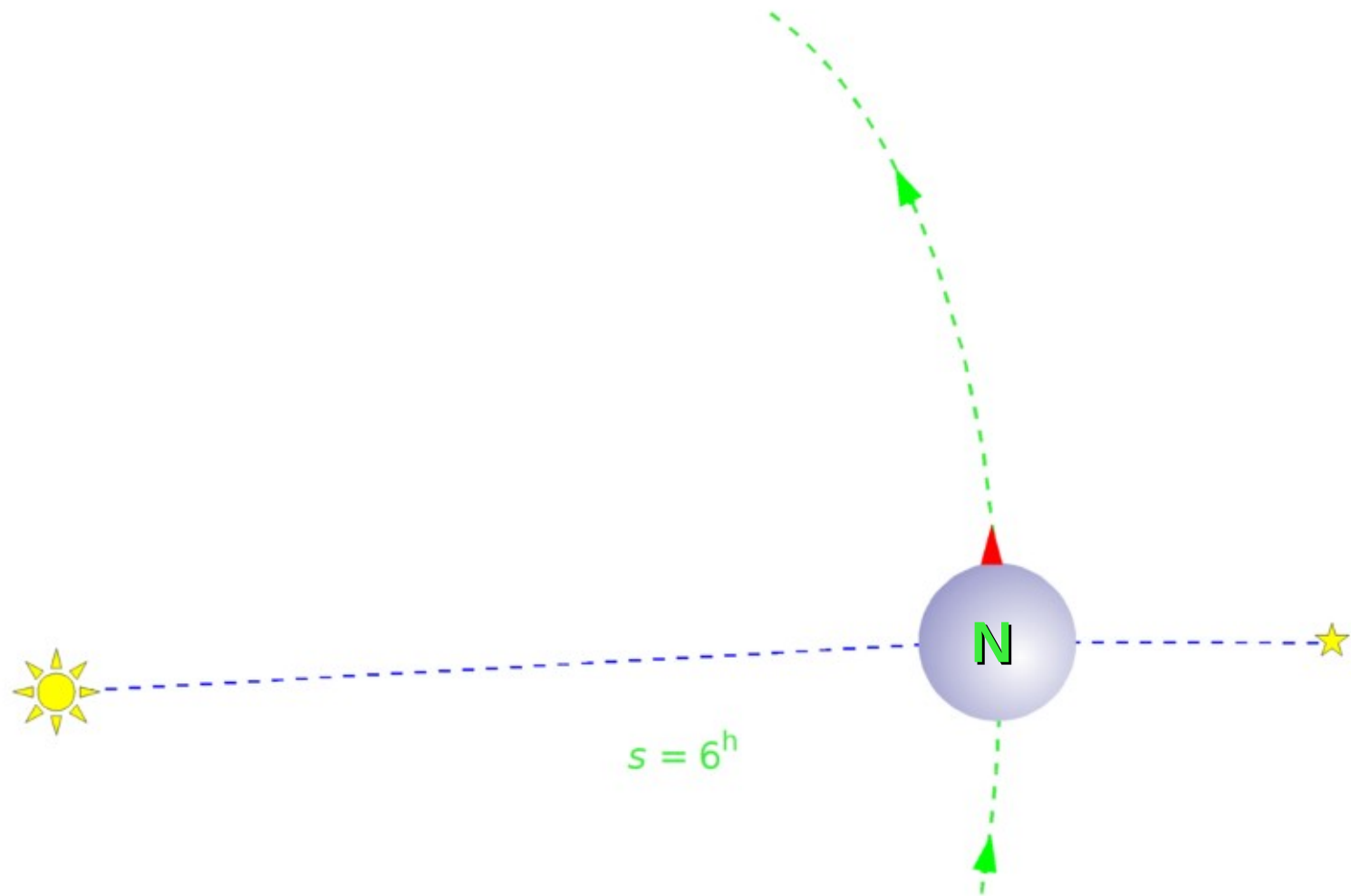


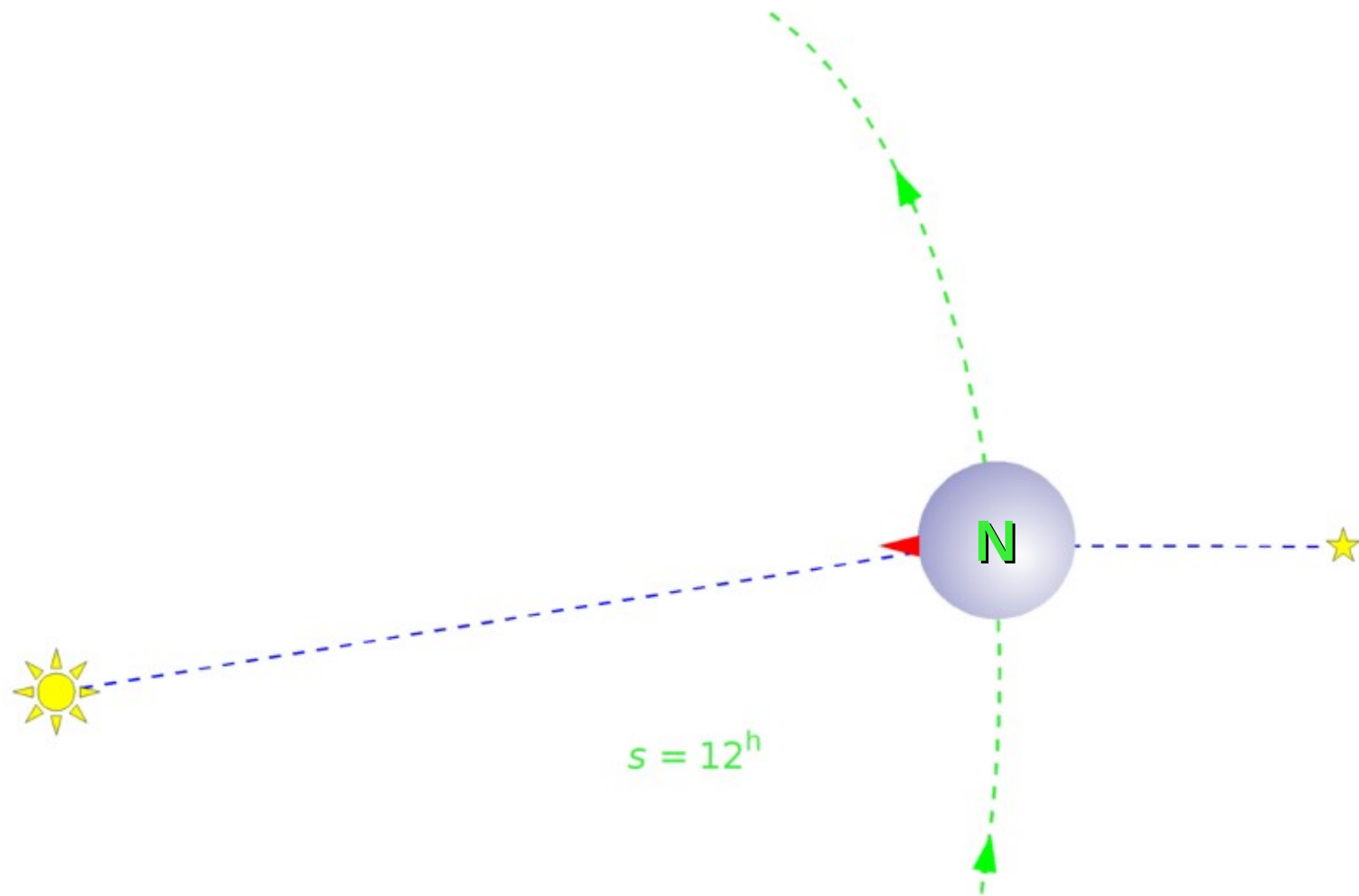
Definicja: czas słoneczny prawdziwy to kąt godzinny środka tarczy Słońca powiększony o 12^h .

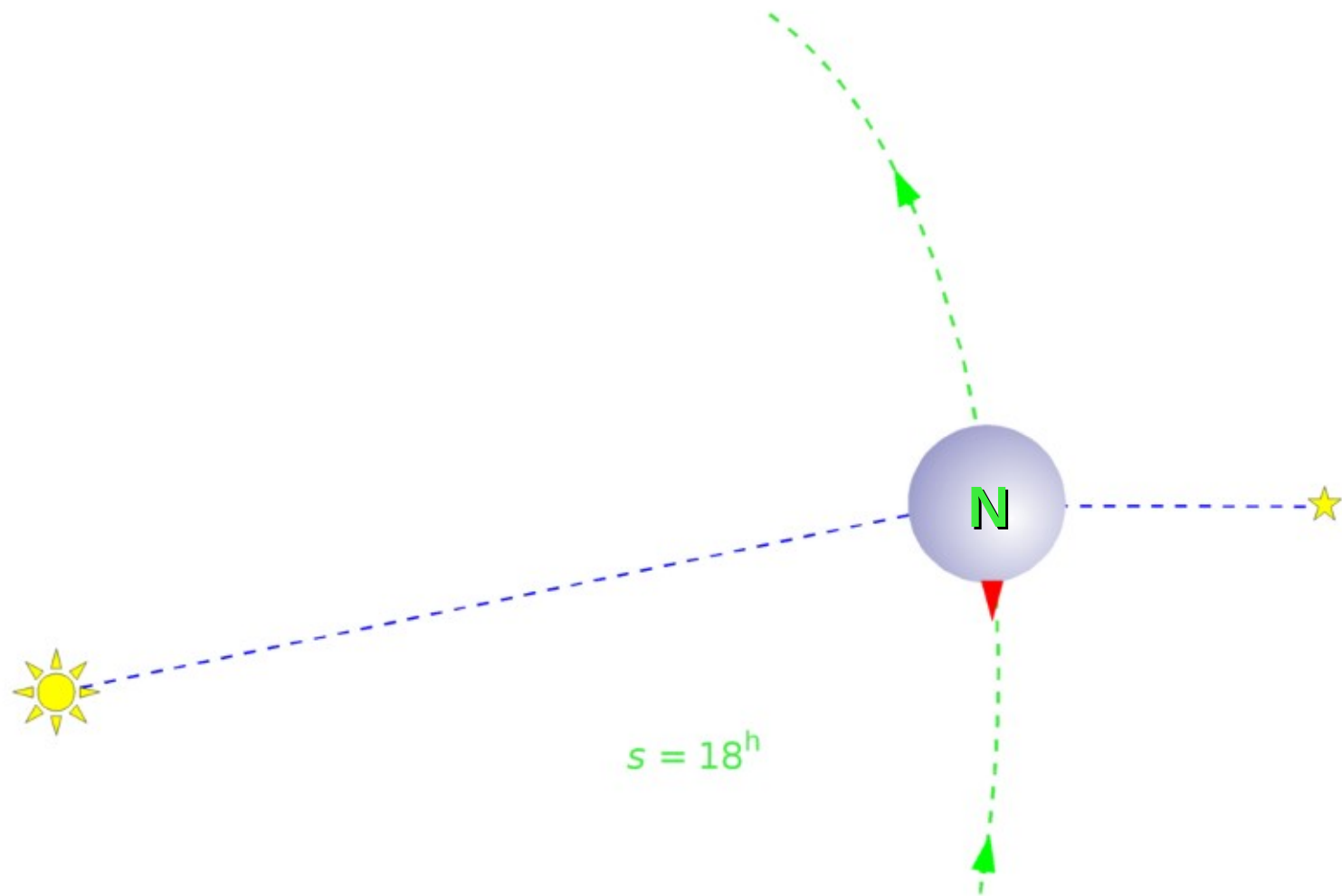
Chodzi o to by początek doby (godzina 0) był o północy.

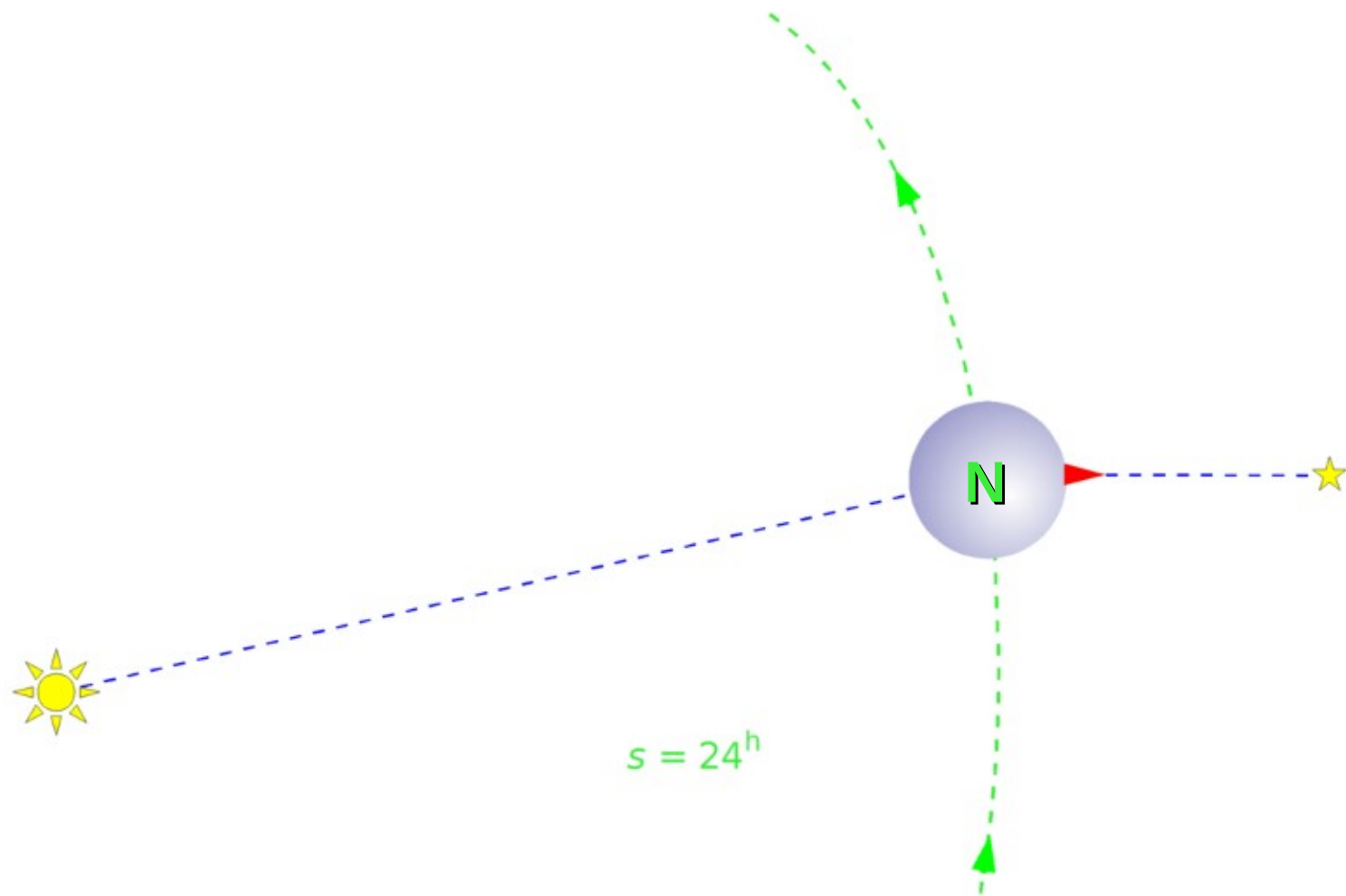




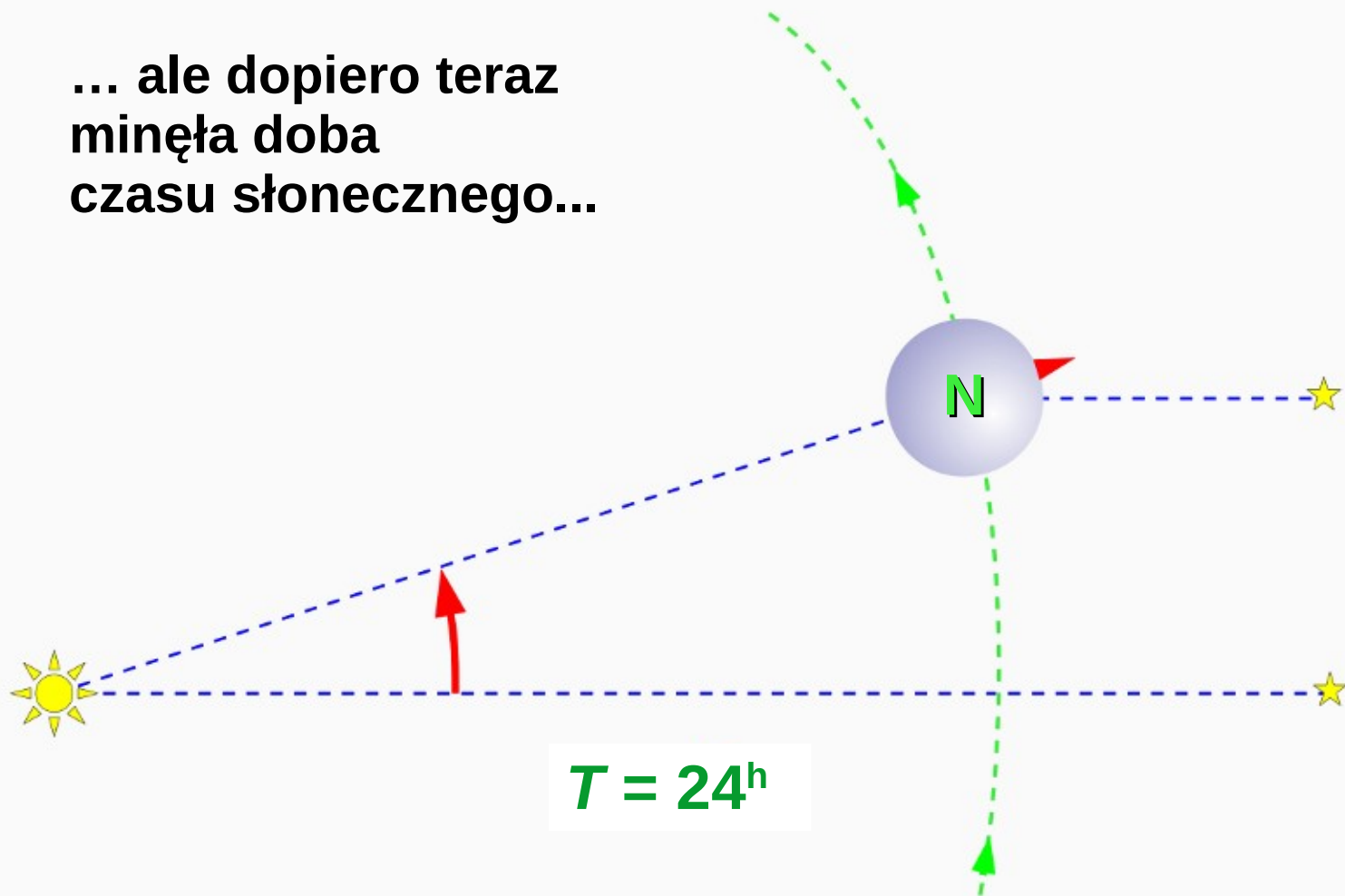


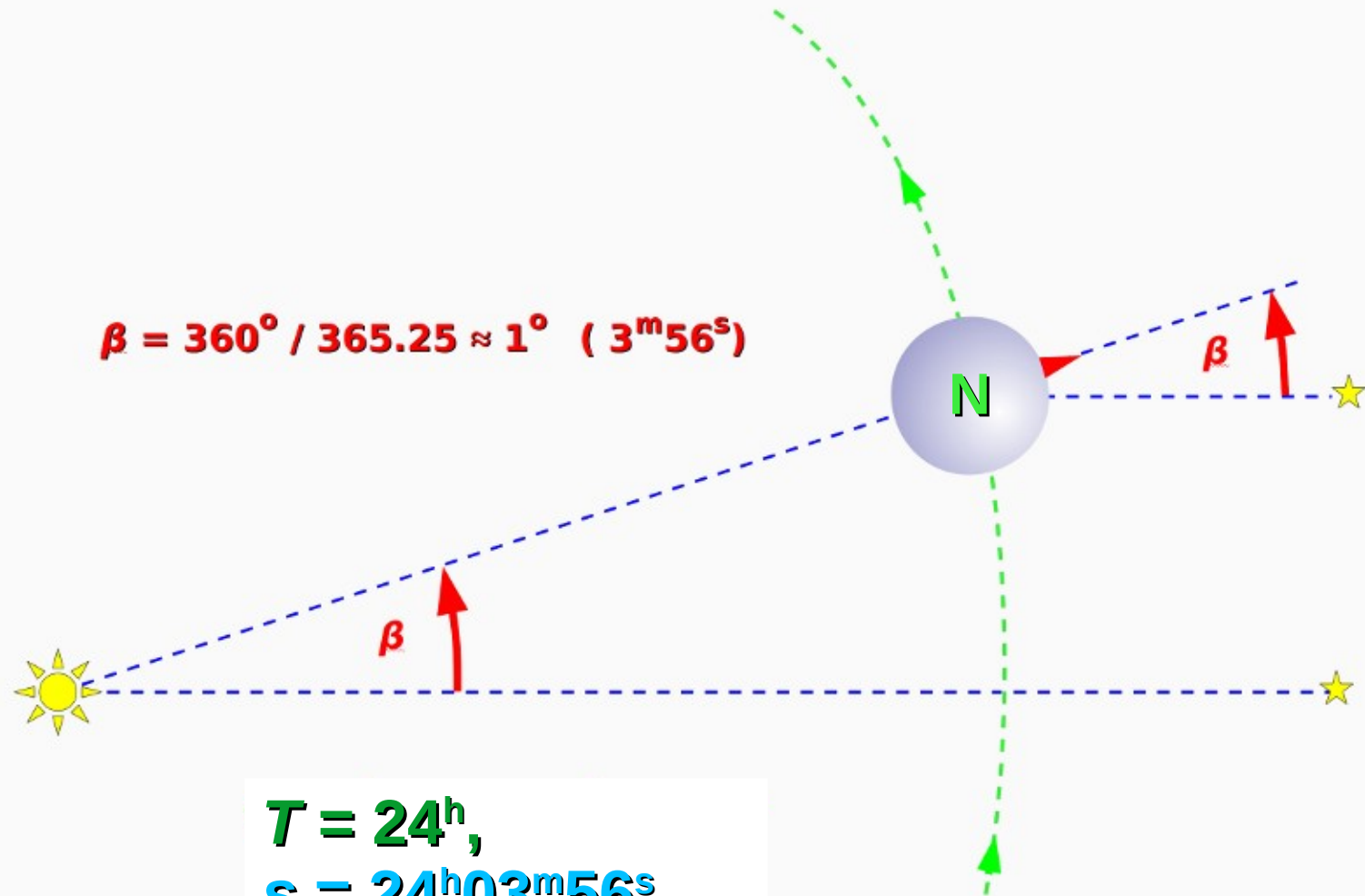






... ale dopiero teraz
minęła doba
czasu słonecznego...

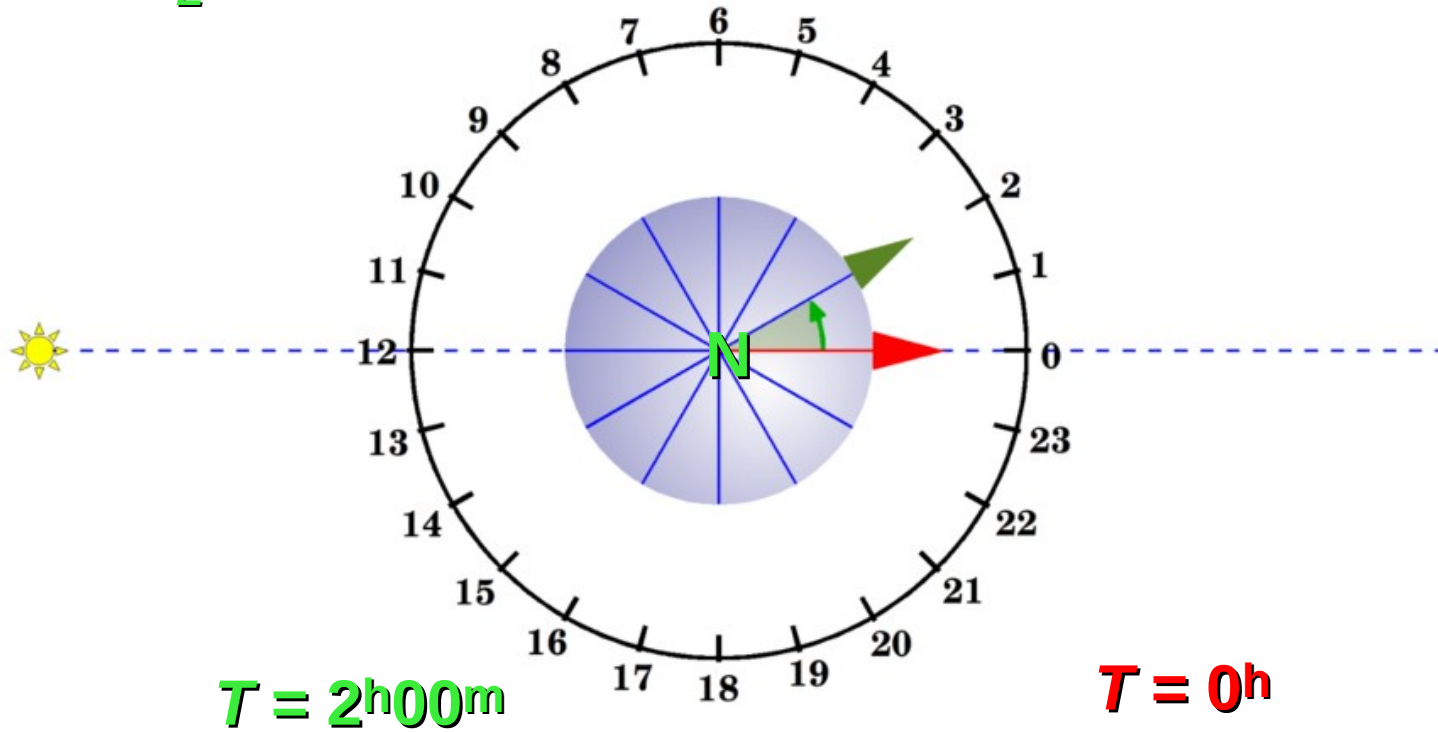




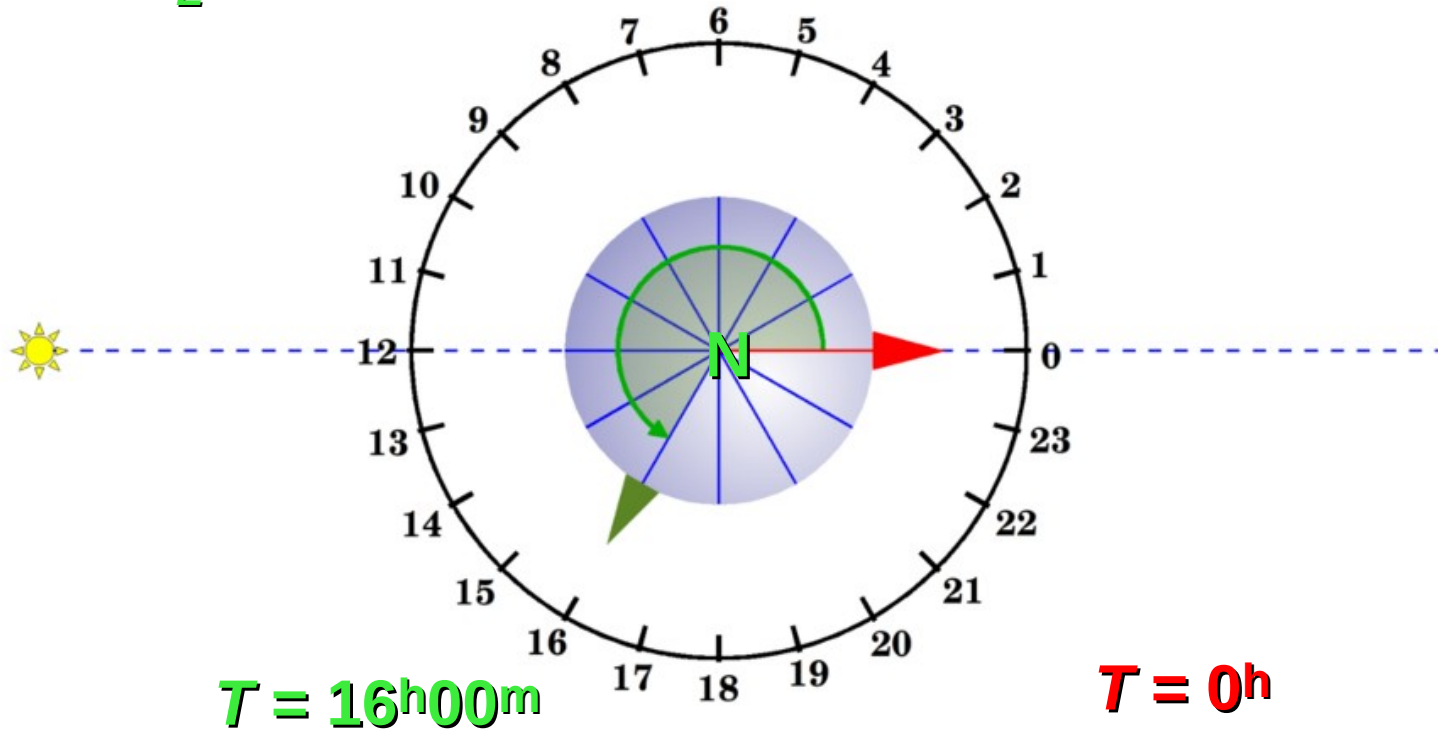
**Czas słoneczny prawdziwy
też jest czasem miejscowym.**

**Wiemy doskonale, że na różnych
długościach geograficznych
jest różny czas.**

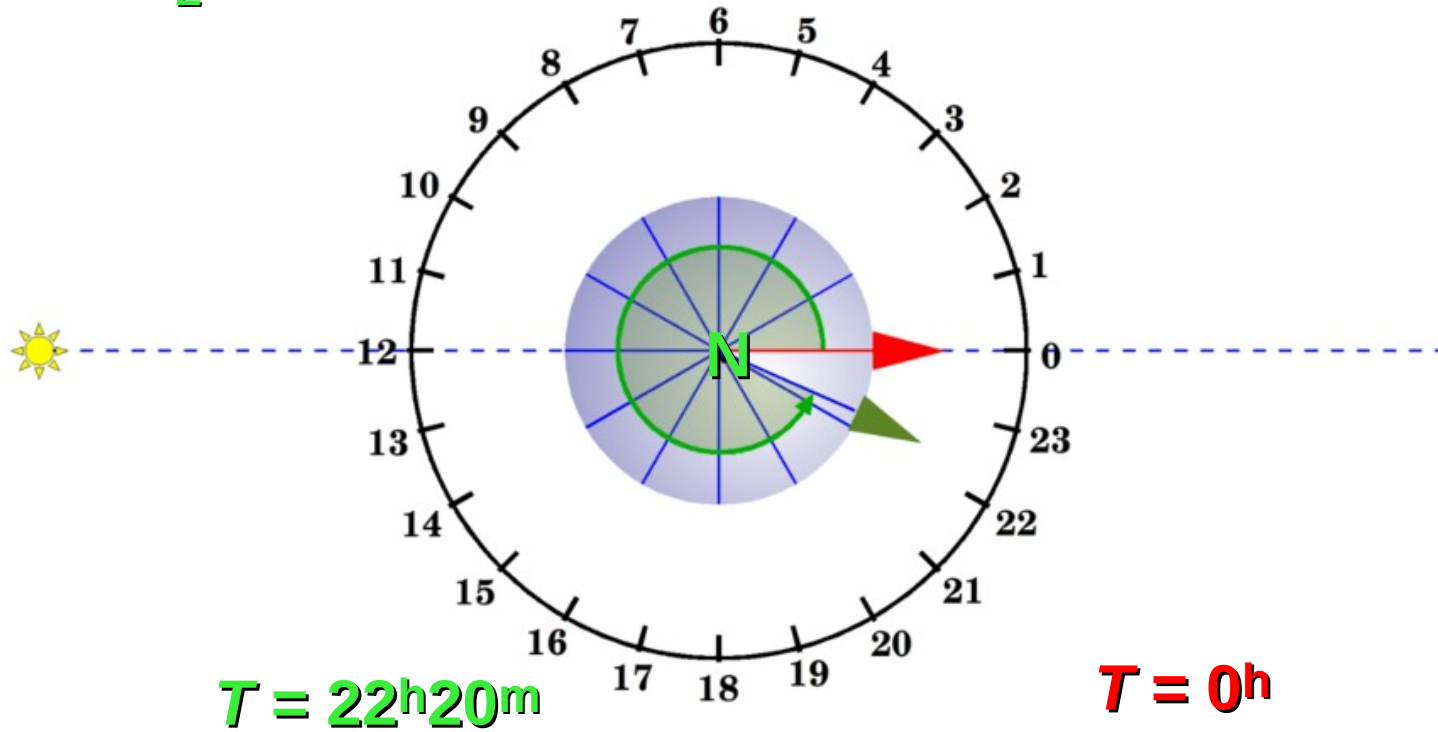
$$\lambda_E = 30^\circ = 2^h$$



$$\lambda_E = 240^\circ = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$



$$\lambda_E = 335^\circ = 22^{\text{h}}20^{\text{m}}$$



Czas słoneczny prawdziwy



też umiemy mierzyć...

Dokładny zegar słoneczny



Fot. Liz West

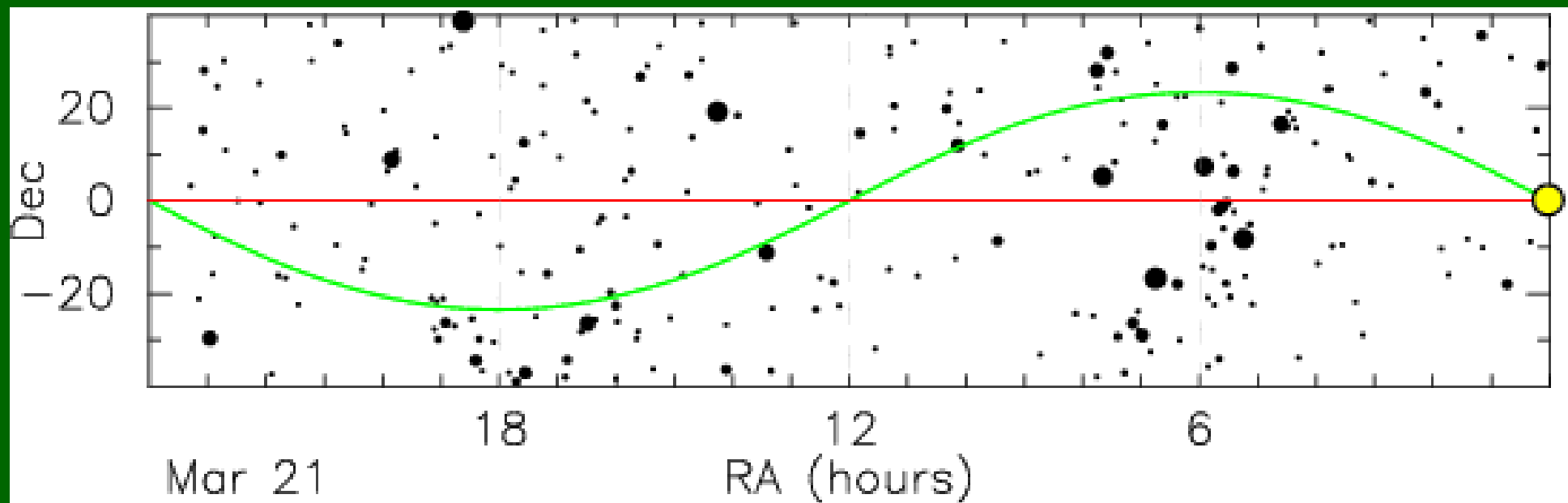


Zegar słoneczny sprzed poznańskiej Palmiarni...

**Na skutek ruchu orbitalnego
Ziemi Słońce zmienia swoją
pozycję na tle gwiazd
nierównomiernie.**

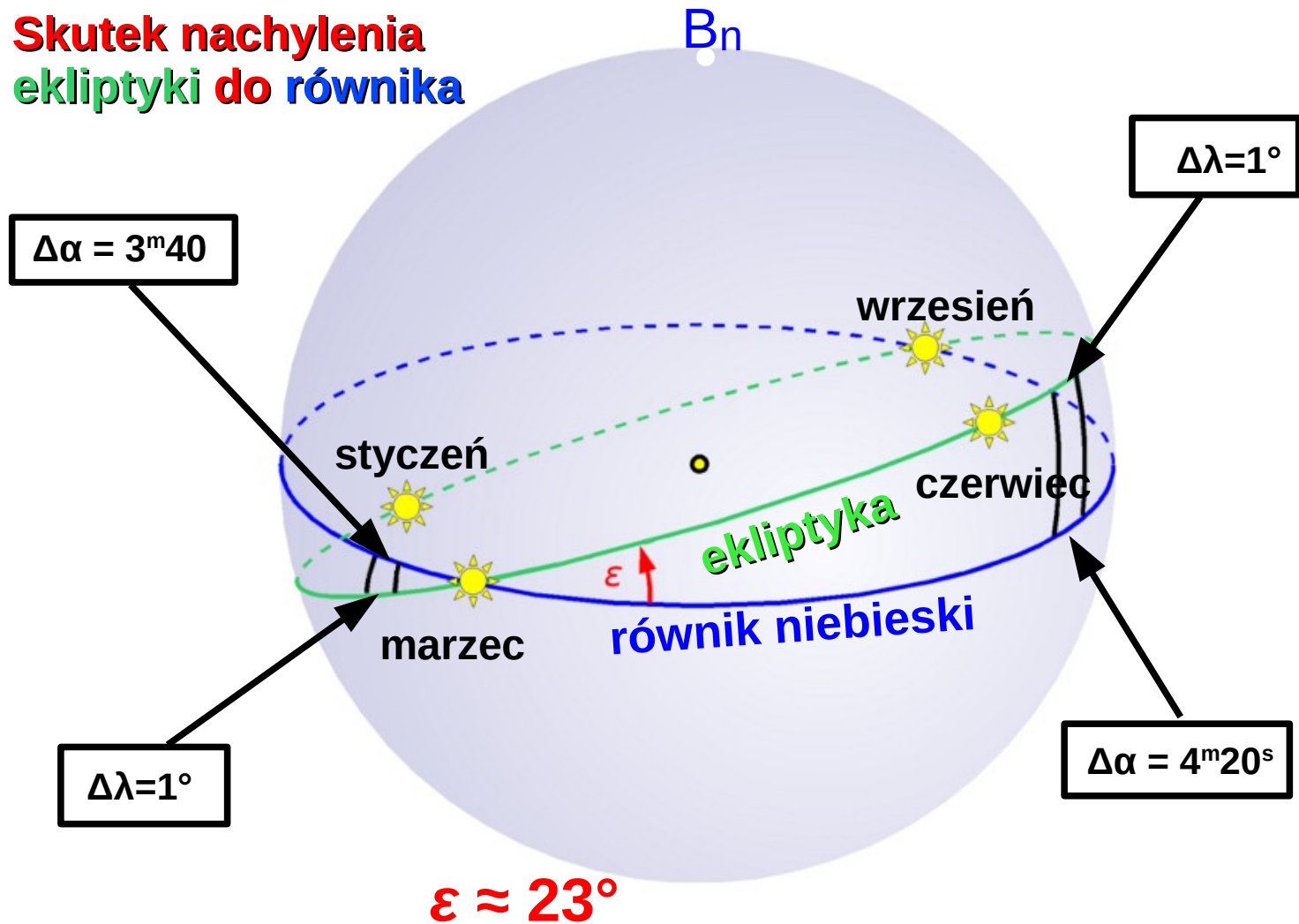
**Rektascensja Słońca rośnie
niejednostajnie tak więc
czas słoneczny prawdziwy jest
czasem niejednostajnym!**

Ruch roczny Słońca

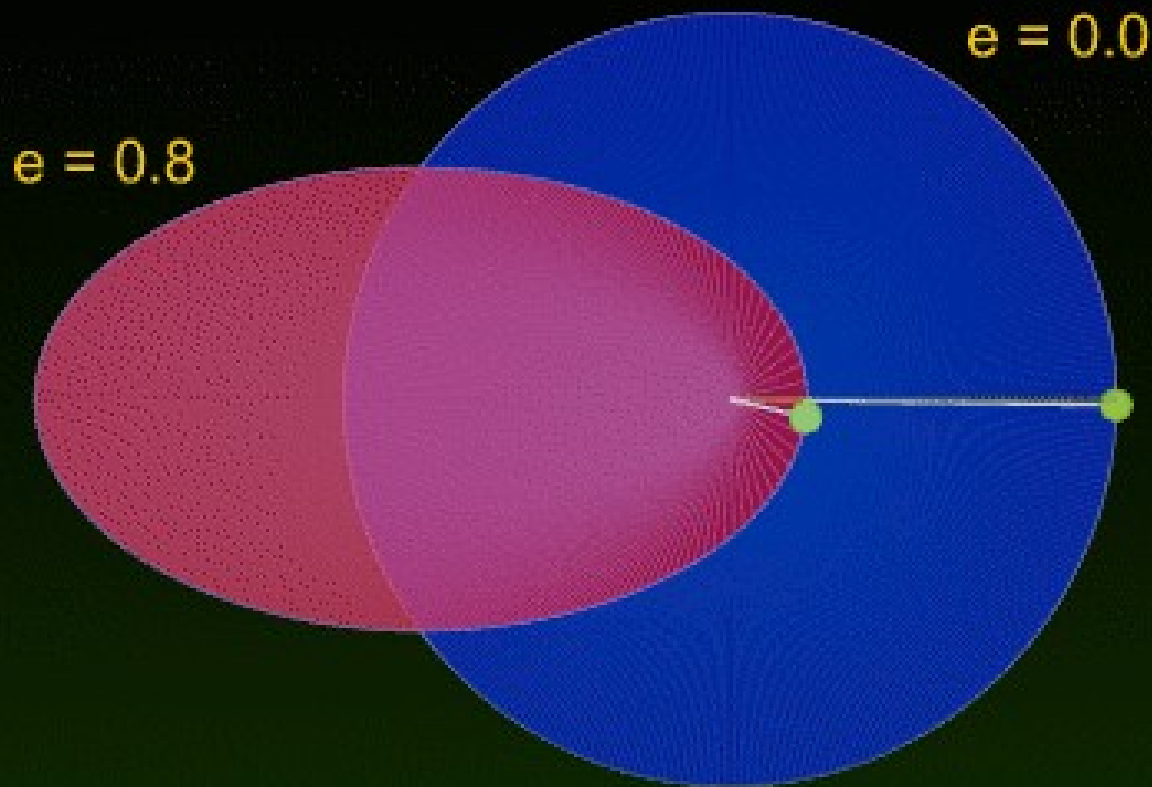


http://www.dur.ac.uk/john.lucey/users/solar_year.gif

**Skutek nachylenia
ekliptyki do równika**



Dwie orbity o identycznym okresie



Ziemia
przechodzi
przez
peryhelium
ok. 4 stycznia
a przez
aphelium
ok. 5 lipca.

By Garry R. Osgood

Równanie czasu (prawdziwy - średni)

[min]

+15

+10

+5

0

5

-10

-15

nachylenie ekliptyki



eliptyczność orbity



1 Sty

1 Mar

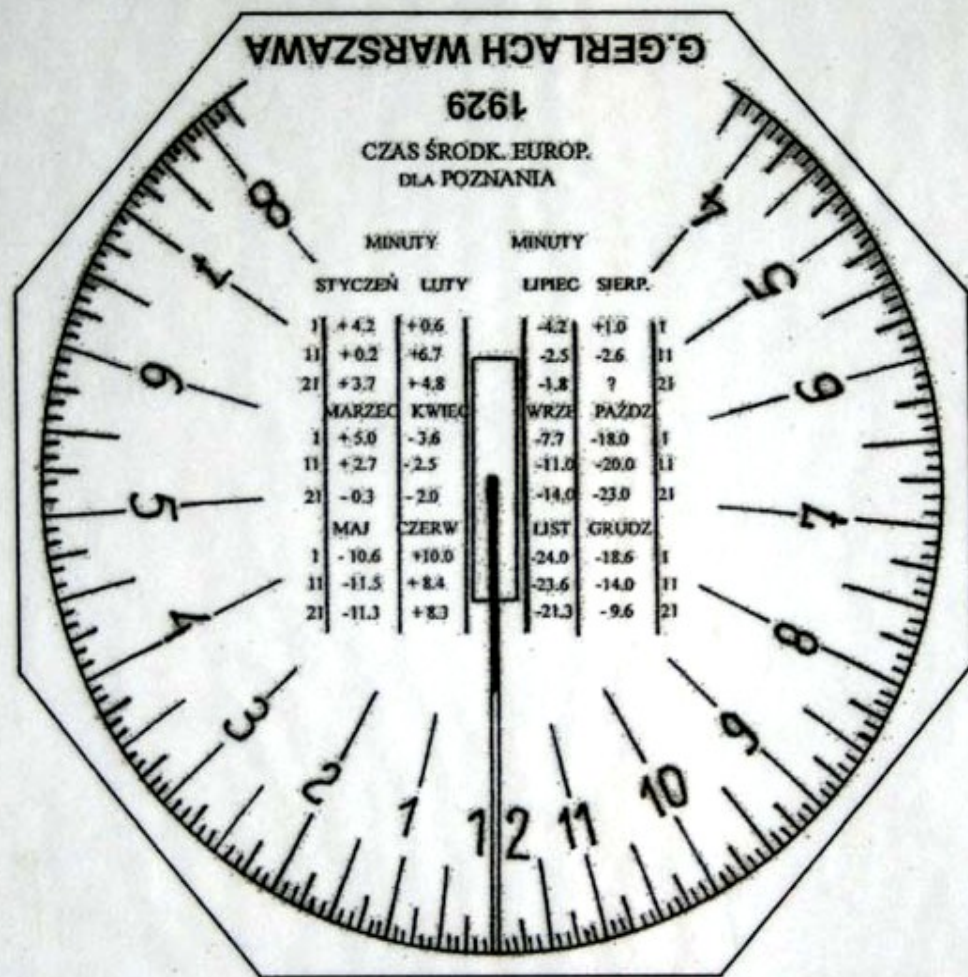
1 Maj

1 Lip

1 Wrz

1 List

1 Sty



**Tarcza
zegara
słonecznego
sprzed
Palmiarni**

Czas słoneczny średni

Od 1925 roku średni czas słoneczny
mierzy się od północy.

Jest to kąt godzinny Słońca średniego
powiększony o 12 godzin.

Słońce średnie to fikcyjny punkt
na równiku niebieskim, który porusza się
jednostajnie, ze średnią prędkością
Słońca prawdziwego.

Czas uniwersalny UT

Pojęcie czasu uniwersalnego wprowadzono rezolucją IAU w 1935 roku. Zdefiniowany został jako średni czas słoneczny w Greenwich, czyli:

UT = średni czas gwiazdowy w Greenwich - rektascensja Słońca średniego

Współcześnie najczęściej jako czasu uniwersalnego używa się czasu UT1, który jest obserwowanym czasem UT poprawionym o chwilowy ruch bieguna.

Od 1984 roku związek między średnim czasem gwiazdowym w Greenwich a średnim czasem słonecznym UT1 określał wzór:

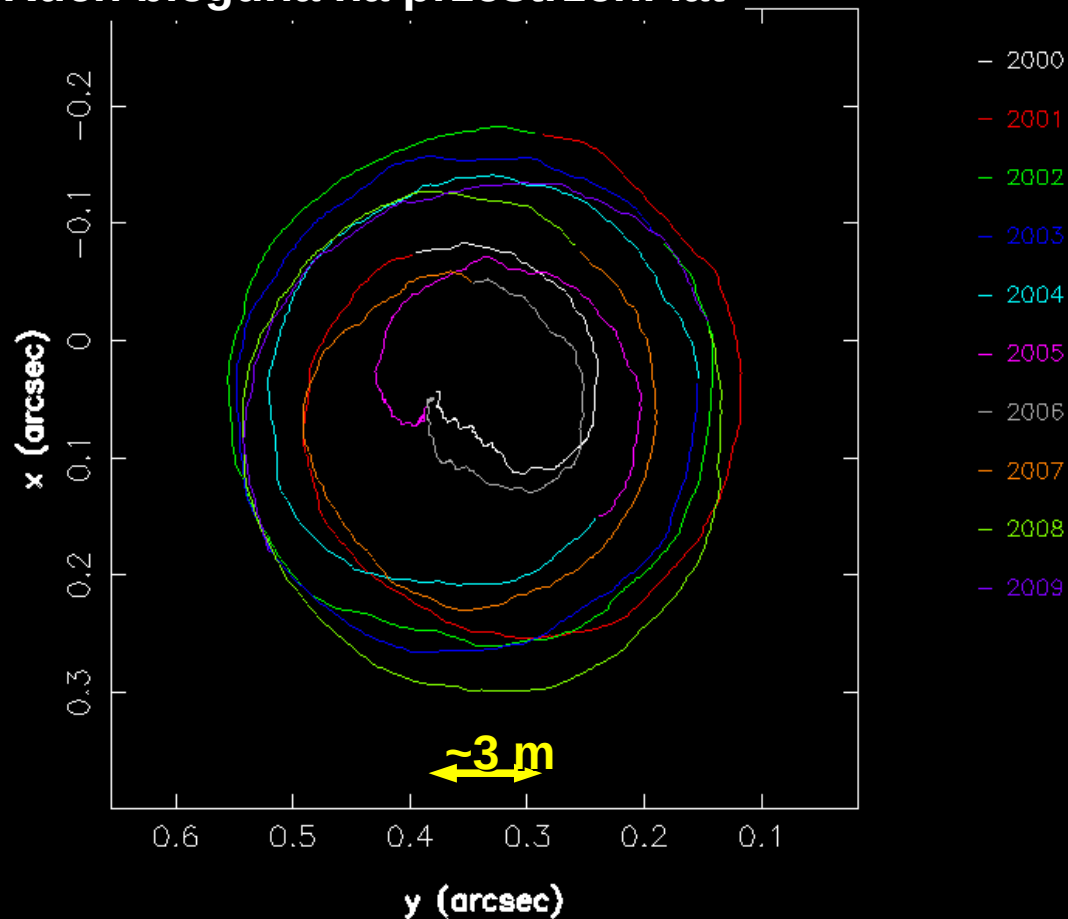
$$\text{GMST1 of } 0^{\text{h}}\text{UT1} = 24110^{\text{s}}.54841 + 8640184^{\text{s}}.812866 T_{\text{u}} + 0^{\text{s}}.093104 T_{\text{u}}^2 - 6.2 \times 10^{-6} T_{\text{u}}^3$$

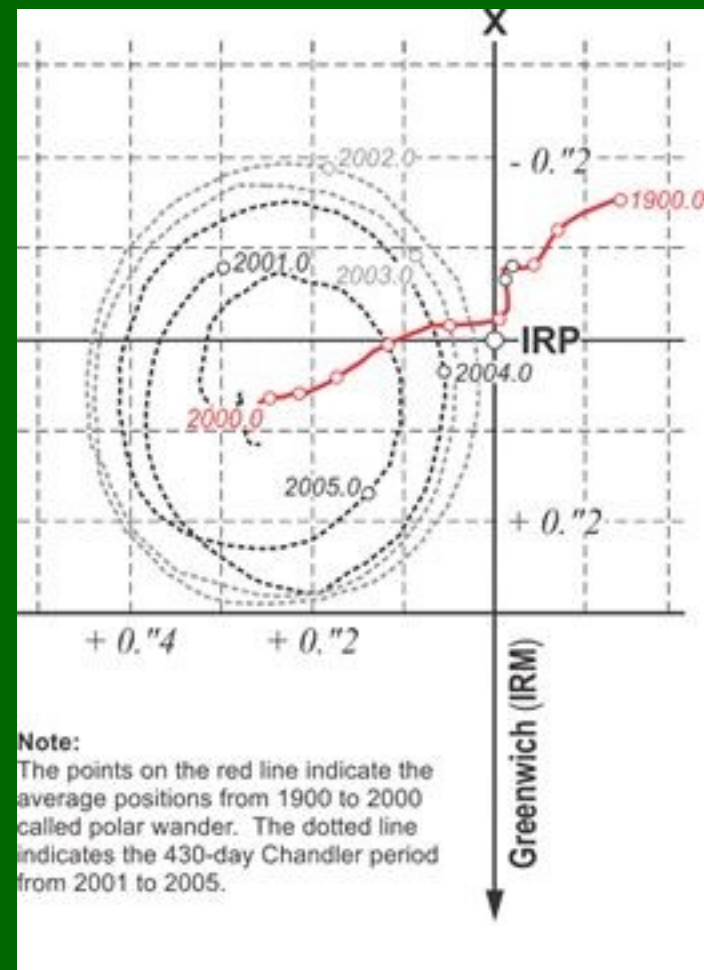
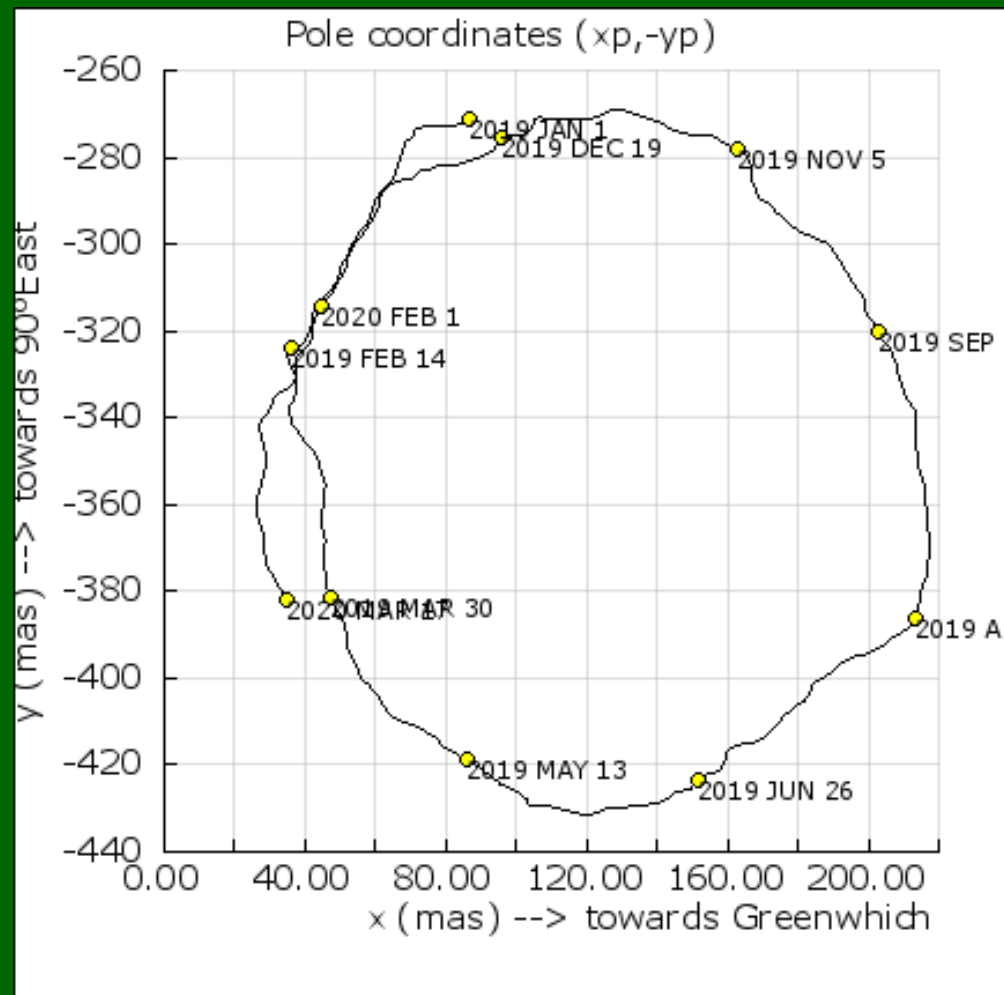
gdzie T_{u} to interwał w stuleciach od 1 stycznia 2000 12^h UT1.

Dalsze kłopoty – nierównomierność rotacji Ziemi

- Ruchy bieguna ziemskiego
- Spowalnianie pływowe – Księżyc i Słońce
- Zmiany sezonowe – atmosfera i hydrosfera
- Zmiany rozkładu masy – ruchy tektoniczne

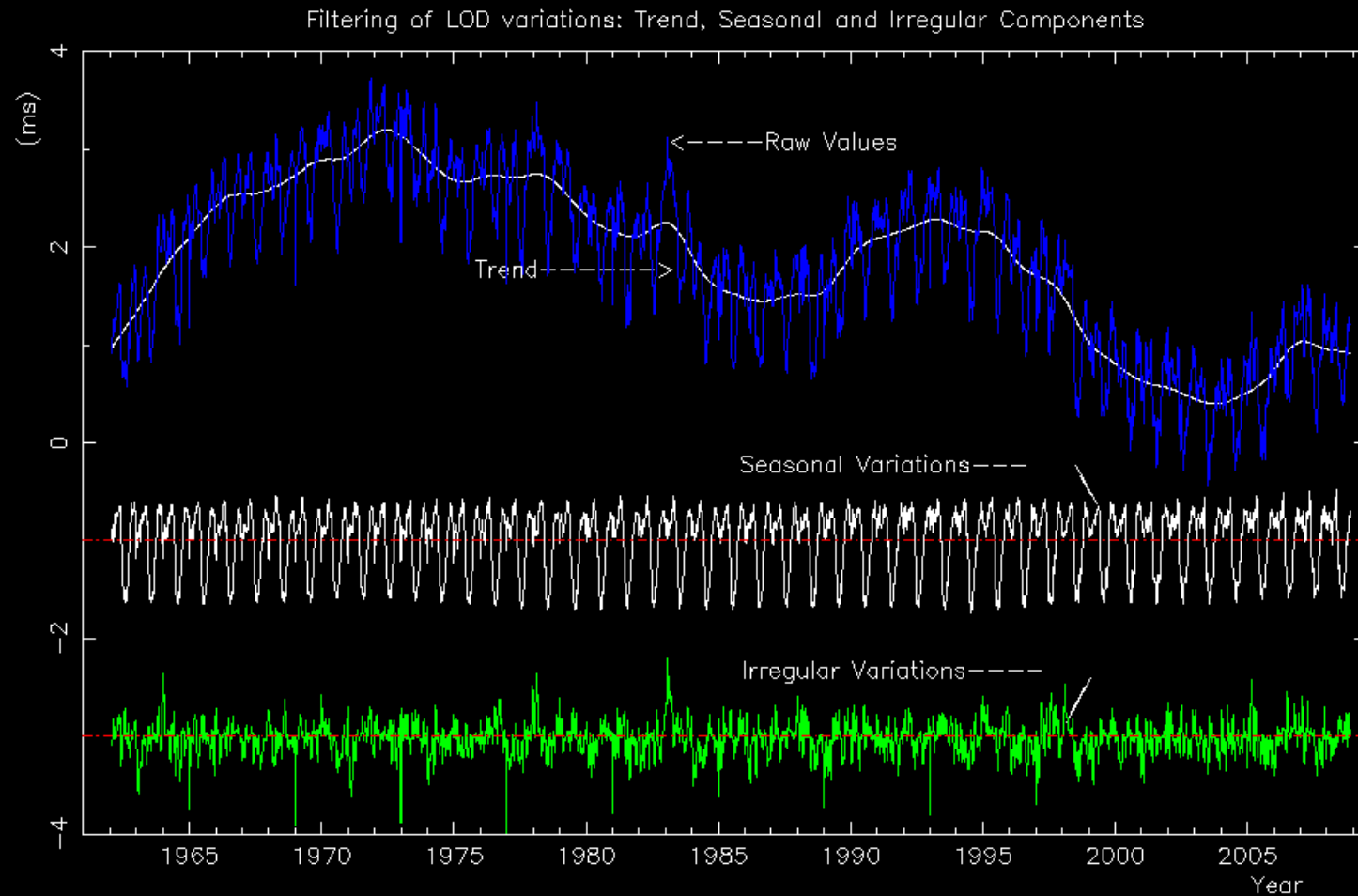
POLAR MOTION
Ruch bieguna na przestrzeni lat





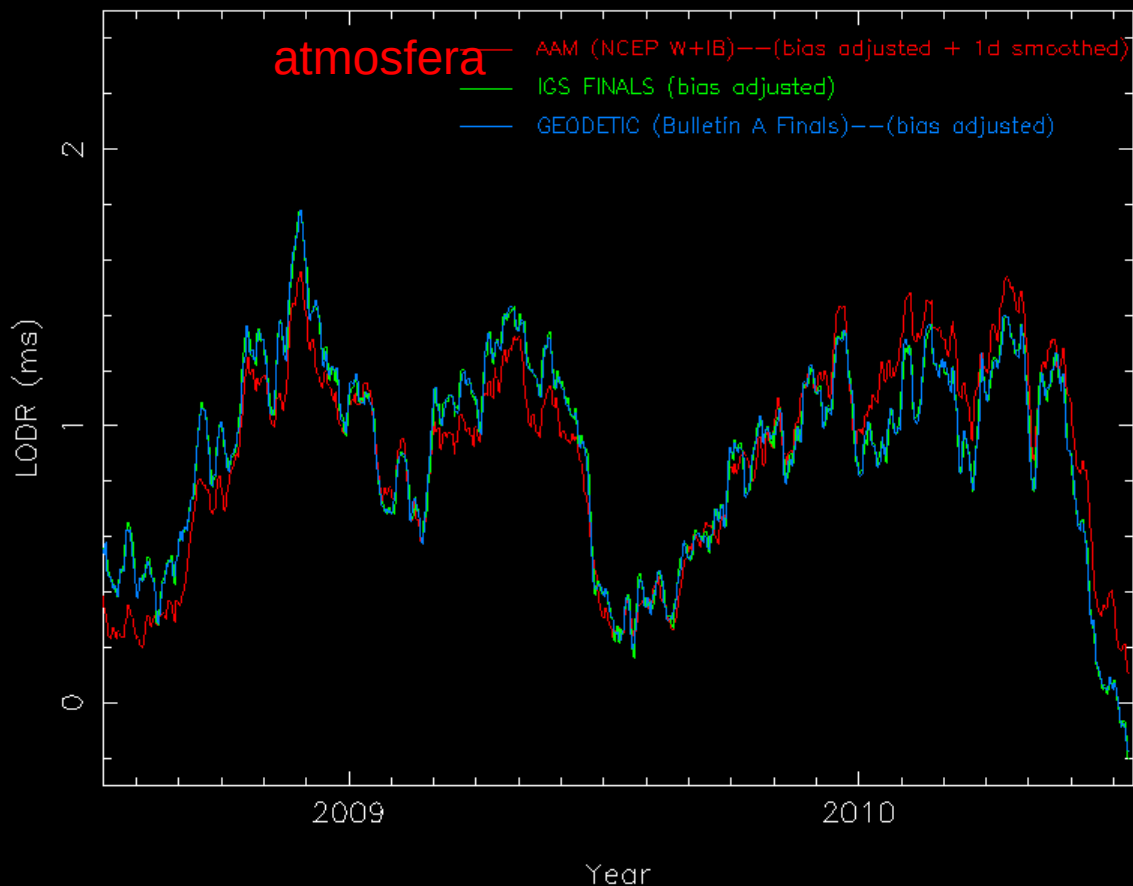
Source: GPS for Land Surveyors

<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/images/pole.png>



http://iers.obspm.fr/eop-pc/earthor/ut1lod/lod_elfil.gif

Zmiany długości doby a pogoda



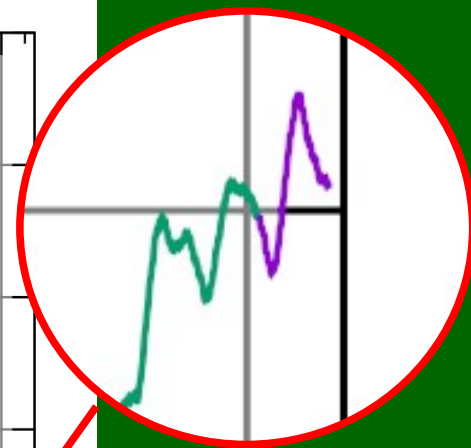
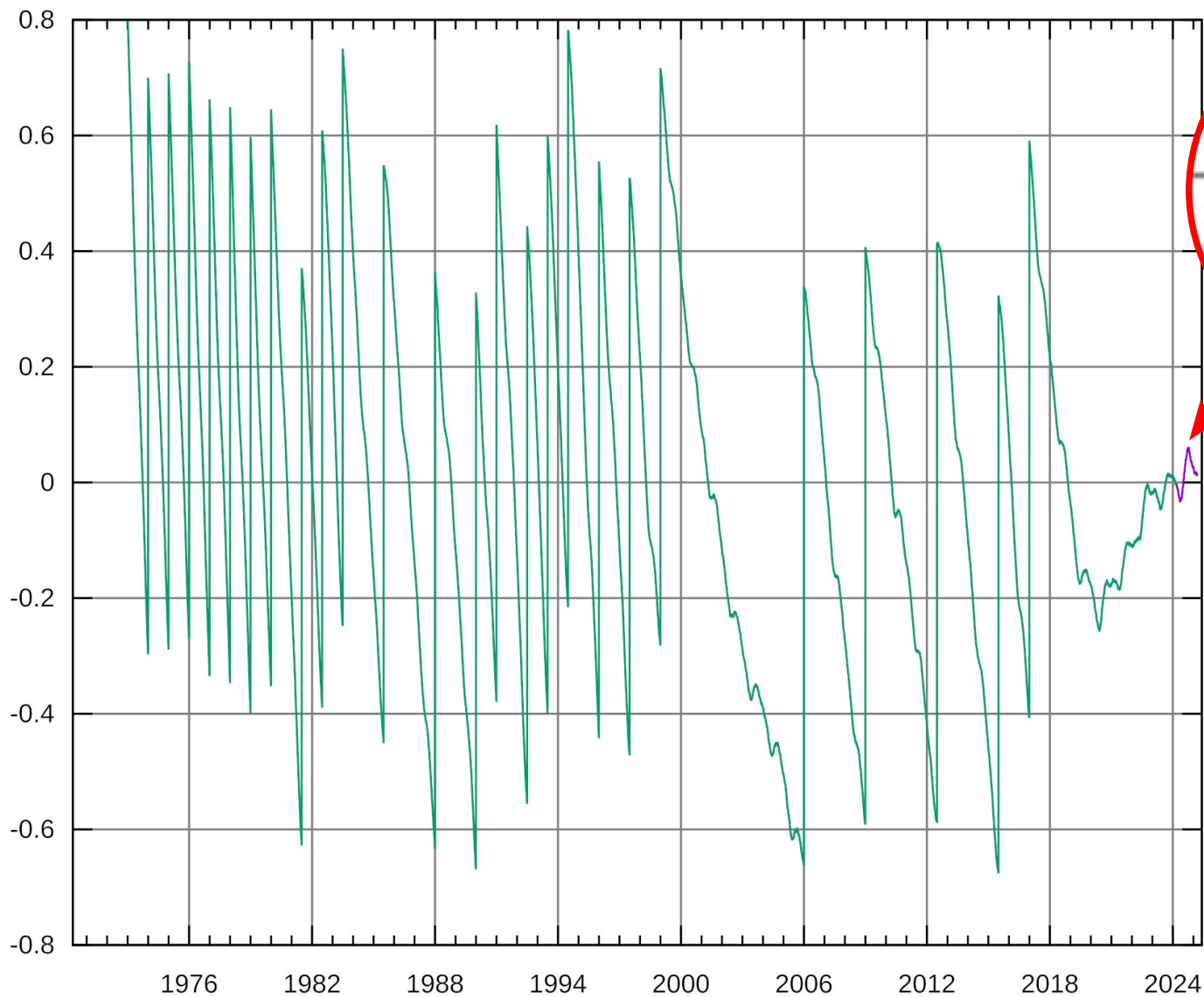
<http://maia.usno.navy.mil/plot-eop.html>

Czas uniwersalny

- UT0 – czas średni wyliczony z obserwacji
- UT1 – czas UT0 poprawiony na ruch bieguna
- UT1R – czas UT1 poprawiony na nierównomierności pływowe
- UT2 – czas poprawiony na zmiany sezonowe
- UTC – czas uniwersalny koordynowany (od 1972), podstawa – czas atomowy

Różnica $|\Delta T = \text{UTC} - \text{UT1}|$ nie większa niż 0.9 s.

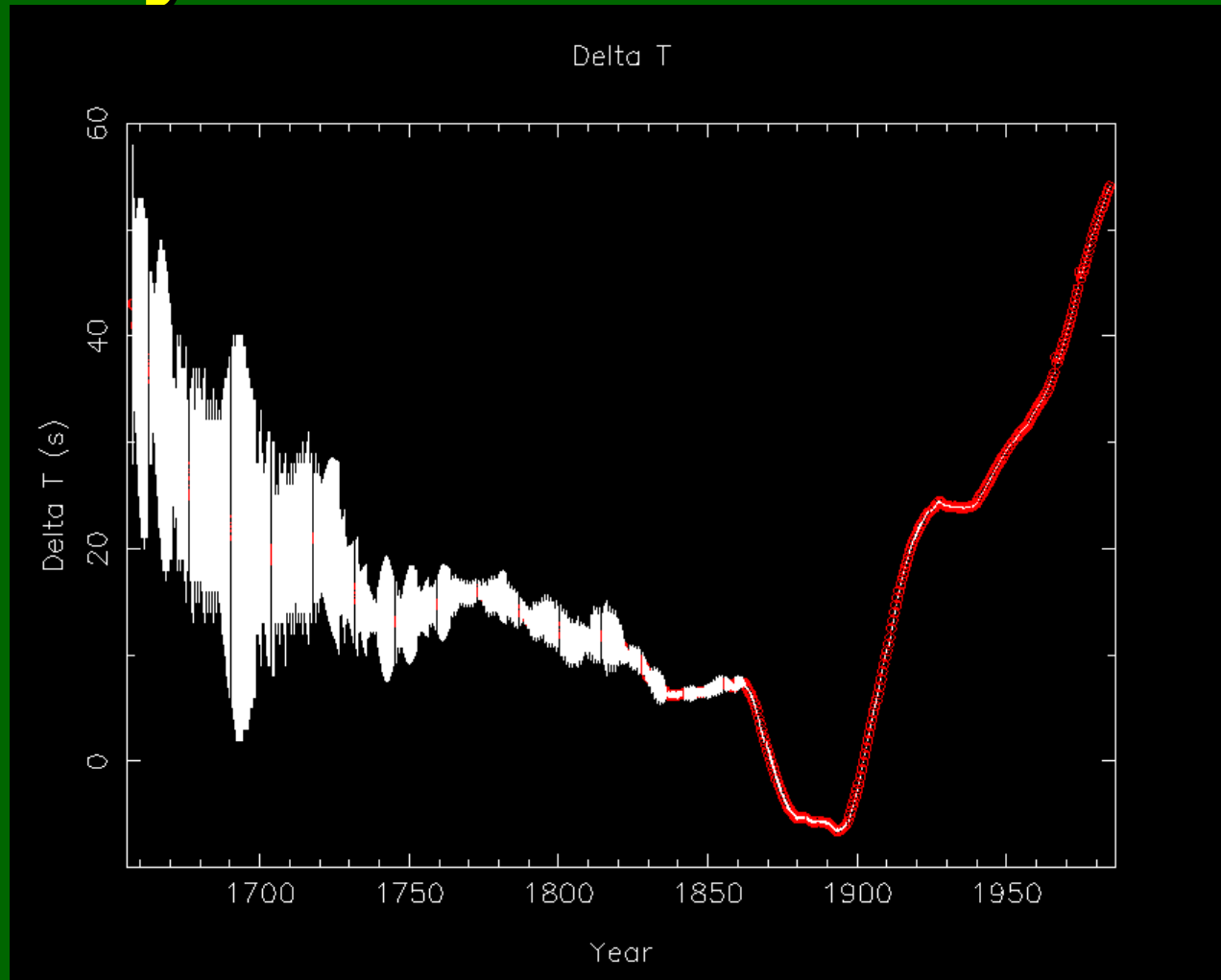
Jeśli dochodzi do 0.6 s – sekunda przestępna!



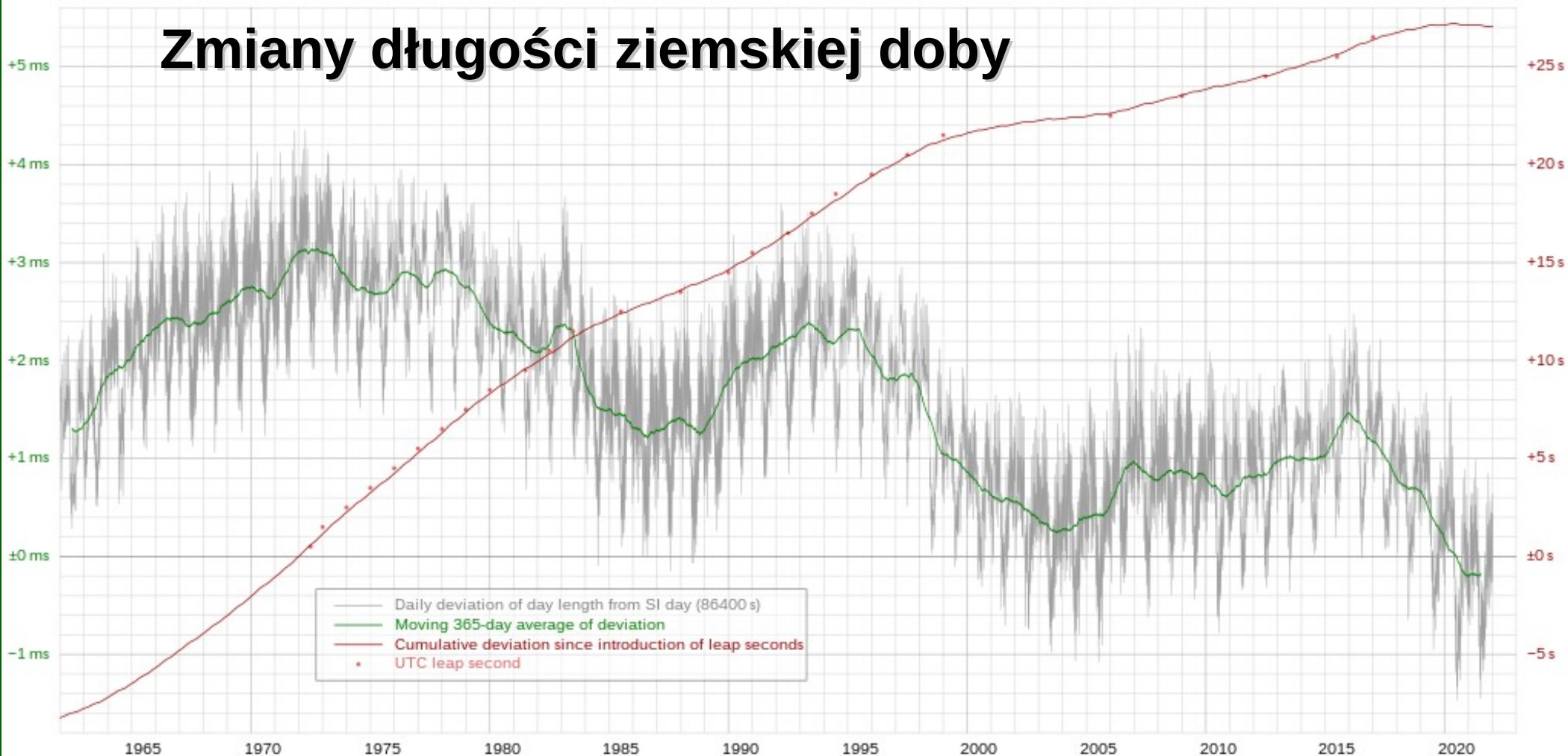
**UT1 – UTC:
sekundy
przestępne**

**Ostatnia sekunda
przestępna została
wprowadzona
z końcem
grudnia 2016**

Historyczne wartości $\Delta T = TT - UT1$



Zmiany długości ziemskiej doby



sekunda SI = 9 192 631 770 cykli promieniowania cezu 133

Koniec części pierwszej