

Wykład udostępniam na licencji Creative Commons:

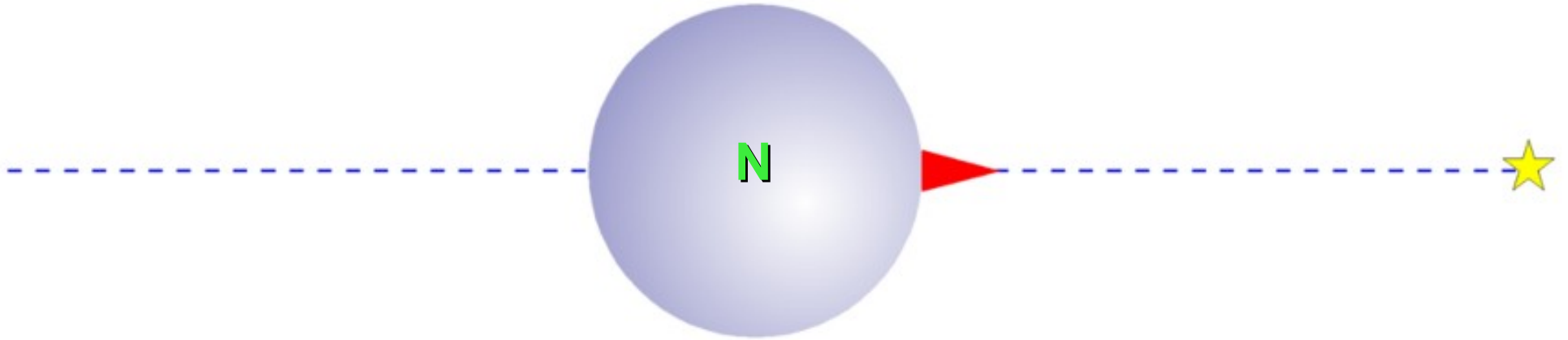


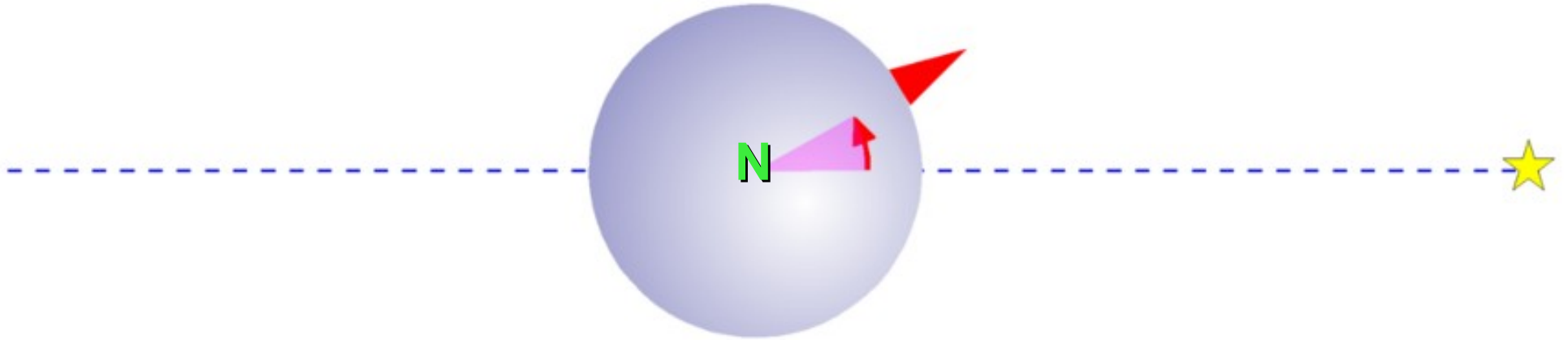
# Ziemia jako zegar

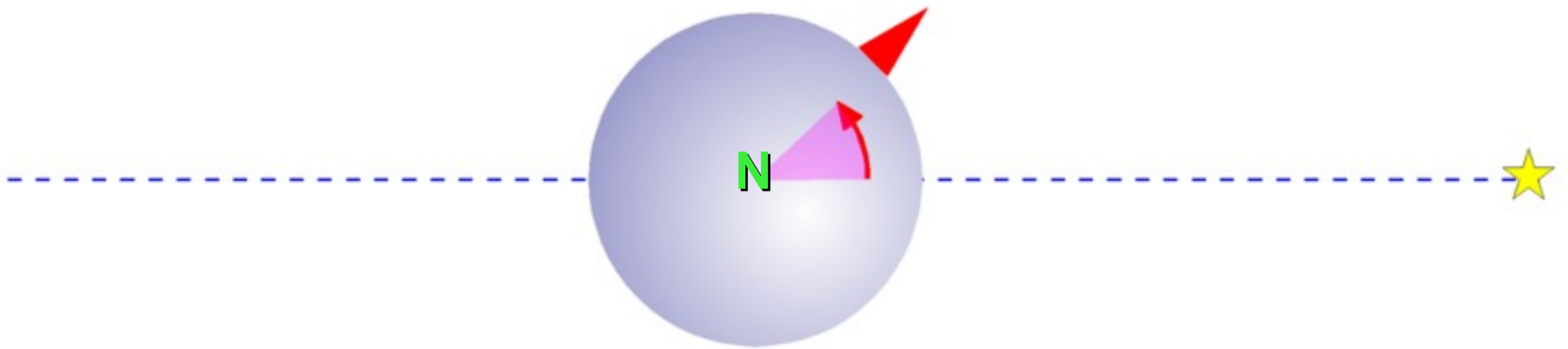
**Piotr A. Dybczyński**

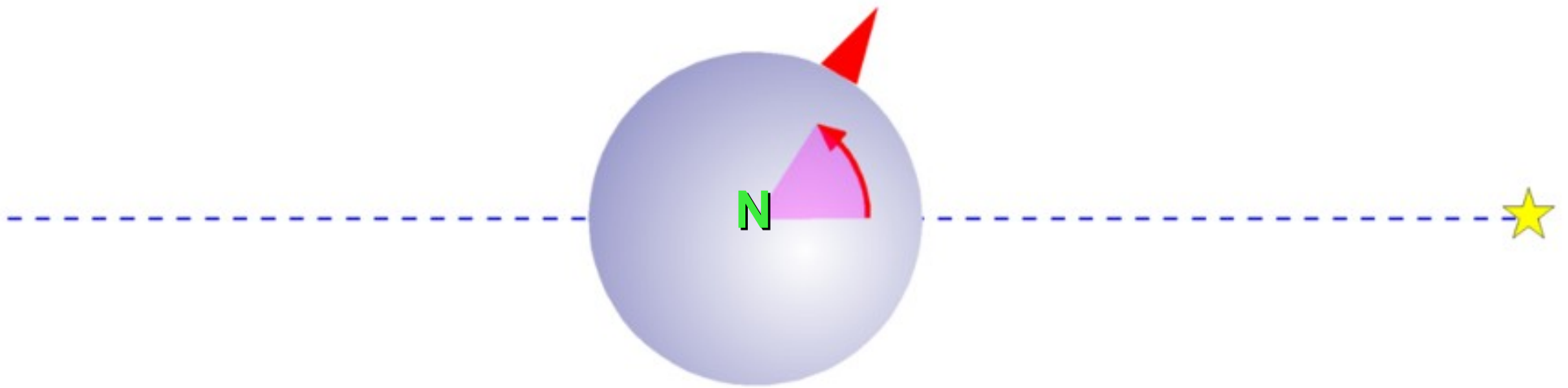


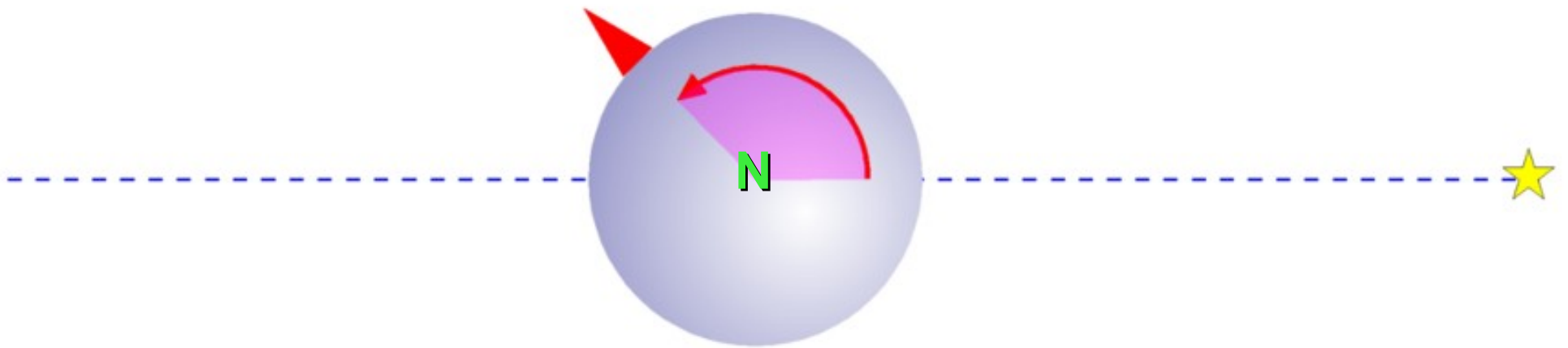
**Czas gwiazdowy s**



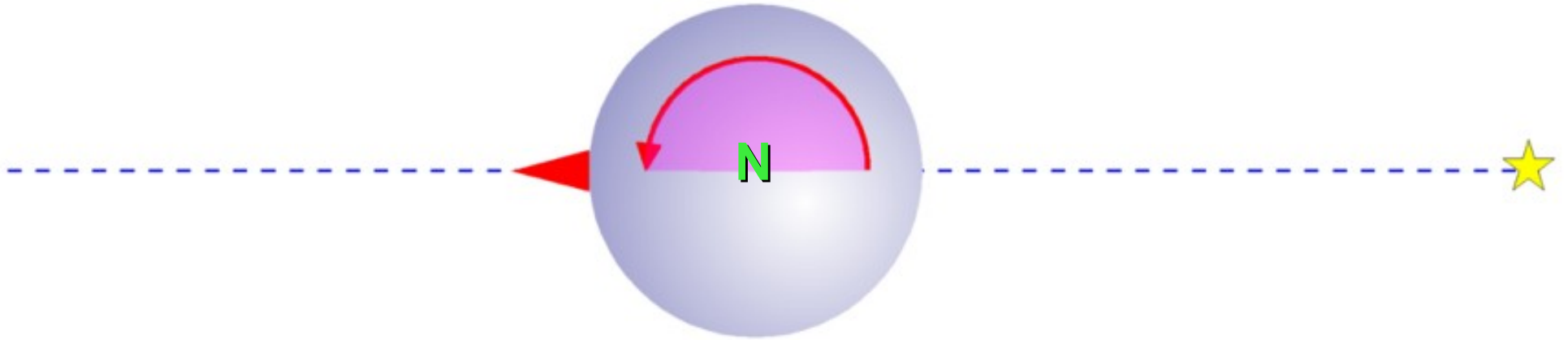


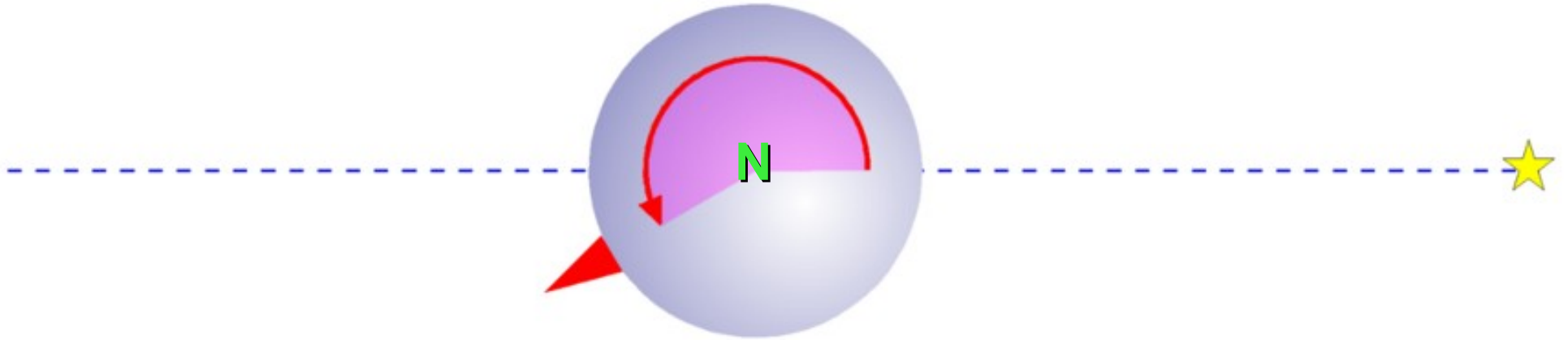


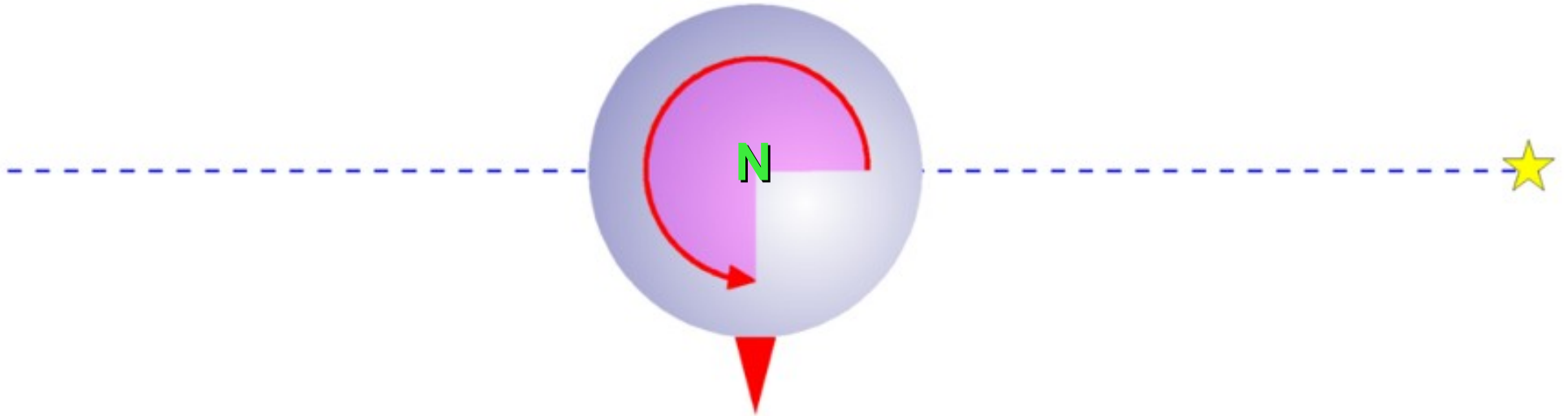


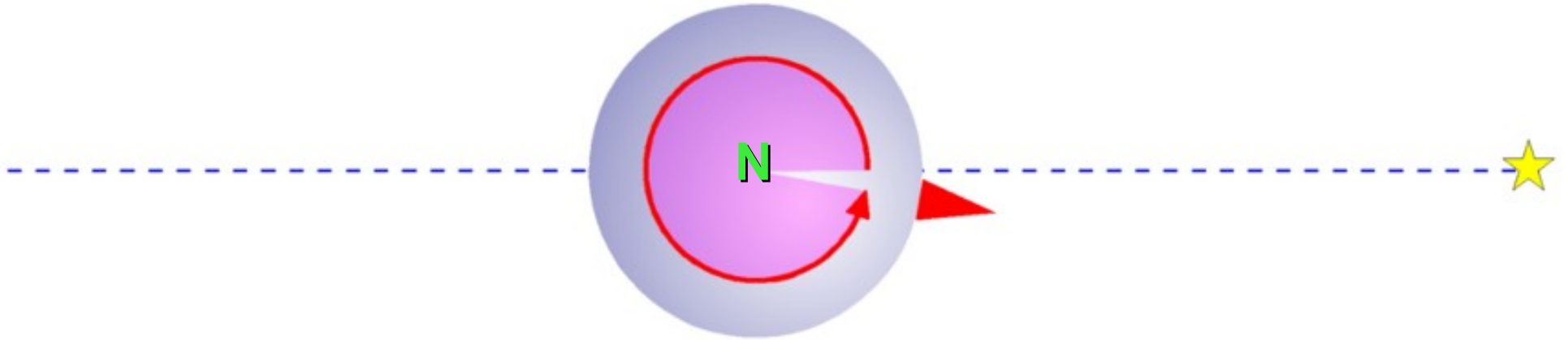


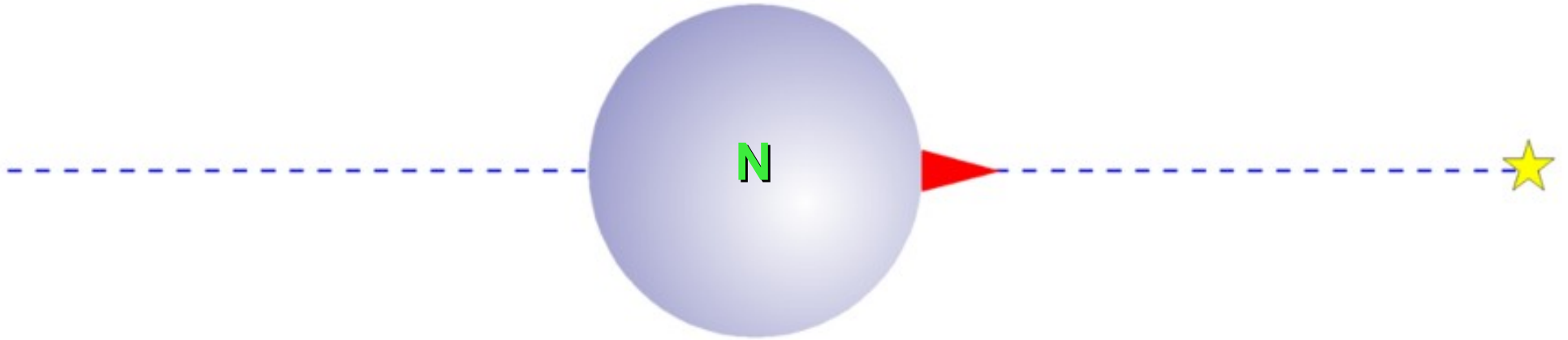


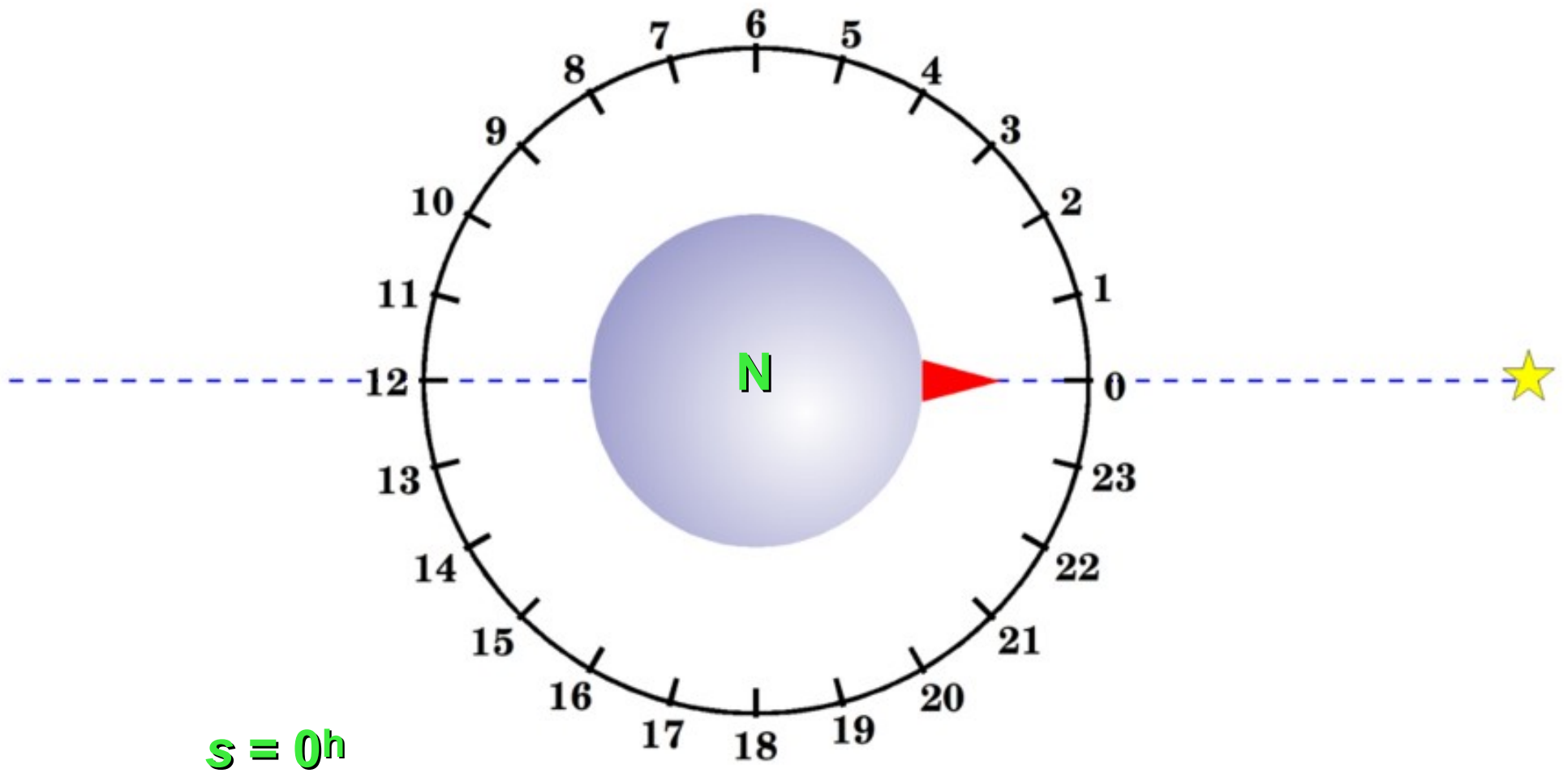


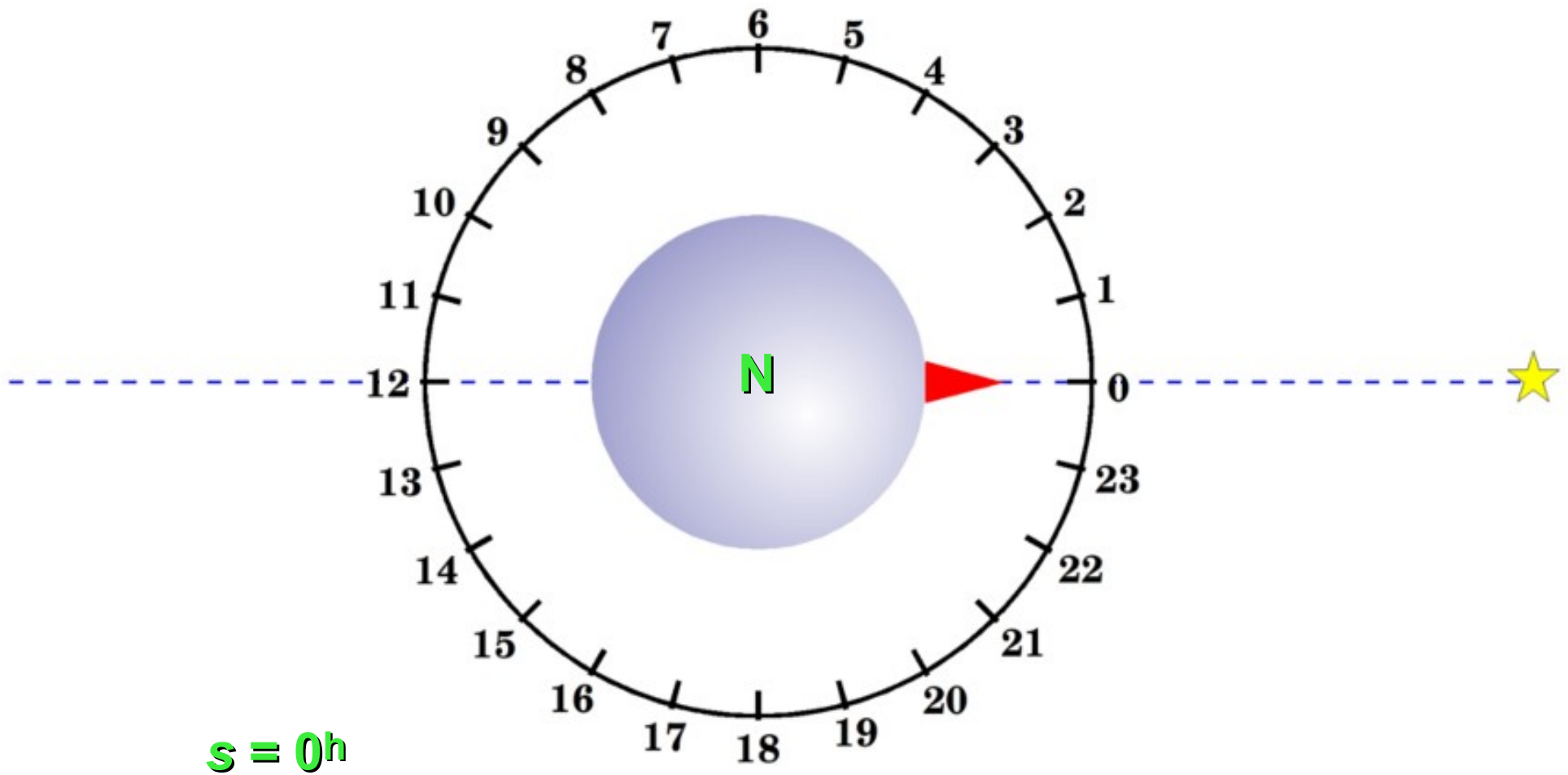




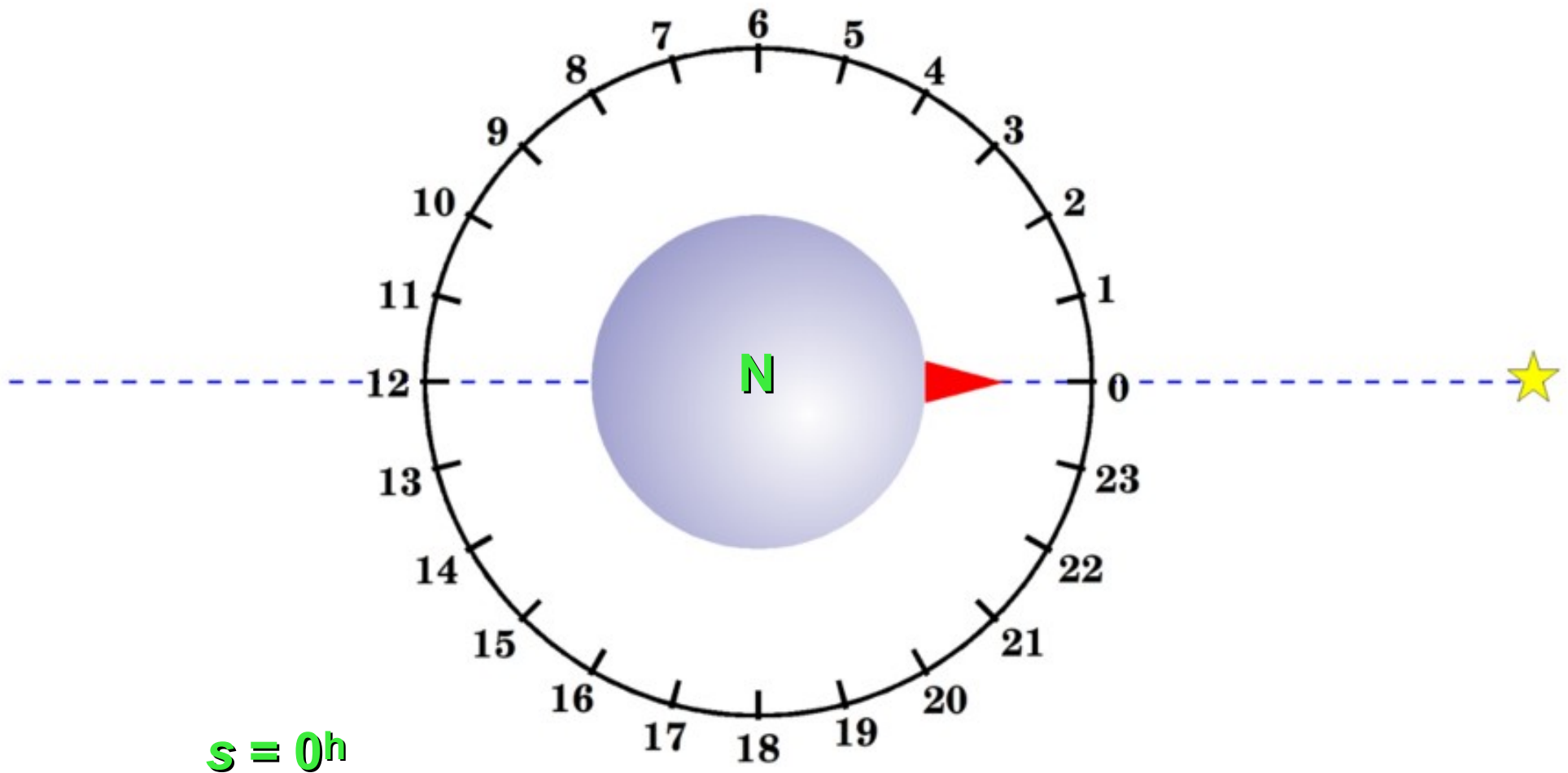








Czemu taka dziwna tarcza?



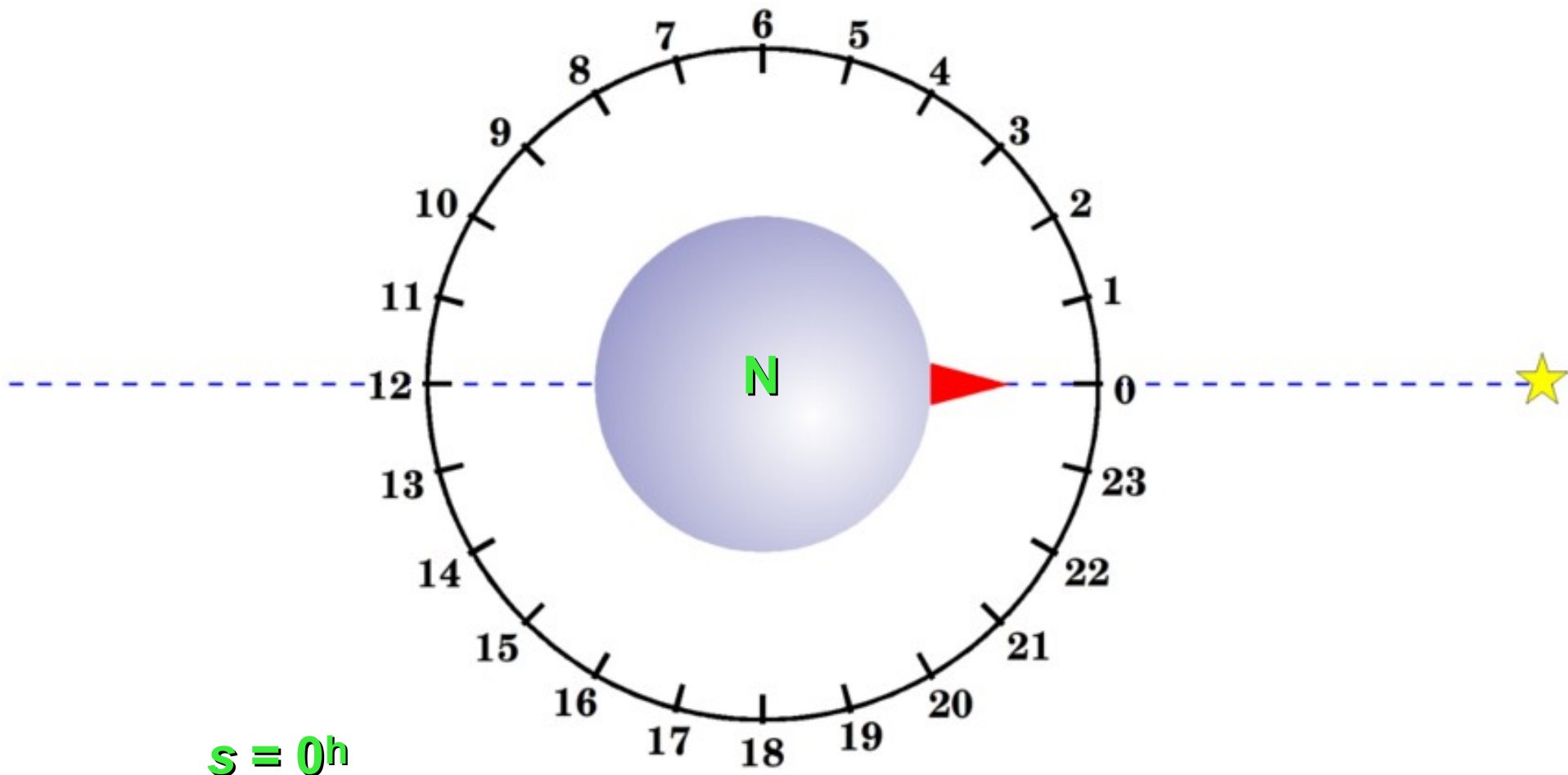
$s = 0h$

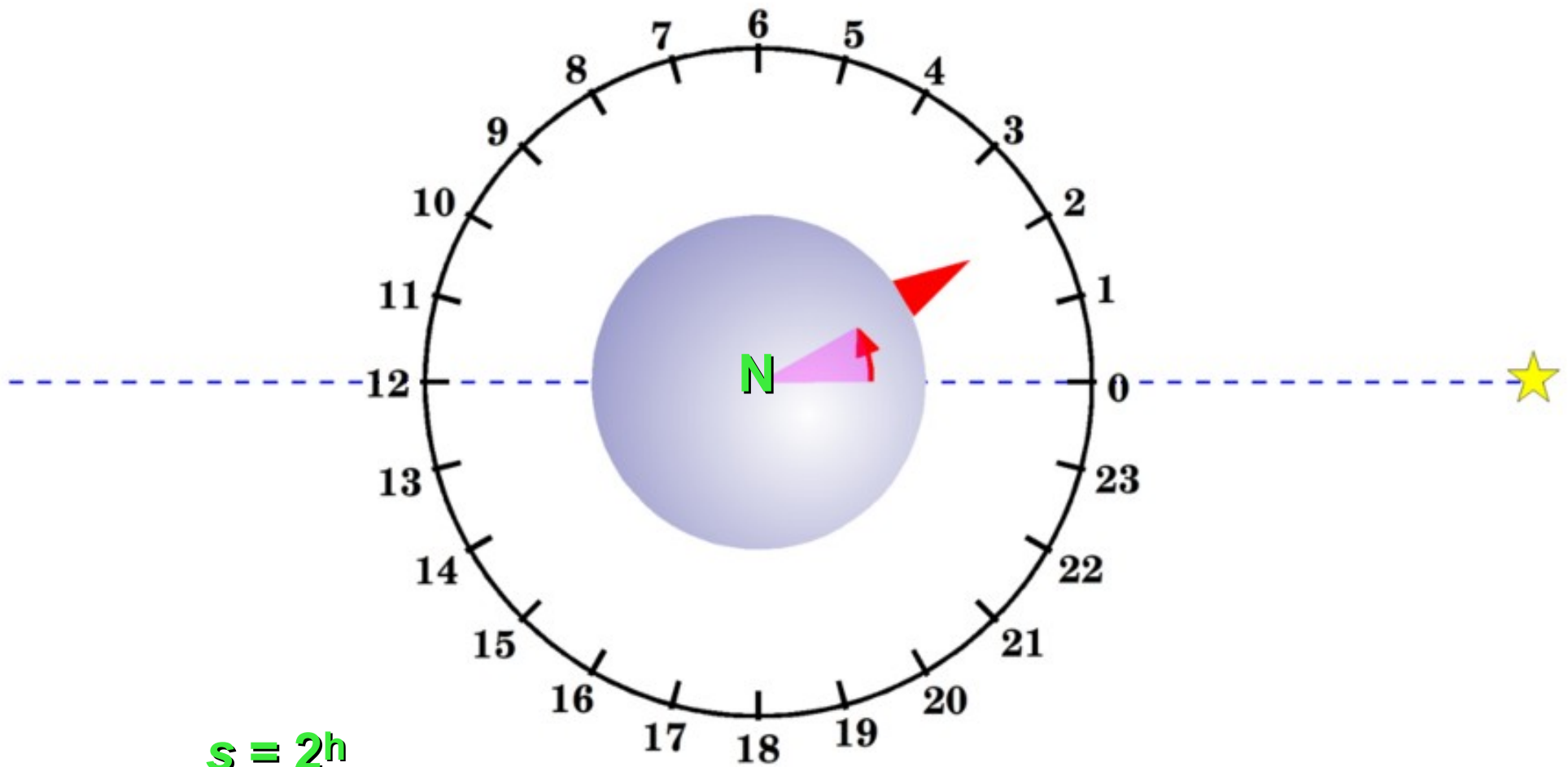
**Czemu taka dziwna tarcza?  
Bo astronomowie mierzą niektóre kąty w godzinach...**



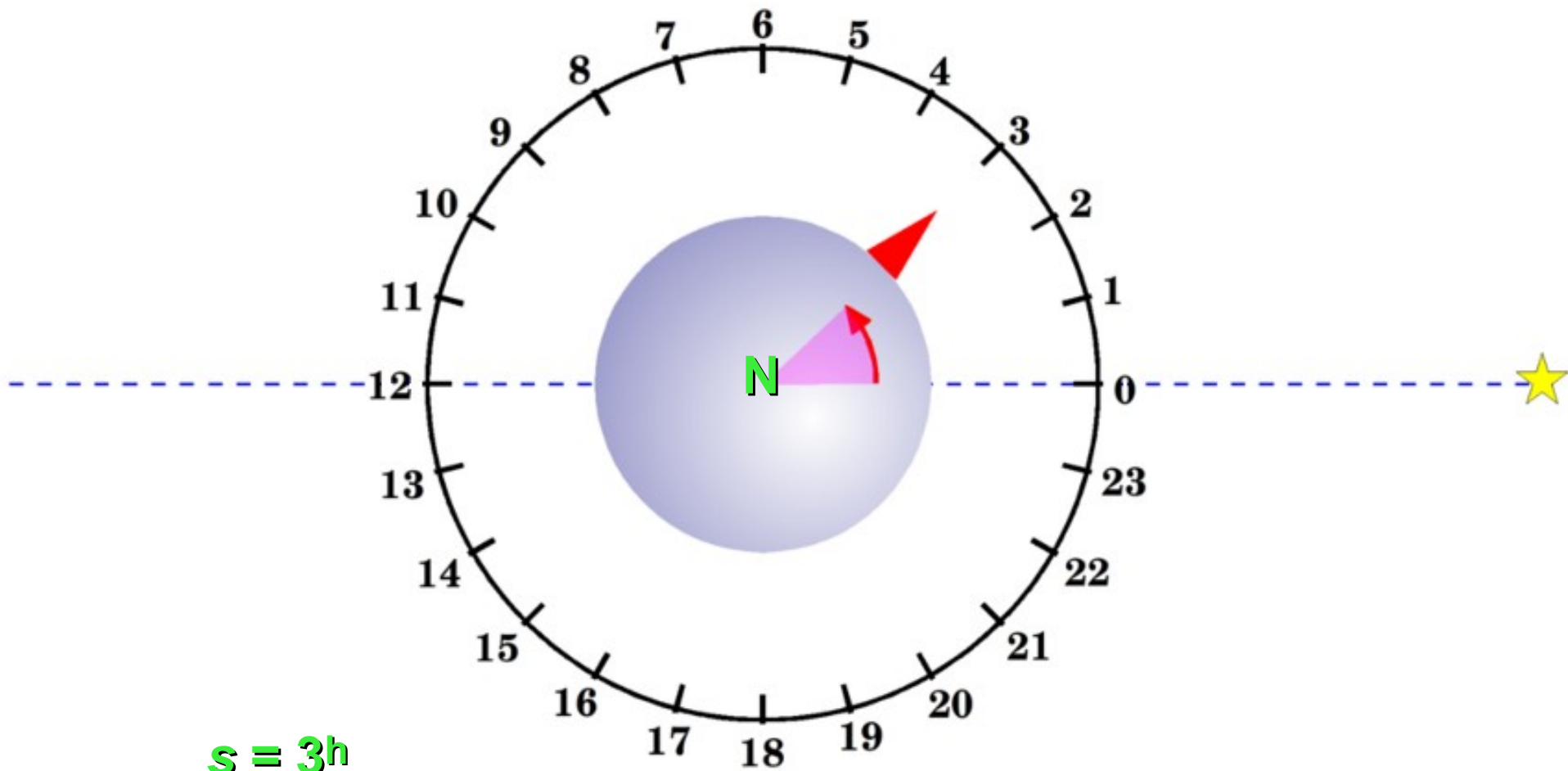
# Miara czasowa kątów

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

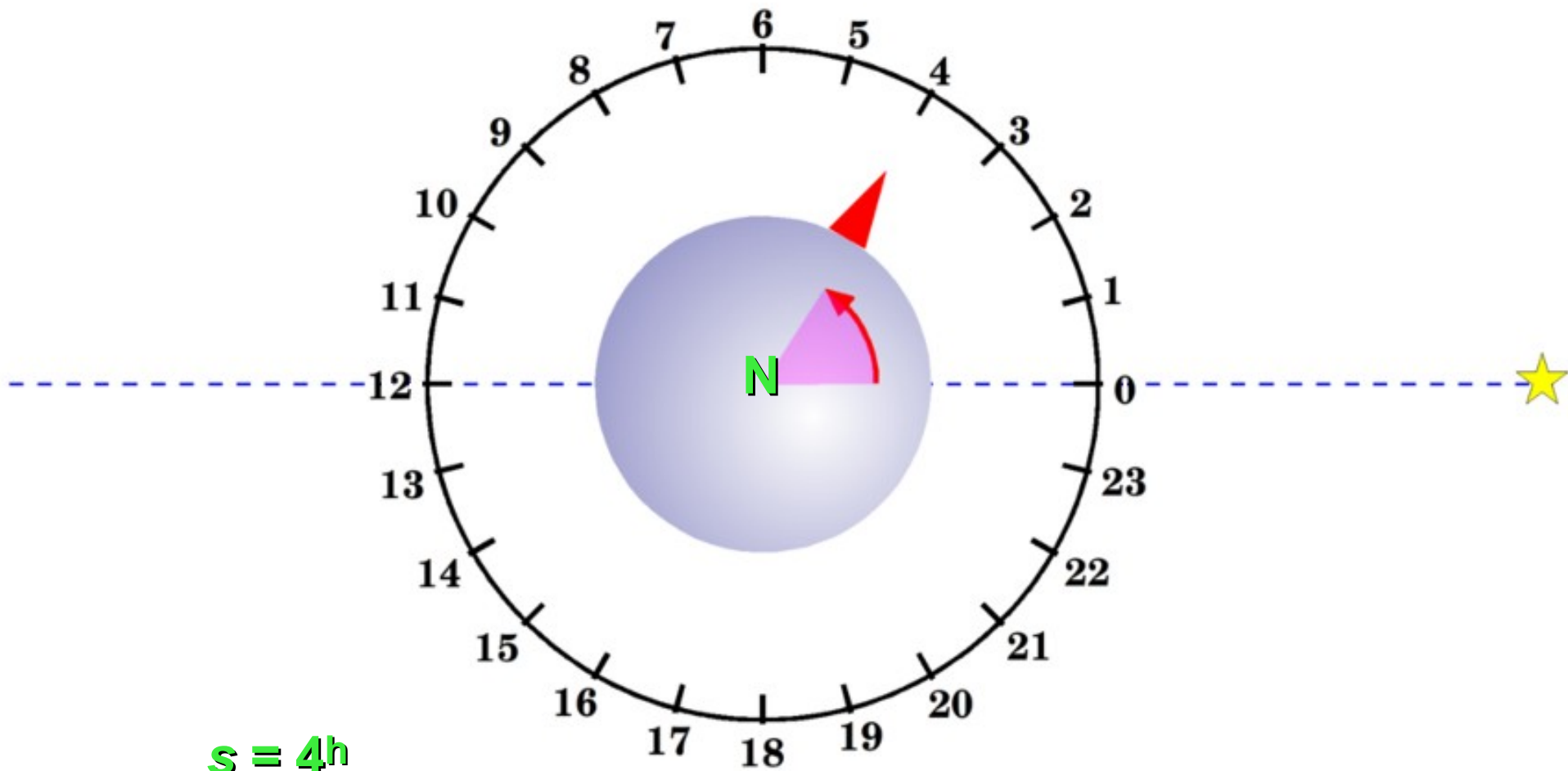




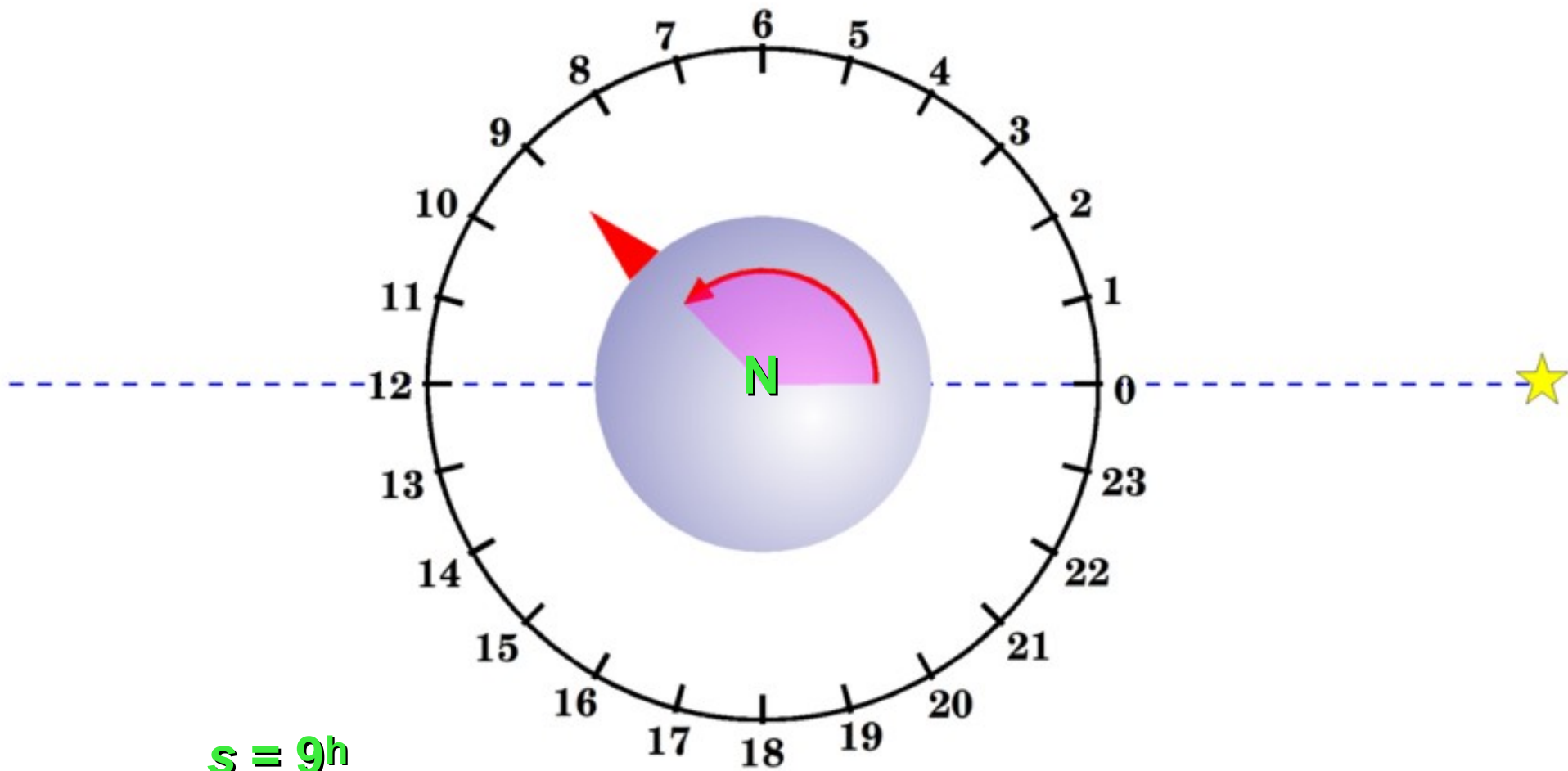
$s = 2h$



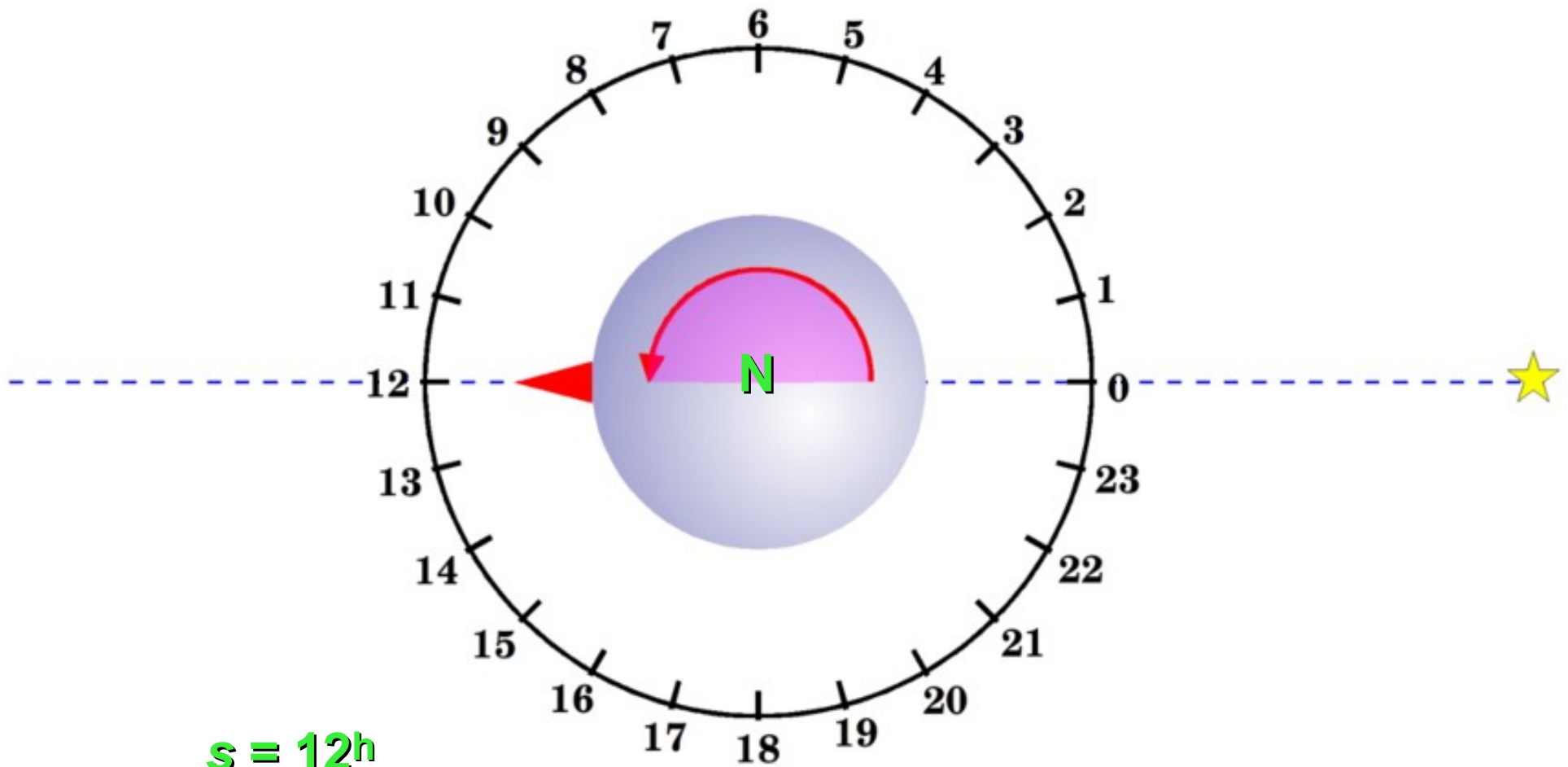
$$s = 3h$$



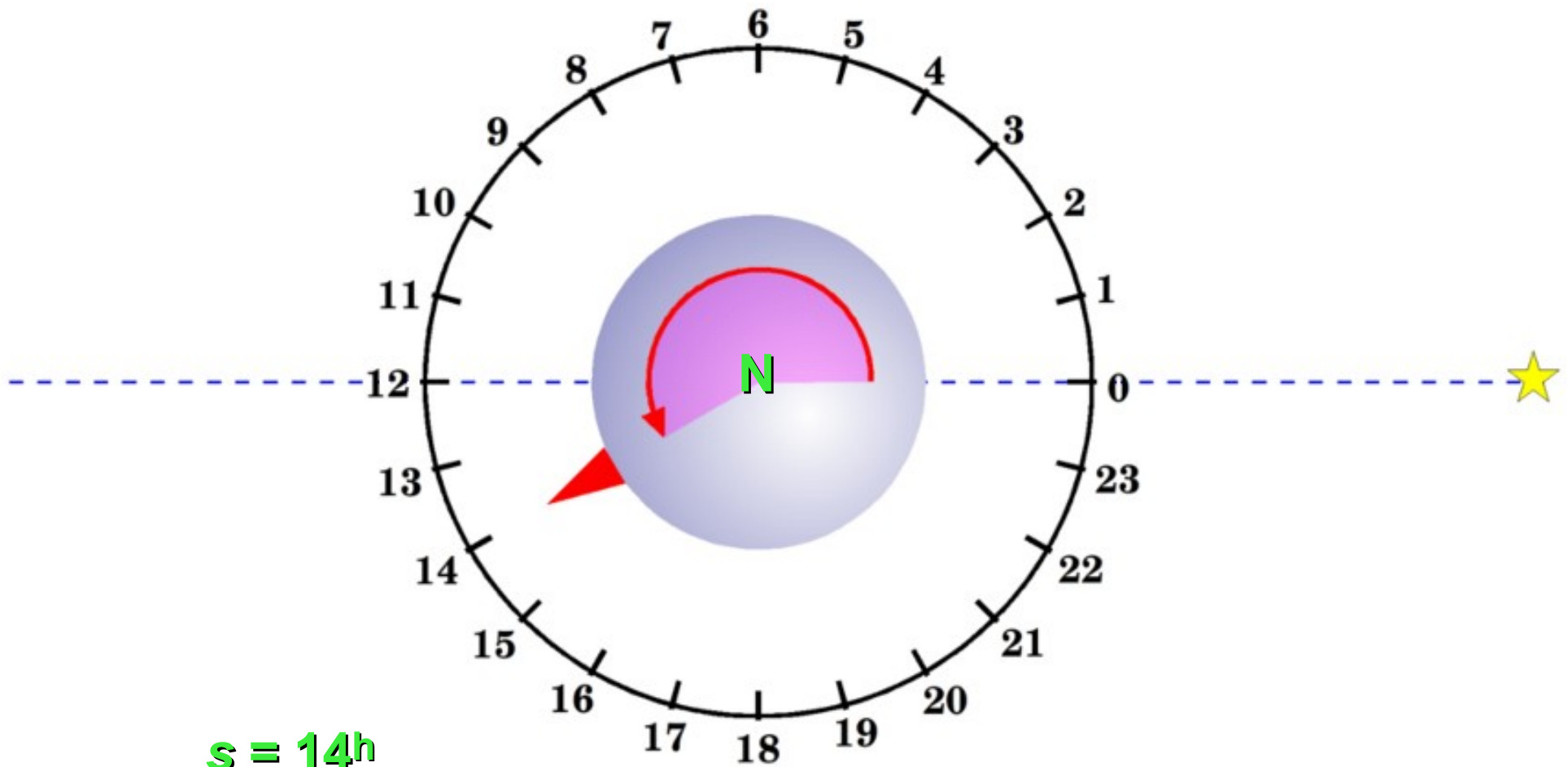
$$s = 4h$$



$s = 9h$

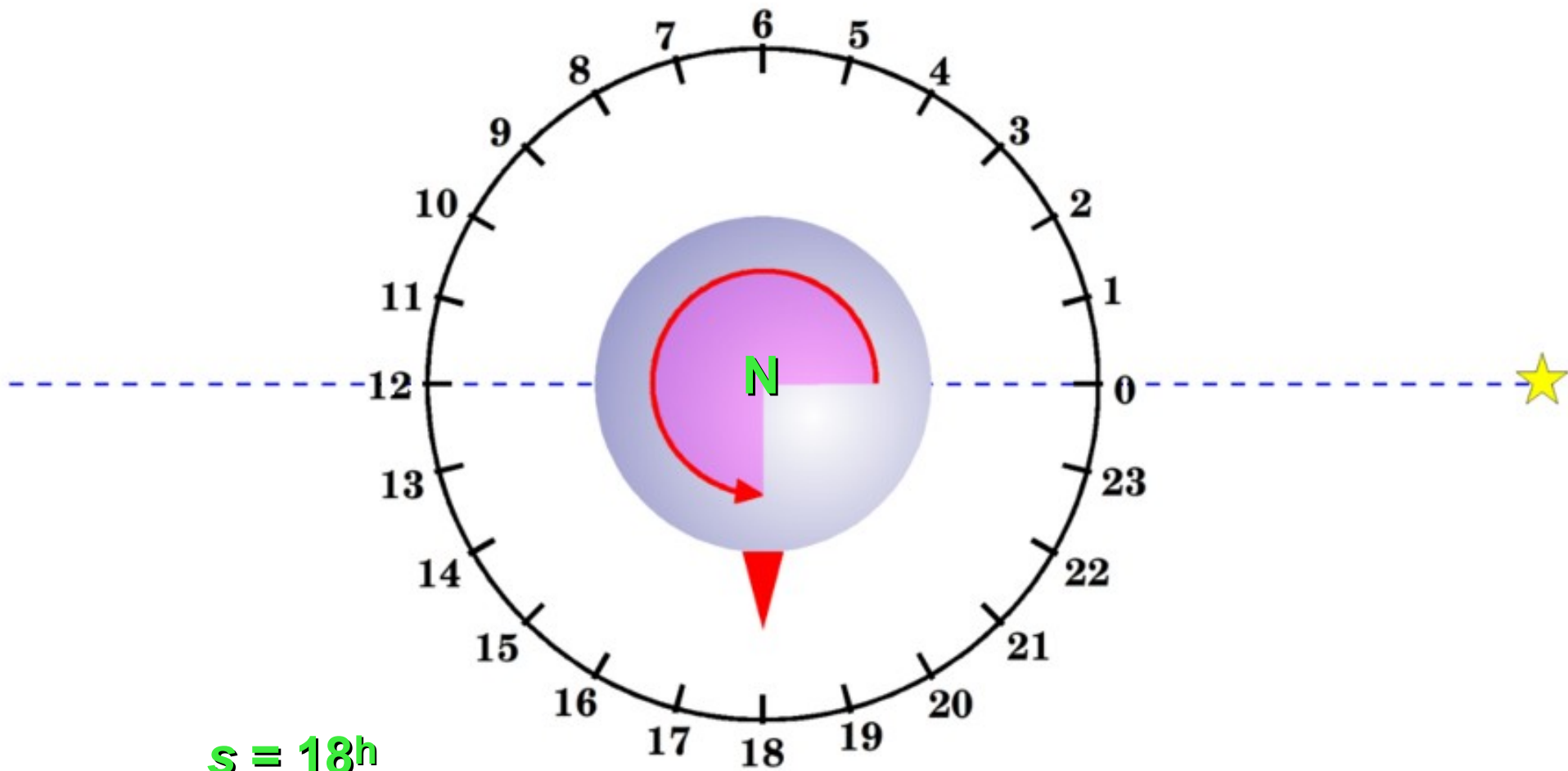


$s = 12h$

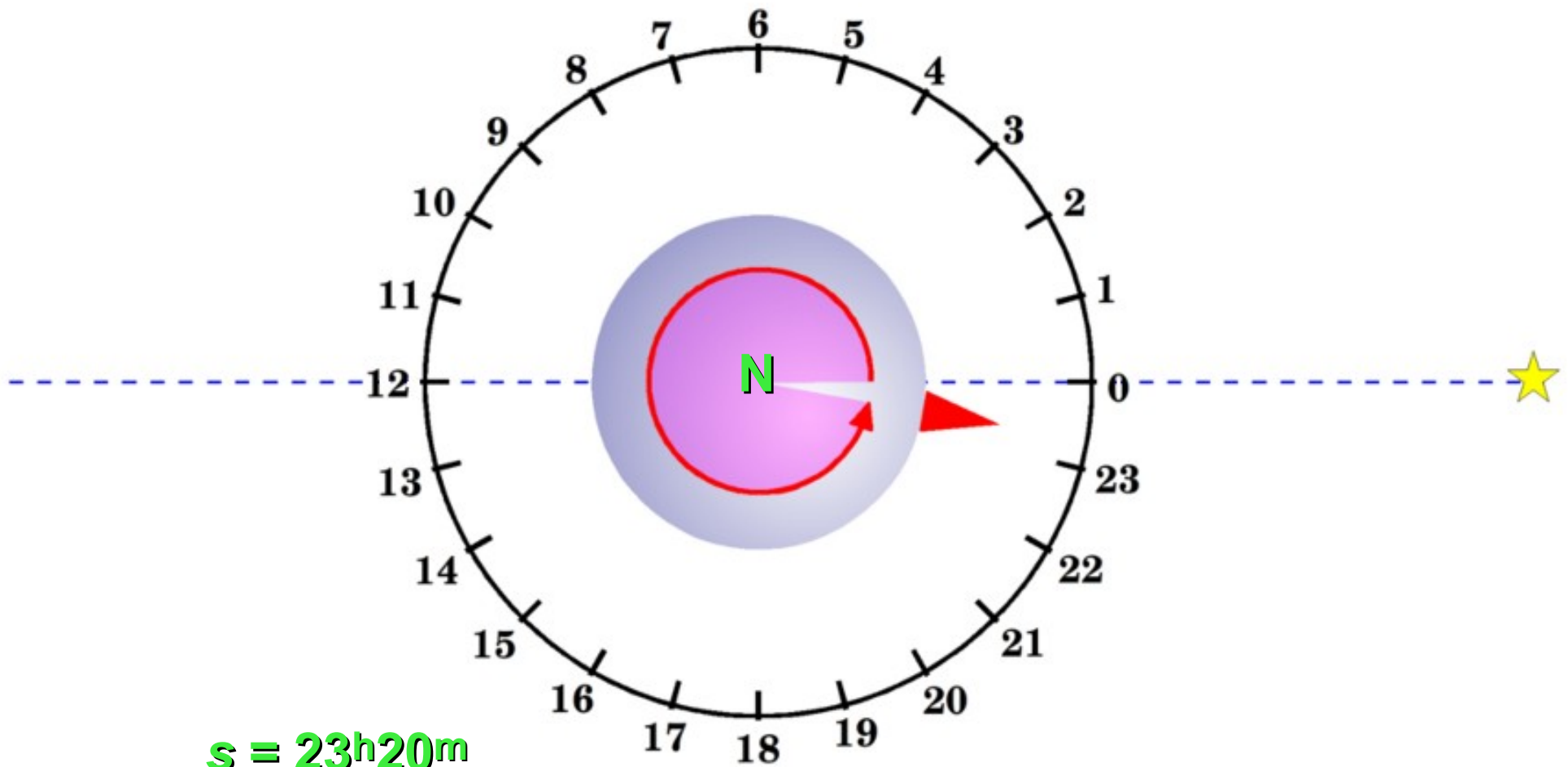


$s = 14h$





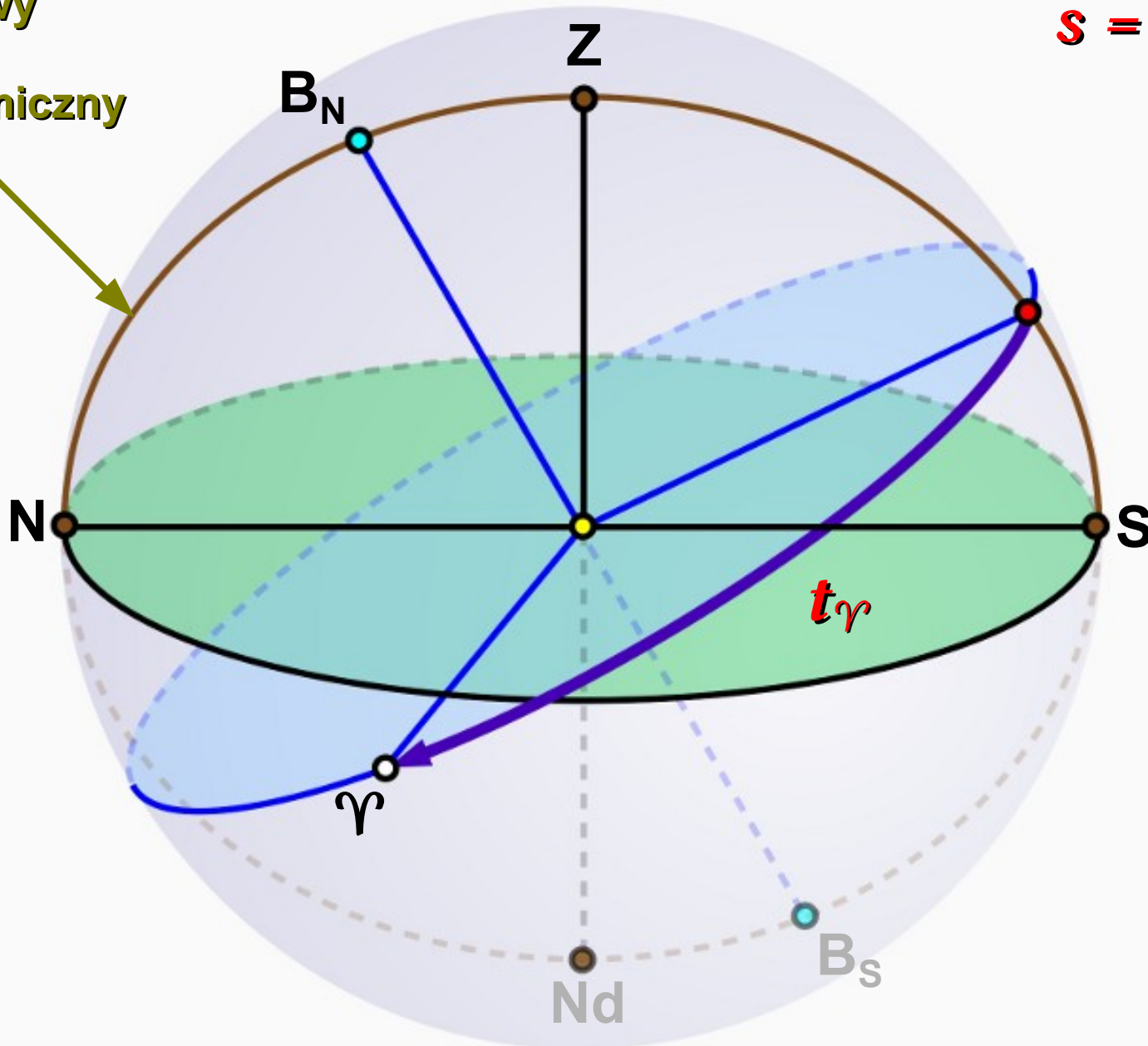
$s = 18h$



$s = 23h20m$

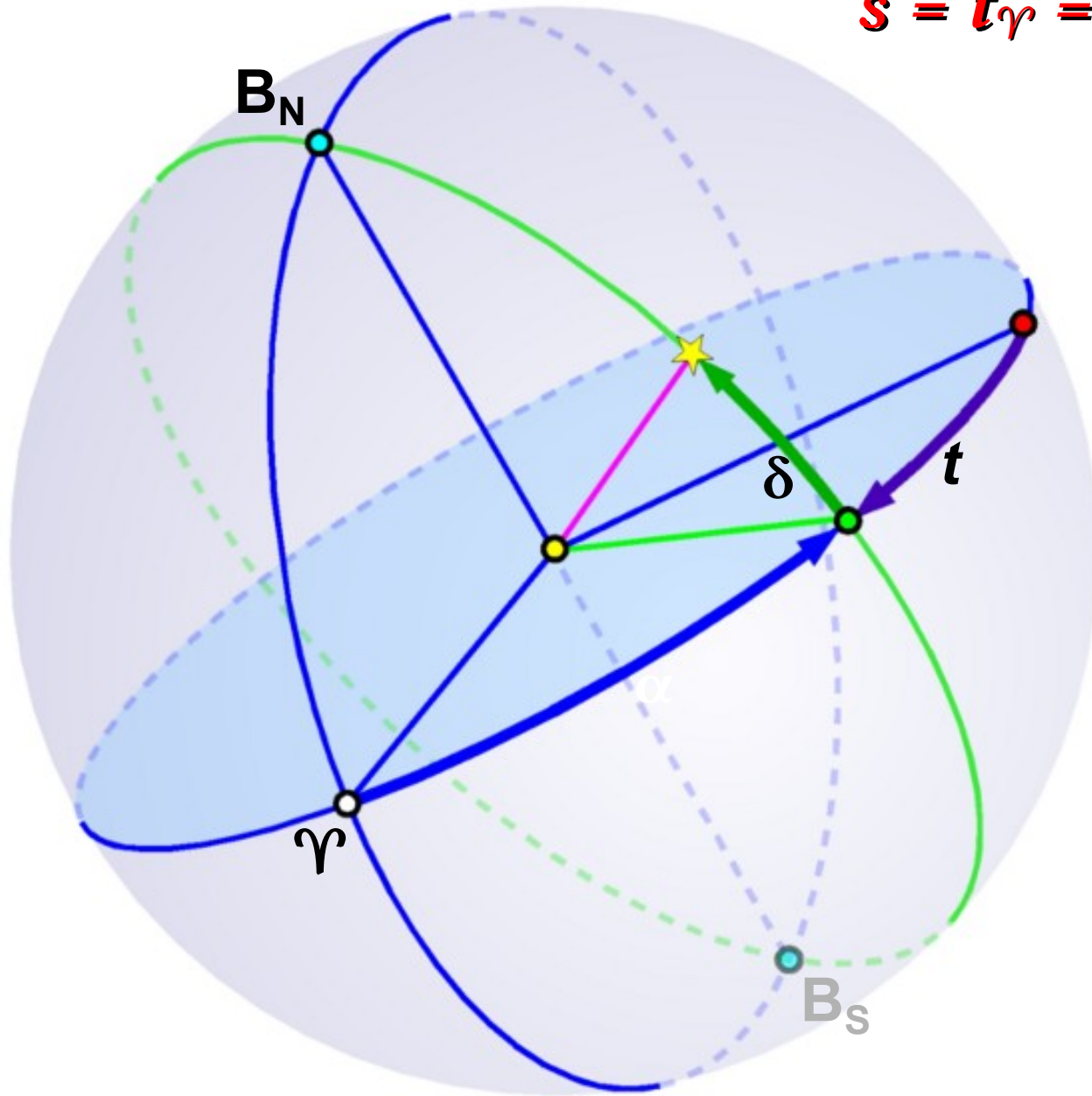
miejscowy  
południk  
astronomiczny

$$s = t_{\gamma}$$



**Definicja: czas gwiazdowy to kąt godzinny punktu Barana**

$$\mathbf{s} = \mathbf{t}_\gamma = \mathbf{t}_\star + \boldsymbol{\alpha}_\star$$

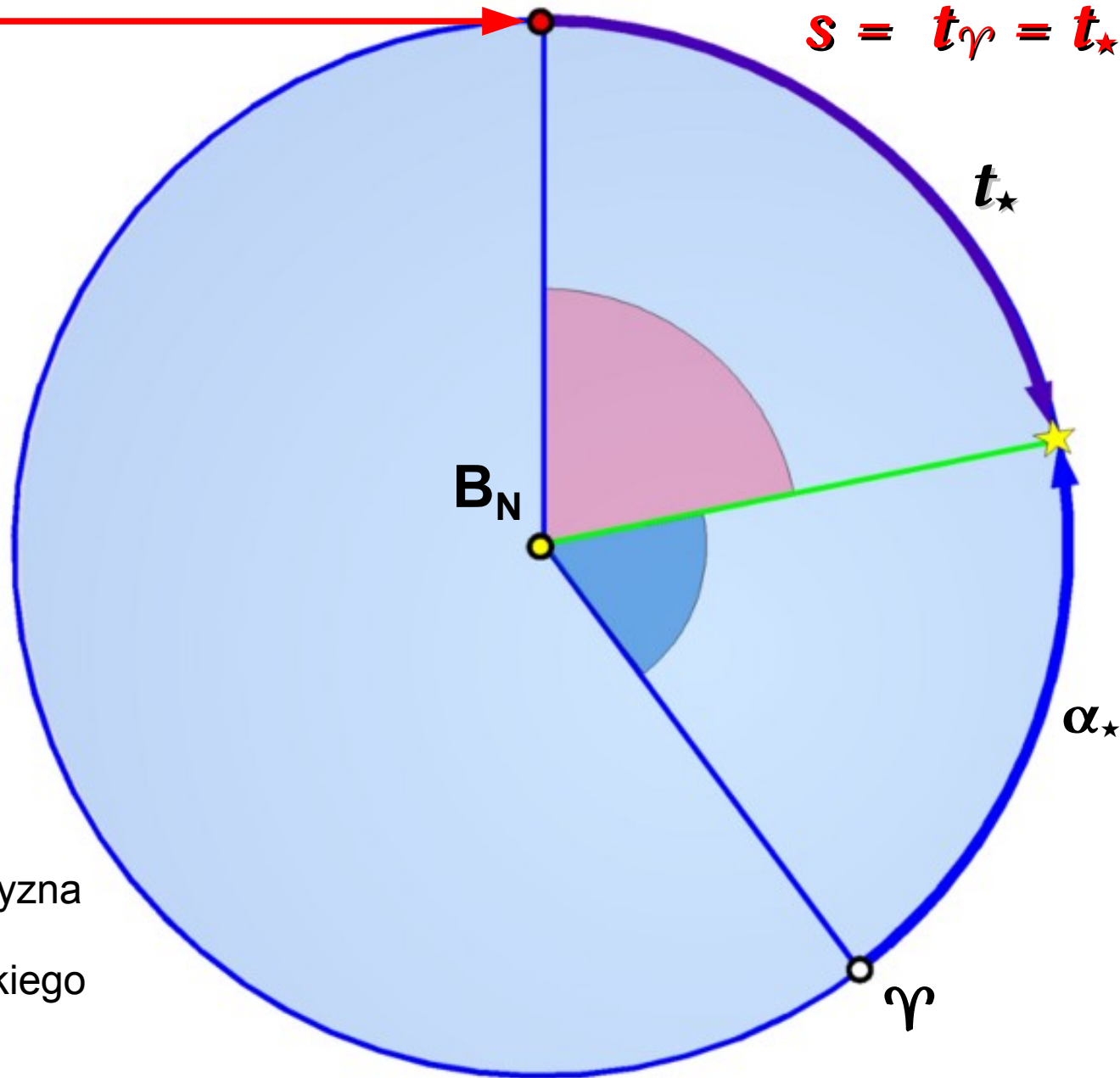


punkt  
górowania  
na równiku

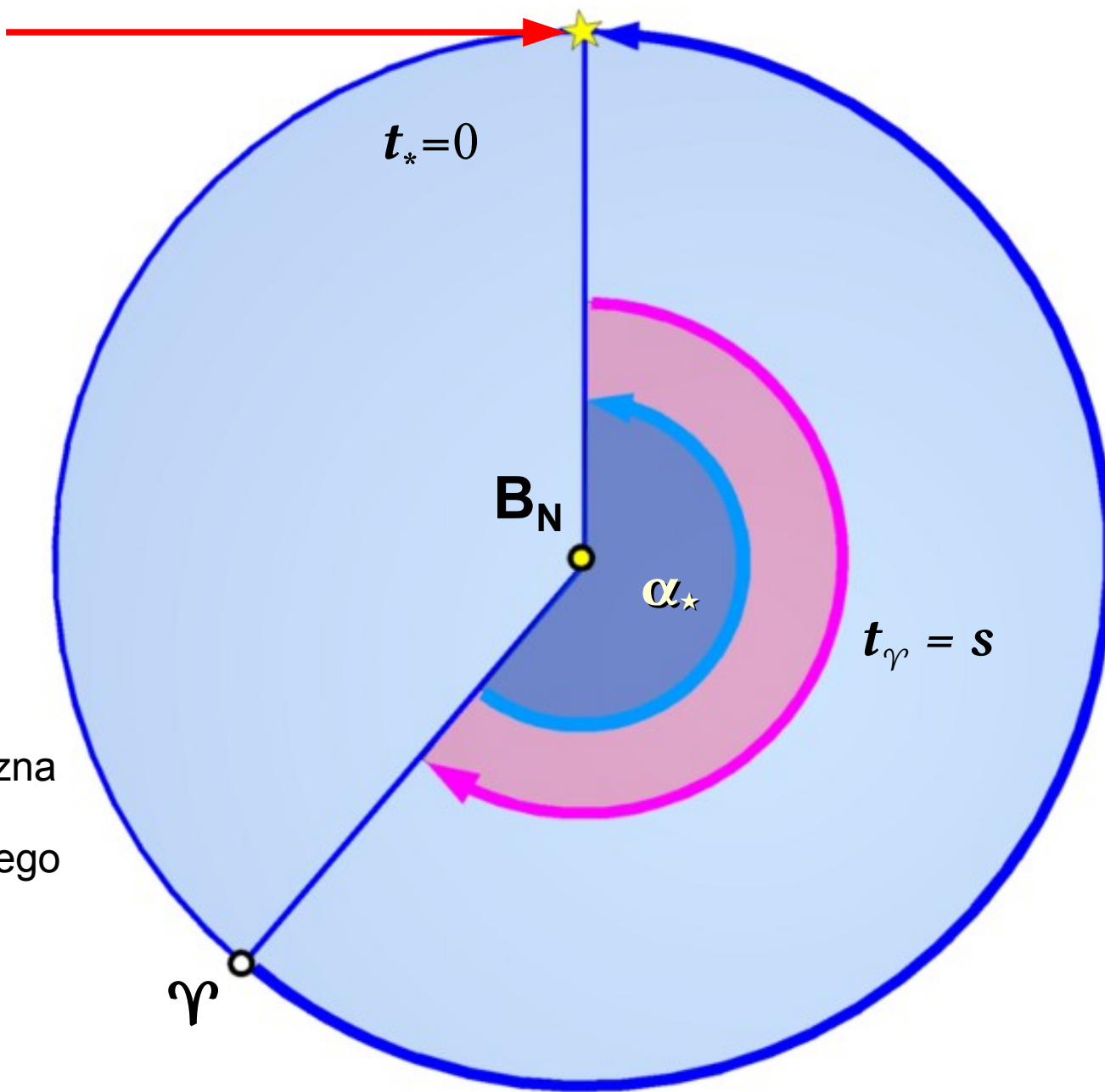


$$s = t_{\gamma} = t_{\star} + \alpha_{\star}$$

płaszczyzna  
równika  
niebieskiego



punkt  
górowania  
na równiku



płaszczyzna  
równika  
niebieskiego

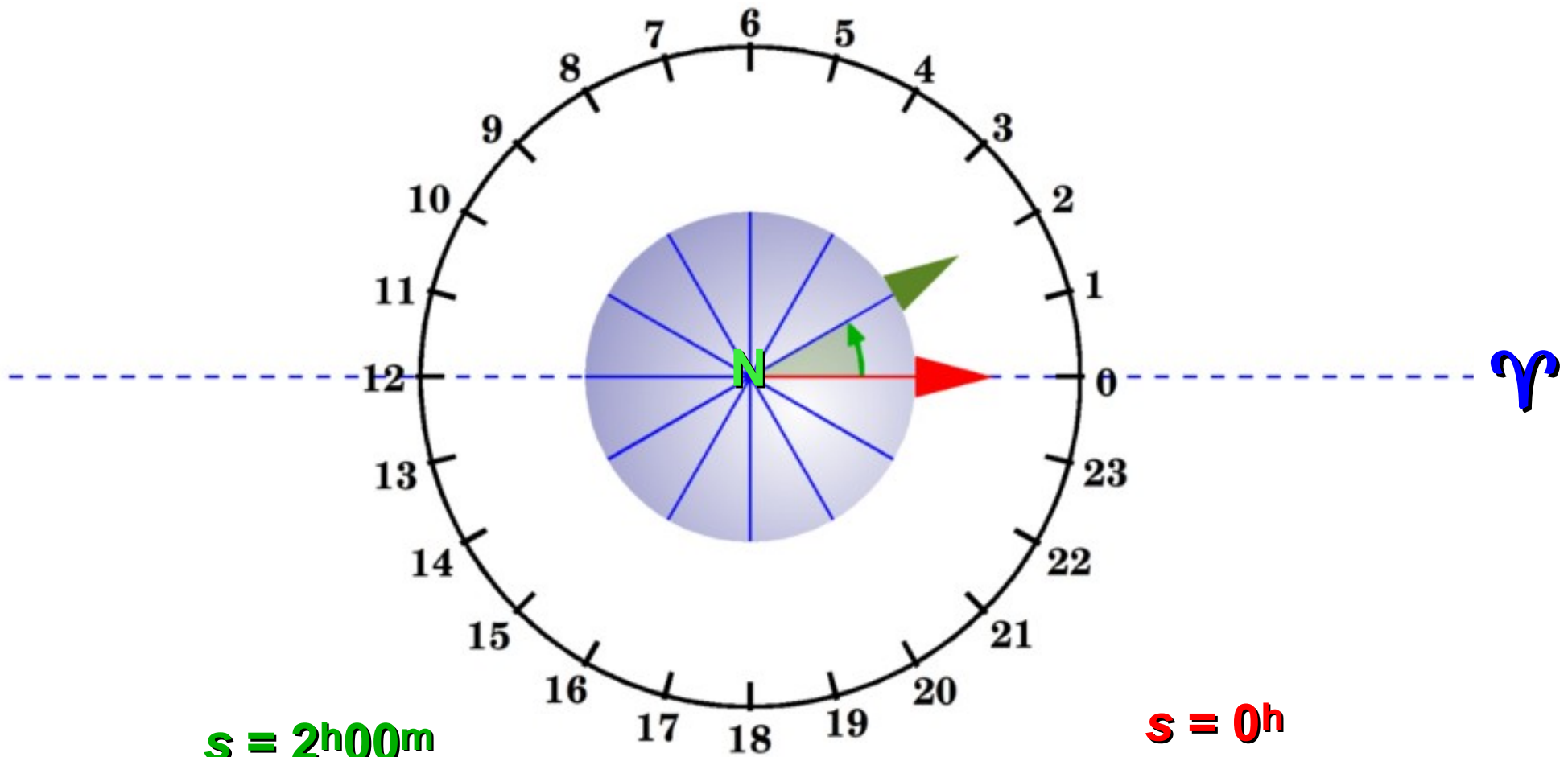
**Czas gwiazdowy ( $t_\gamma$ ) jest zawsze równy rektascensji gwiazd górujących!**

# **Czas gwiazdowy jest czasem miejscowym**

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

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

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

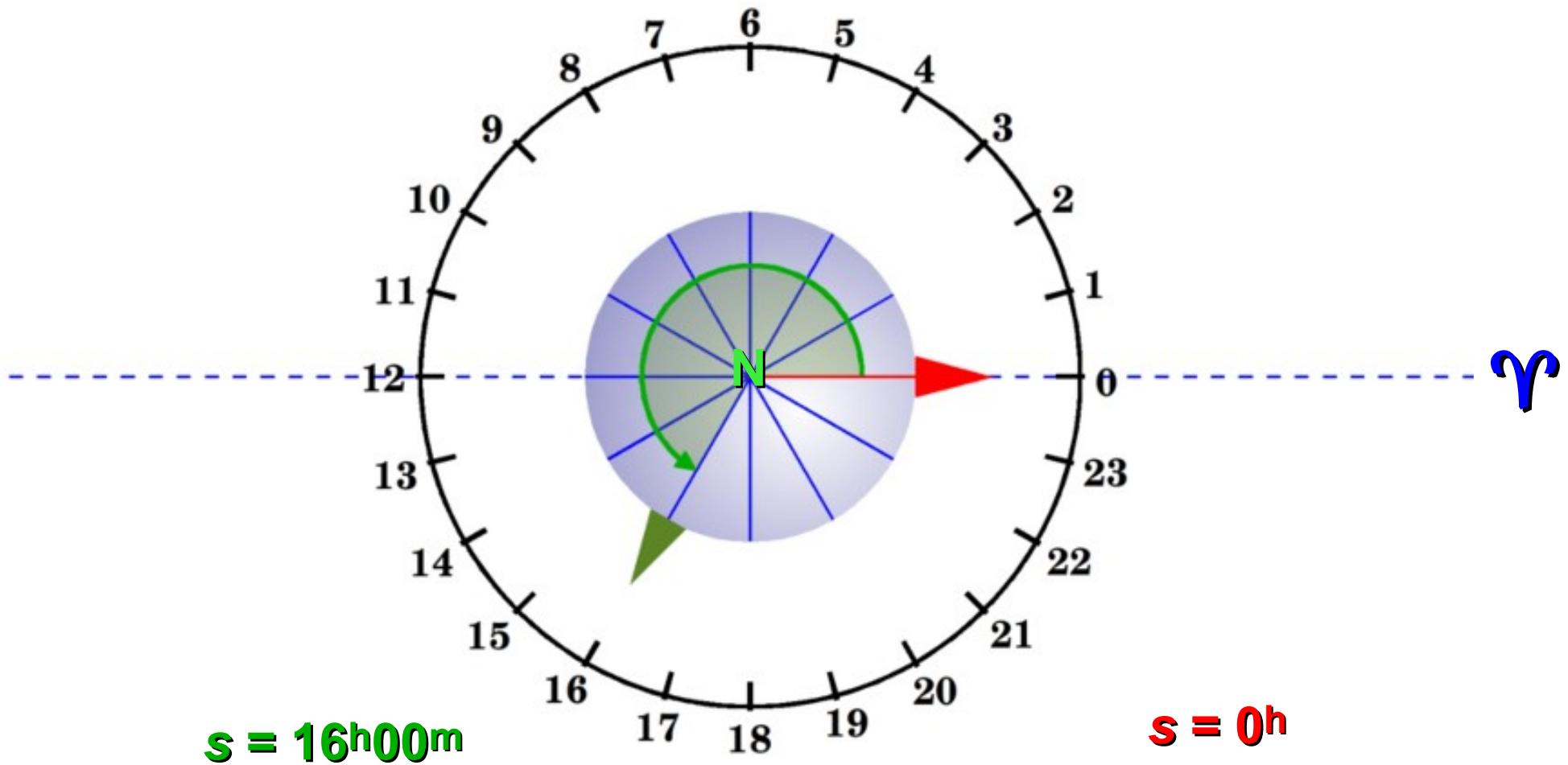


$$s = 2^h00^m$$

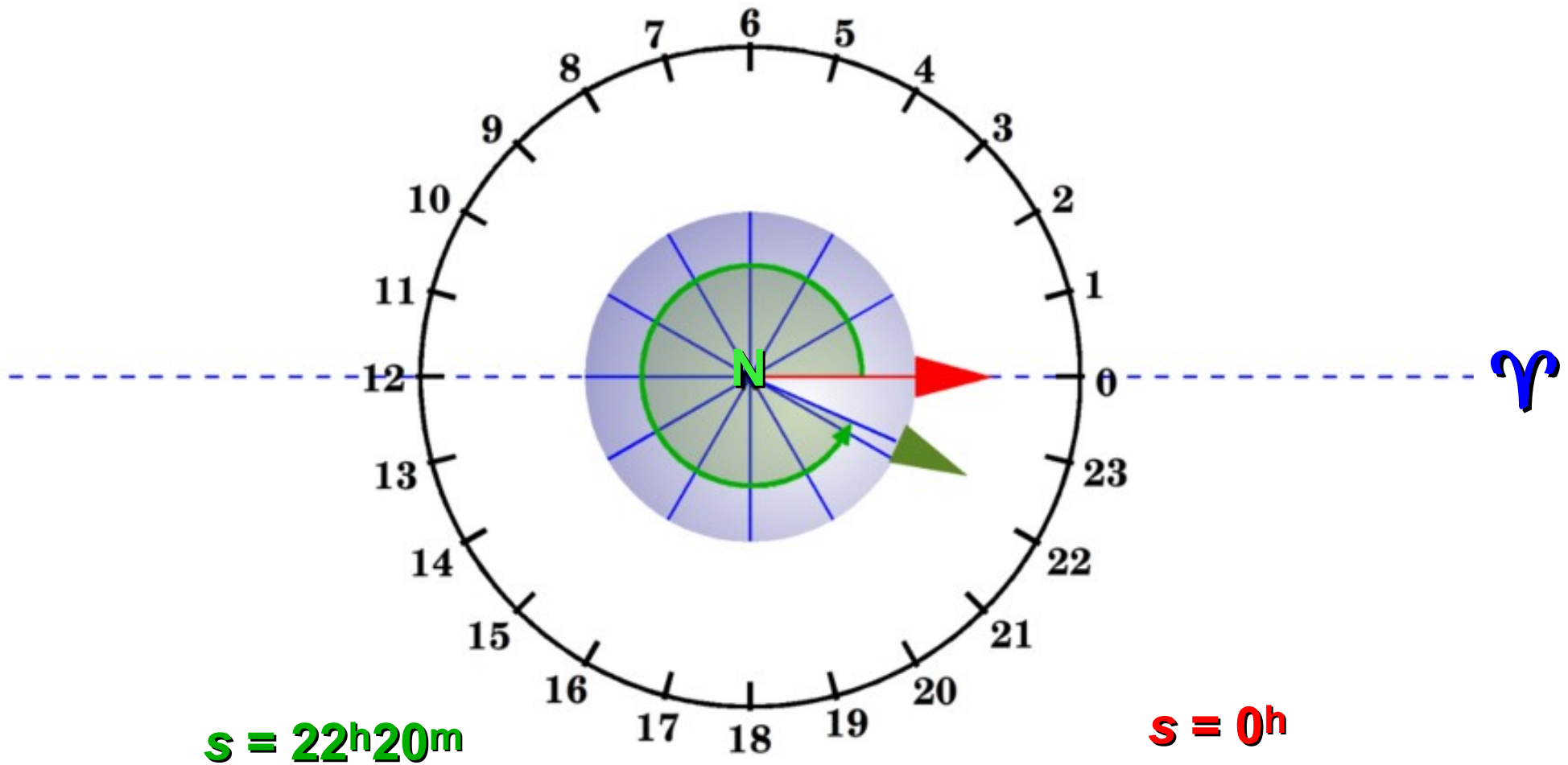
$s = 0^h$   
( czas gwiazdowy  
na południku 0 )



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



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



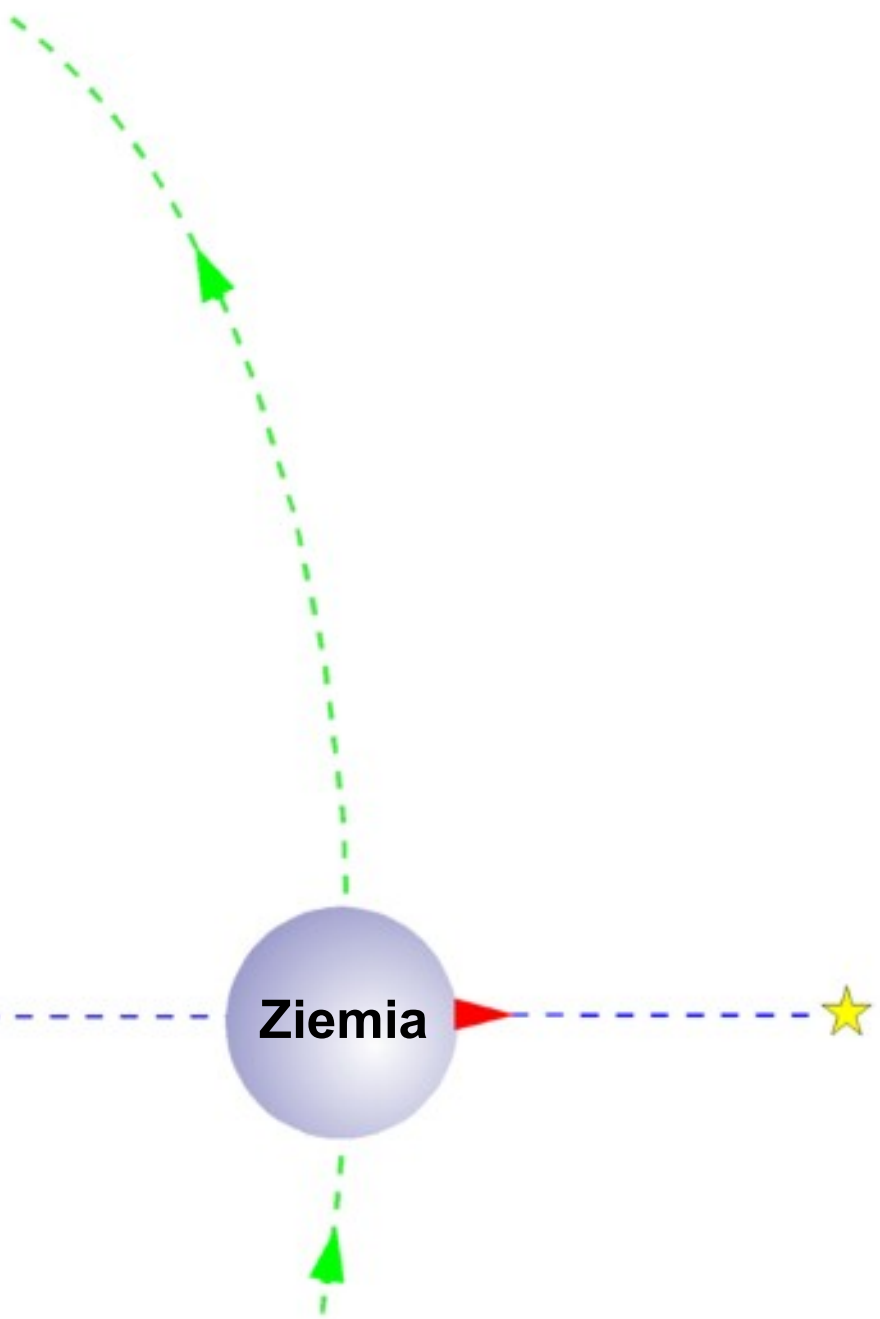
**Pomiar kąta godzinnego dowolnej gwiazdy o znanej rektascensji jest pomiarem czasu gwiazdowego.**

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

**Czas słoneczny prawdziwy  $T$**



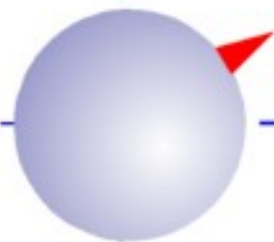
Ziemia

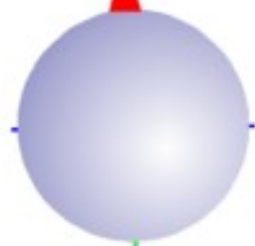


**Definicja: czas słoneczny prawdziwy to kąt godzinny środka tarczy Słońca powiększony o 12<sup>h</sup>.**

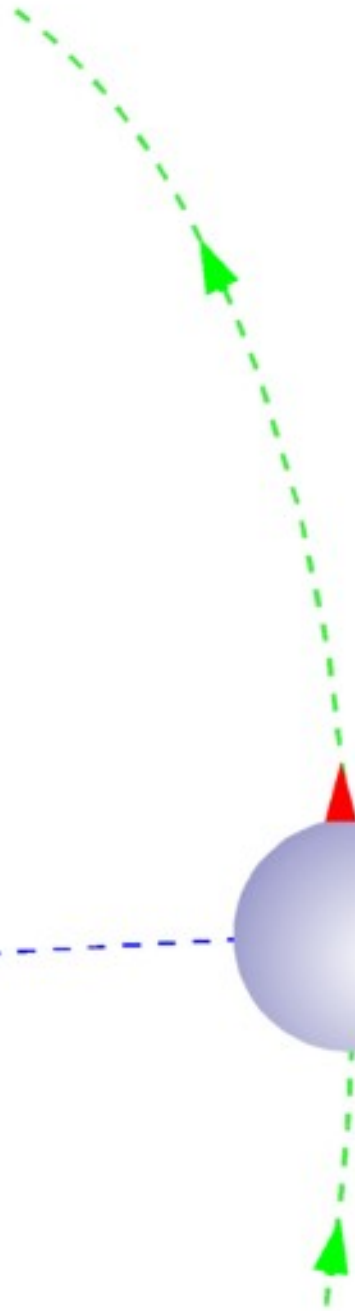
**Chodzi o to by początek doby ( godzina 0 ) był o północy.**



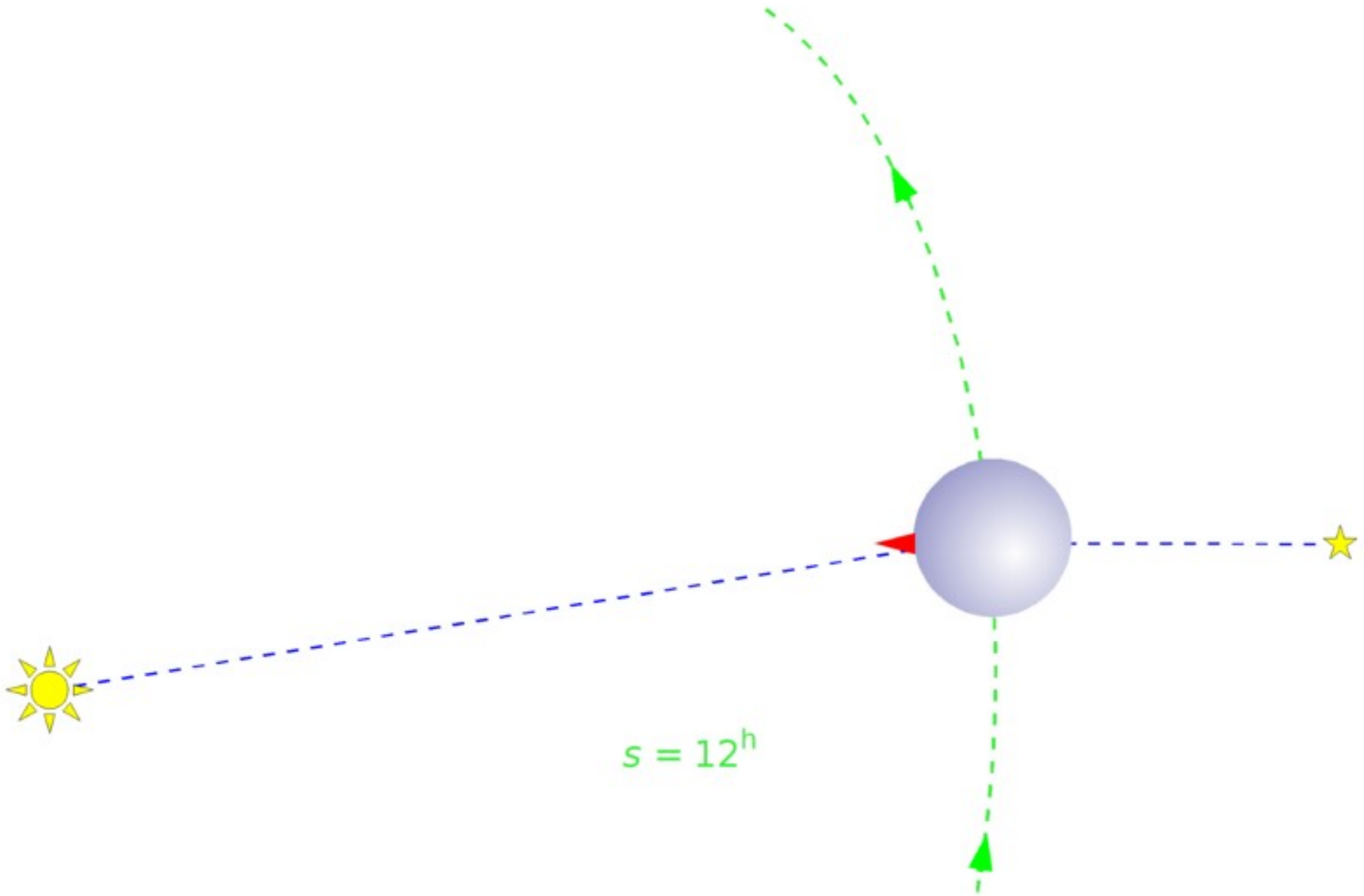




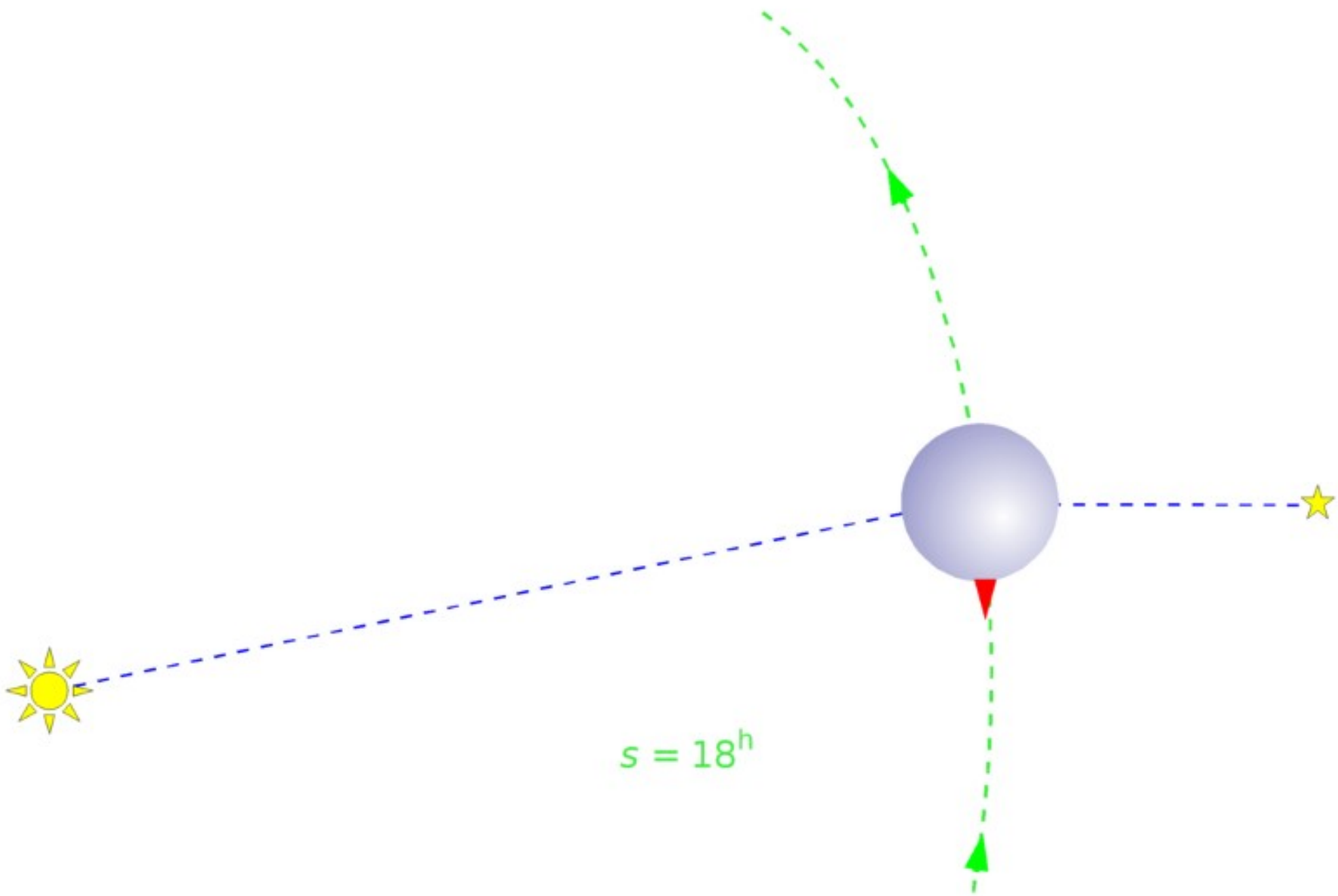
$s = 6^h$



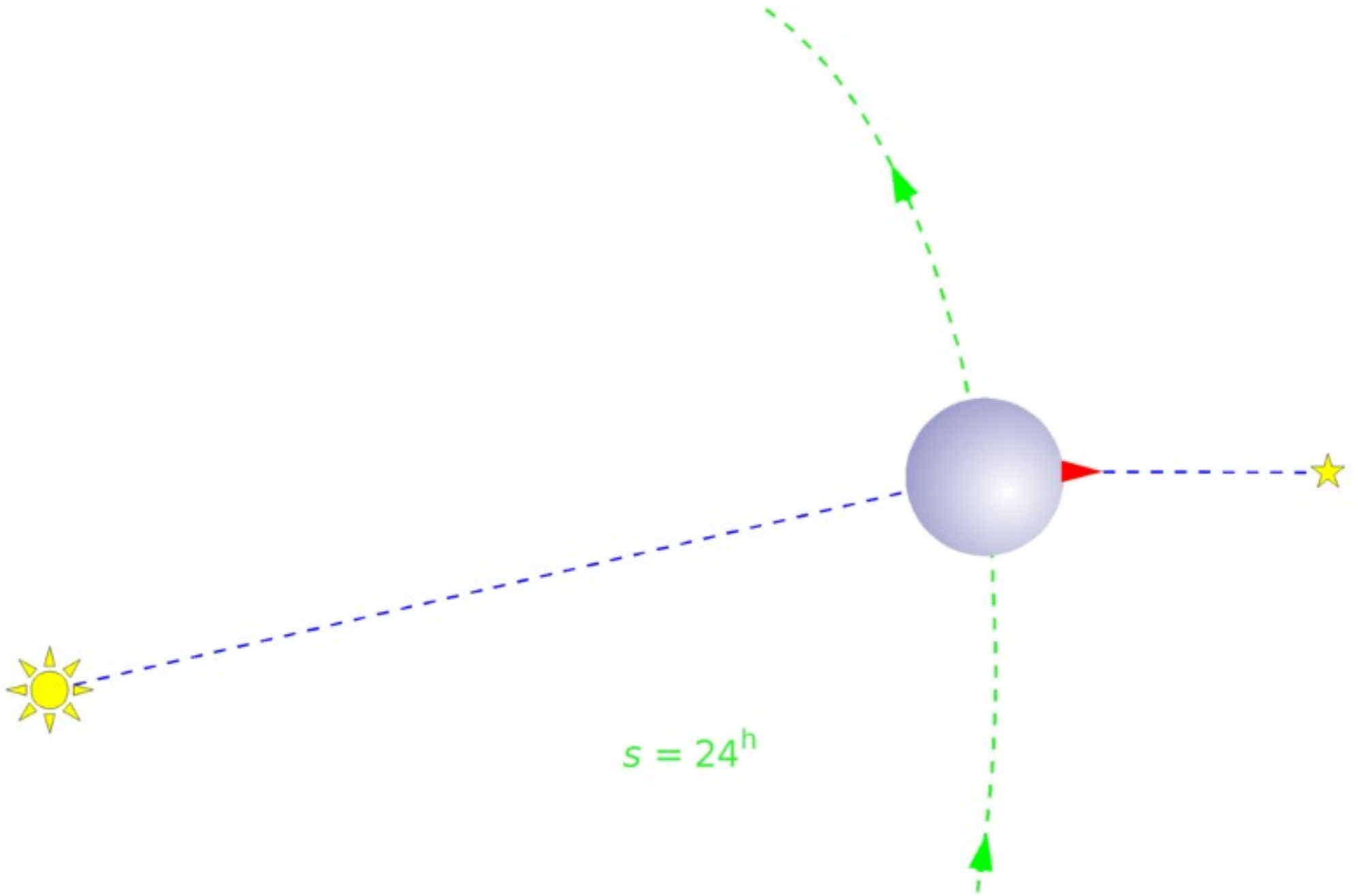




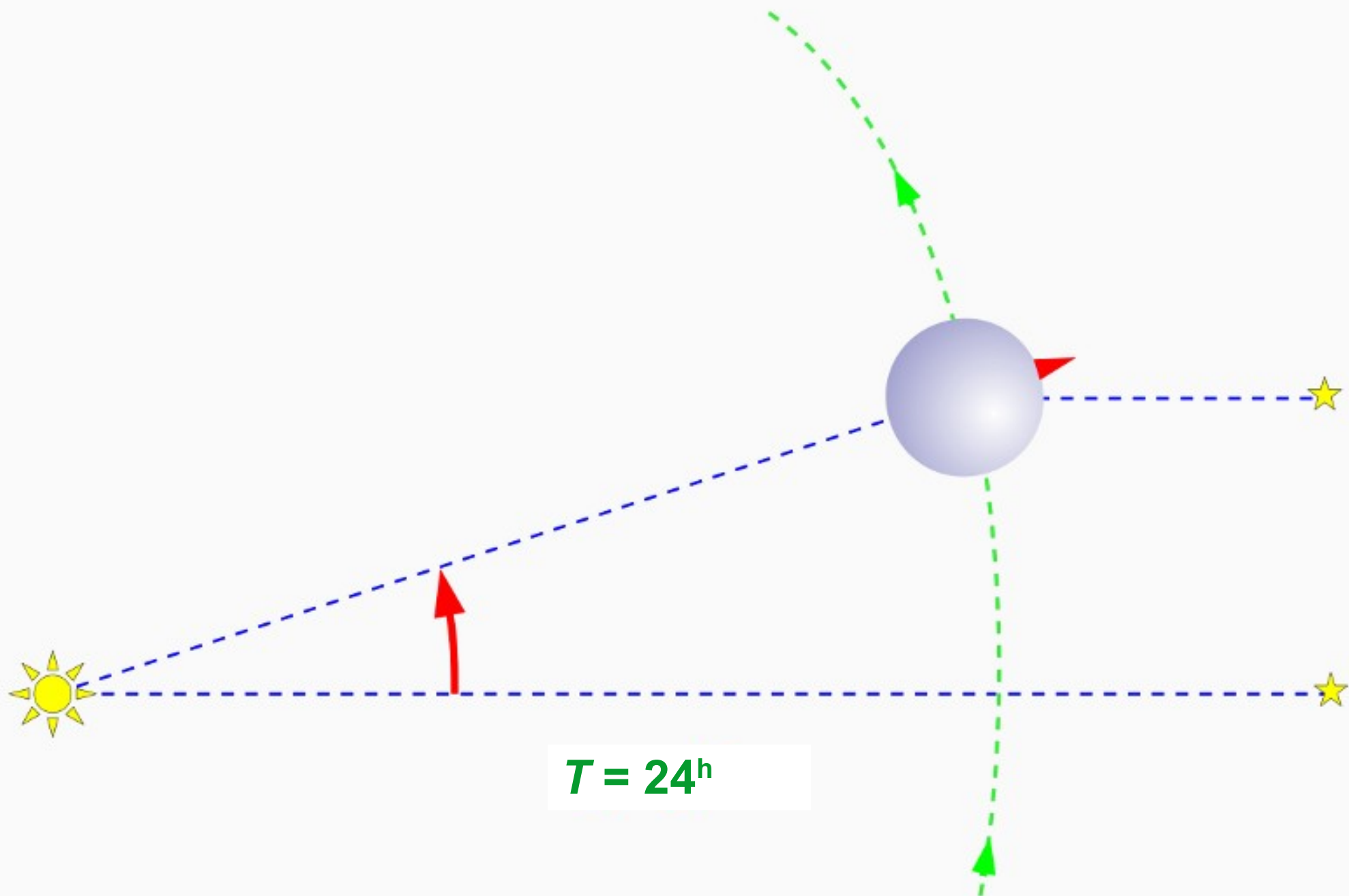
$s = 12^h$



$s = 18^h$



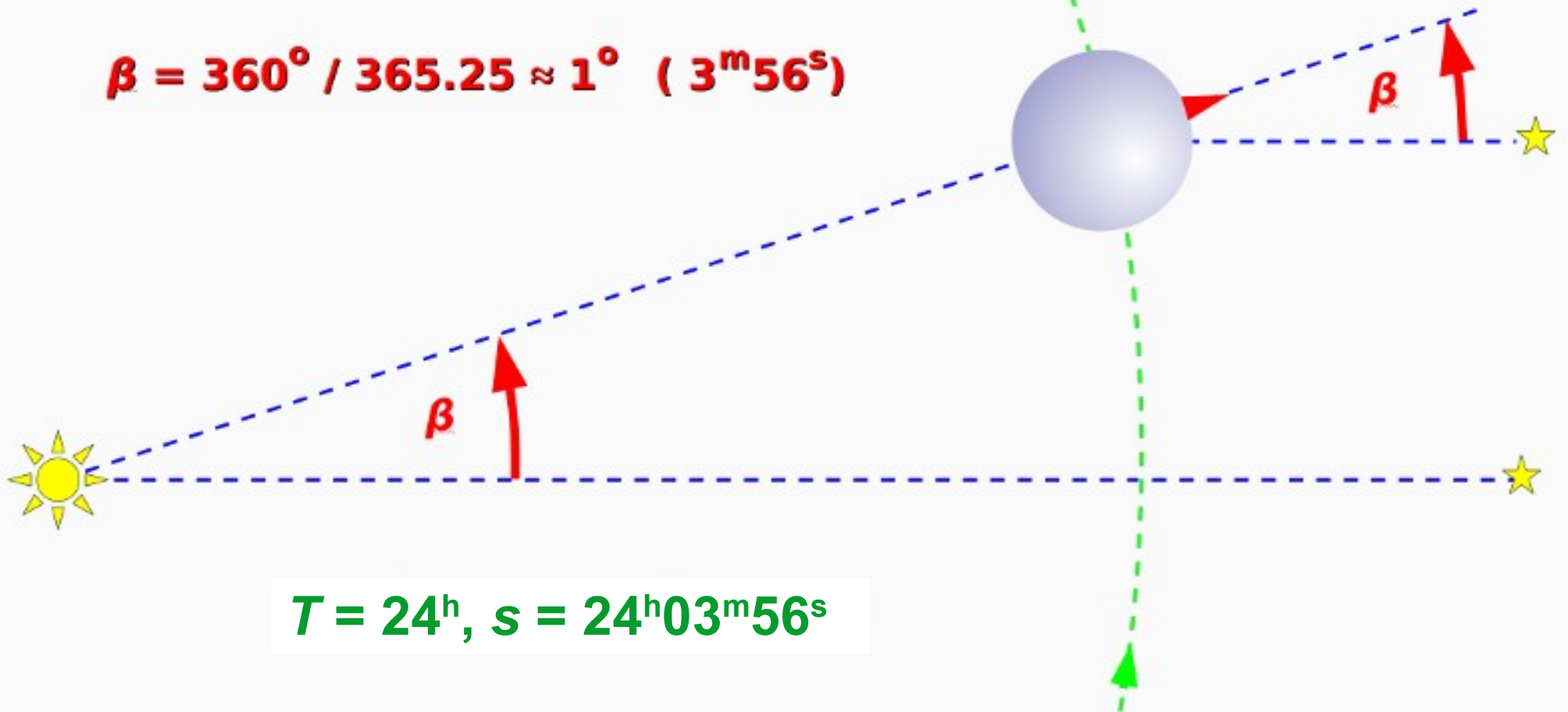
$s = 24^h$



$T = 24^h$

... ale dopiero teraz minęła doba czas słonecznego...

$$\beta = 360^\circ / 365.25 \approx 1^\circ \quad (3^m 56^s)$$

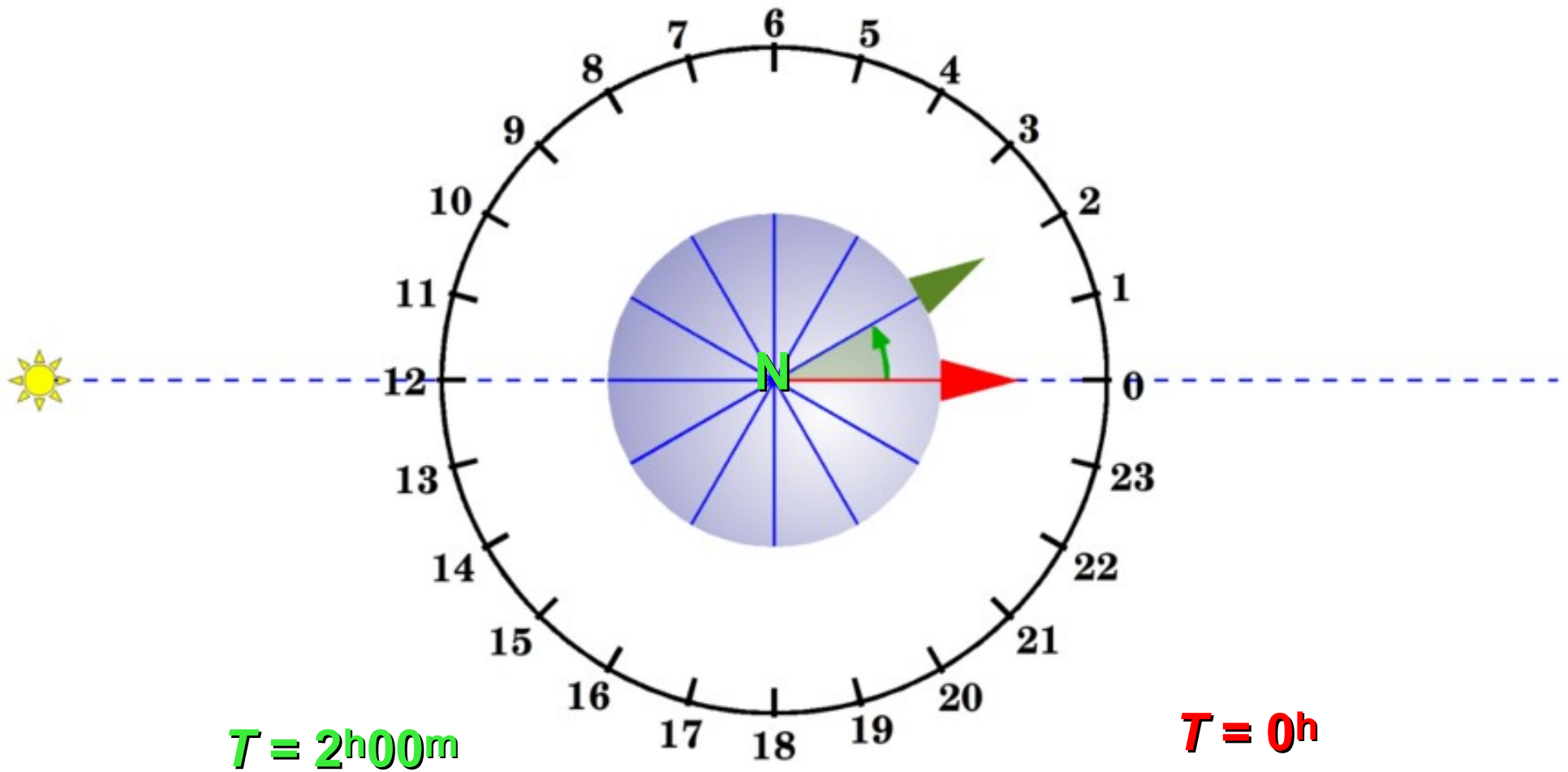


$$T = 24^h, s = 24^h 03^m 56^s$$

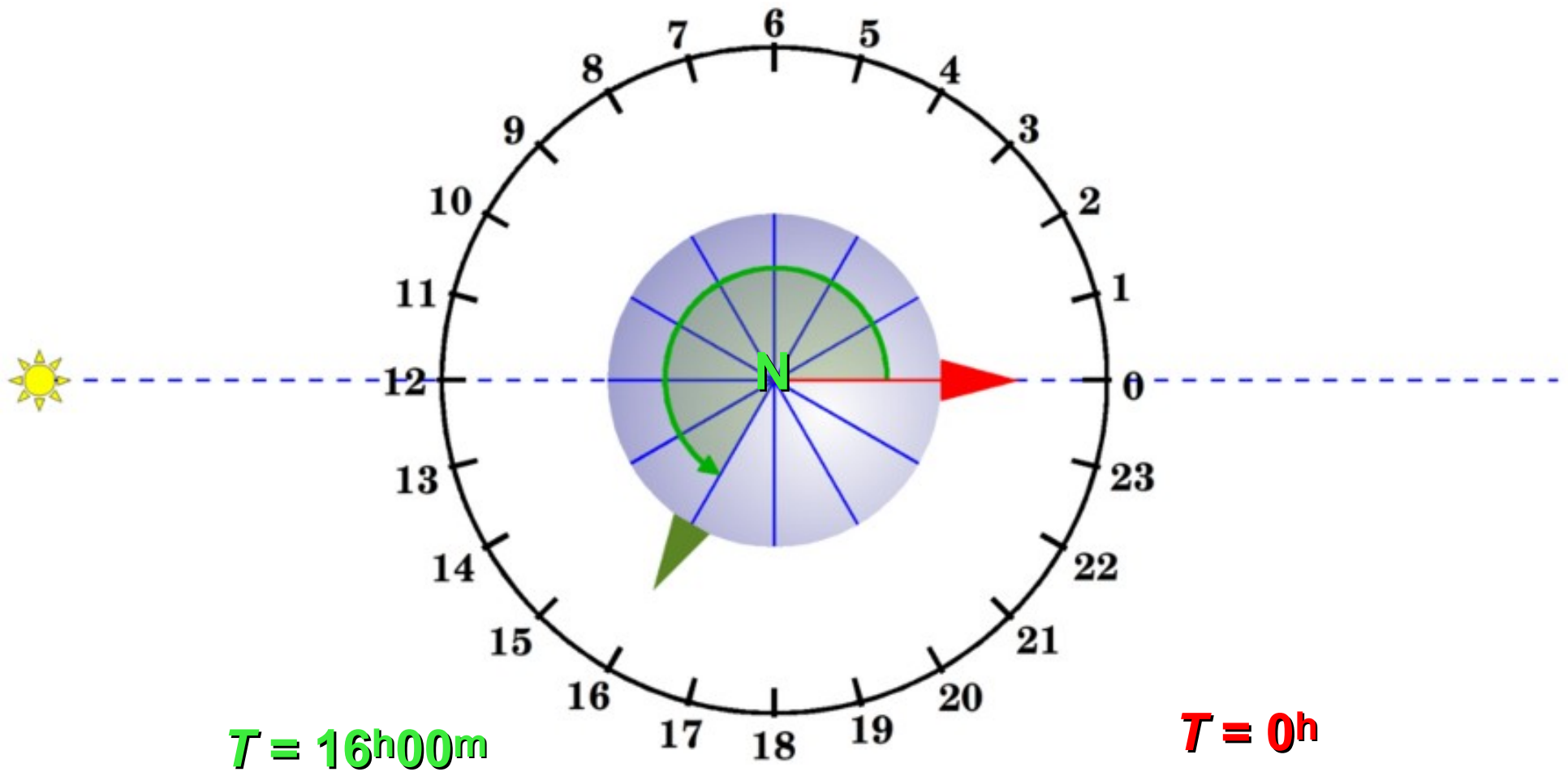
**Czas słoneczny prawdziwy  
też jest czasem miejscowym.**

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

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

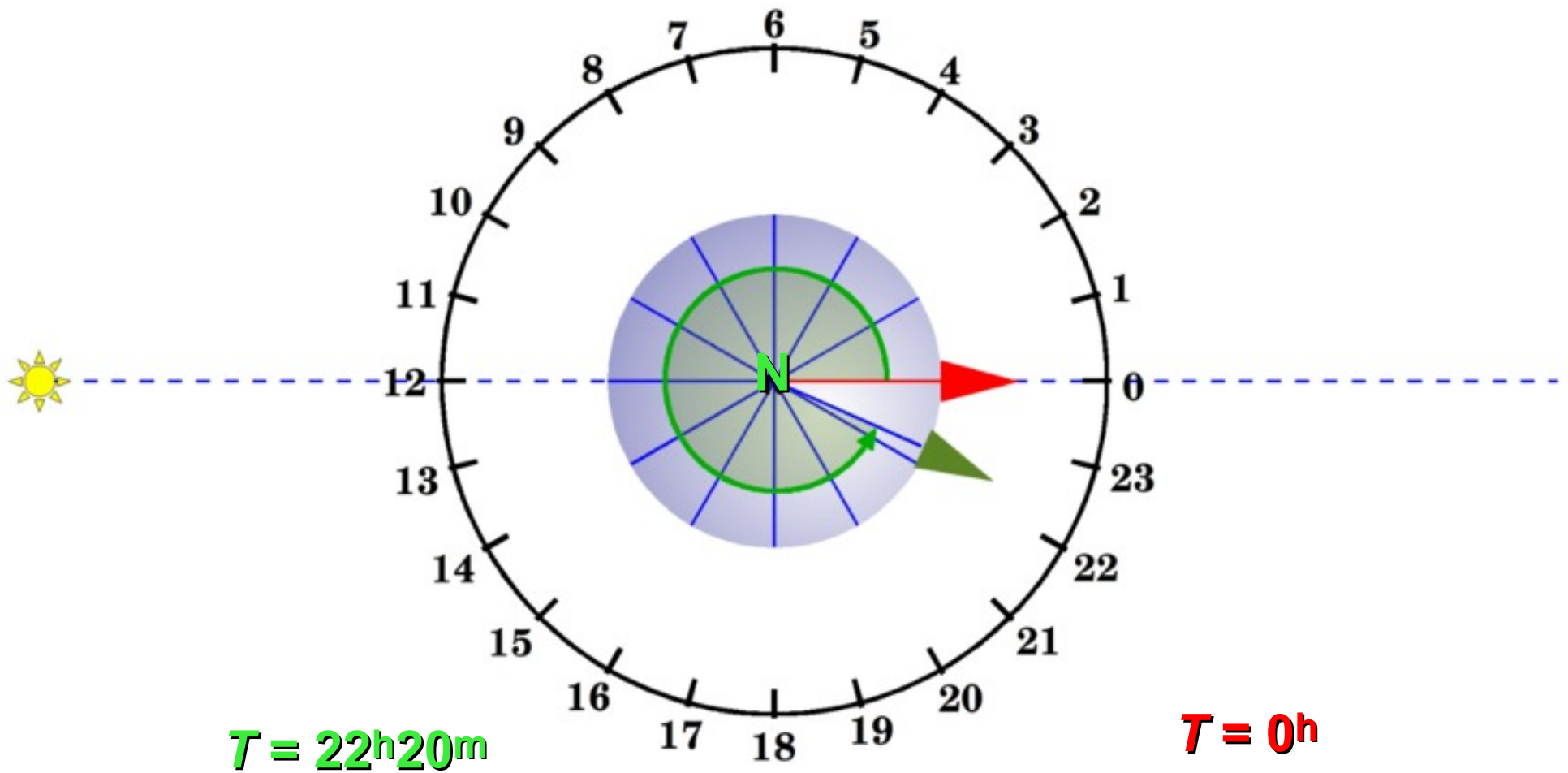


$$\lambda_E = 240^\circ = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$





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



# Czas słoneczny prawdziwy



też umiemy mierzyć...

# Dokładny zegar słoneczny



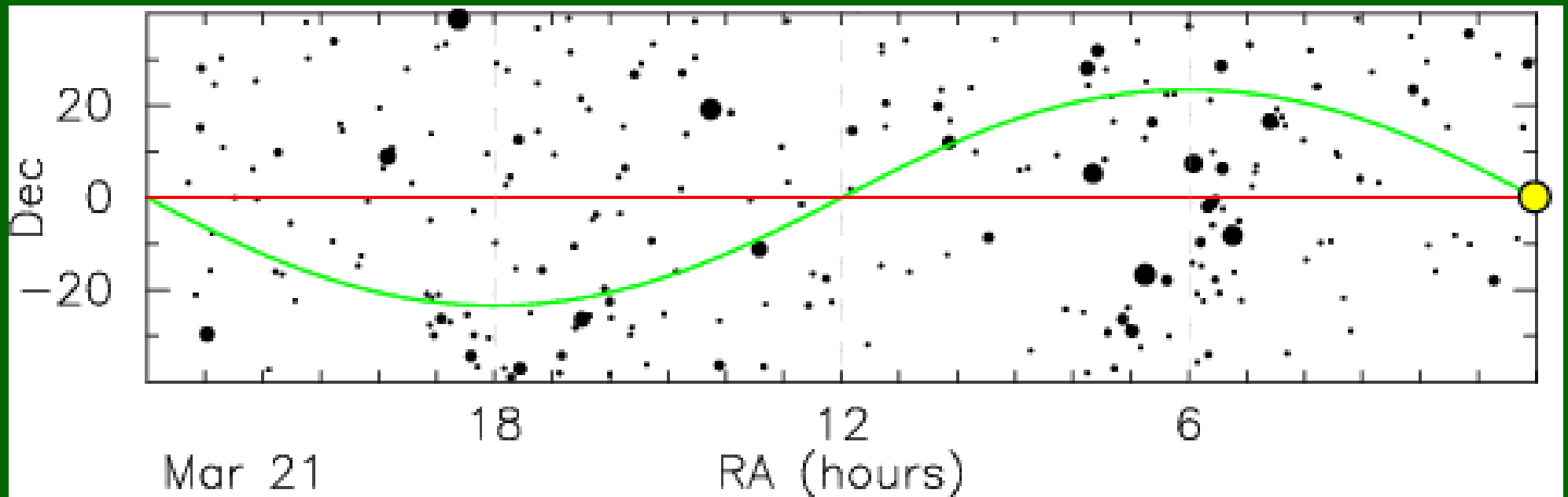


Zegar słoneczny sprzed poznańskiej Palmiarni...

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

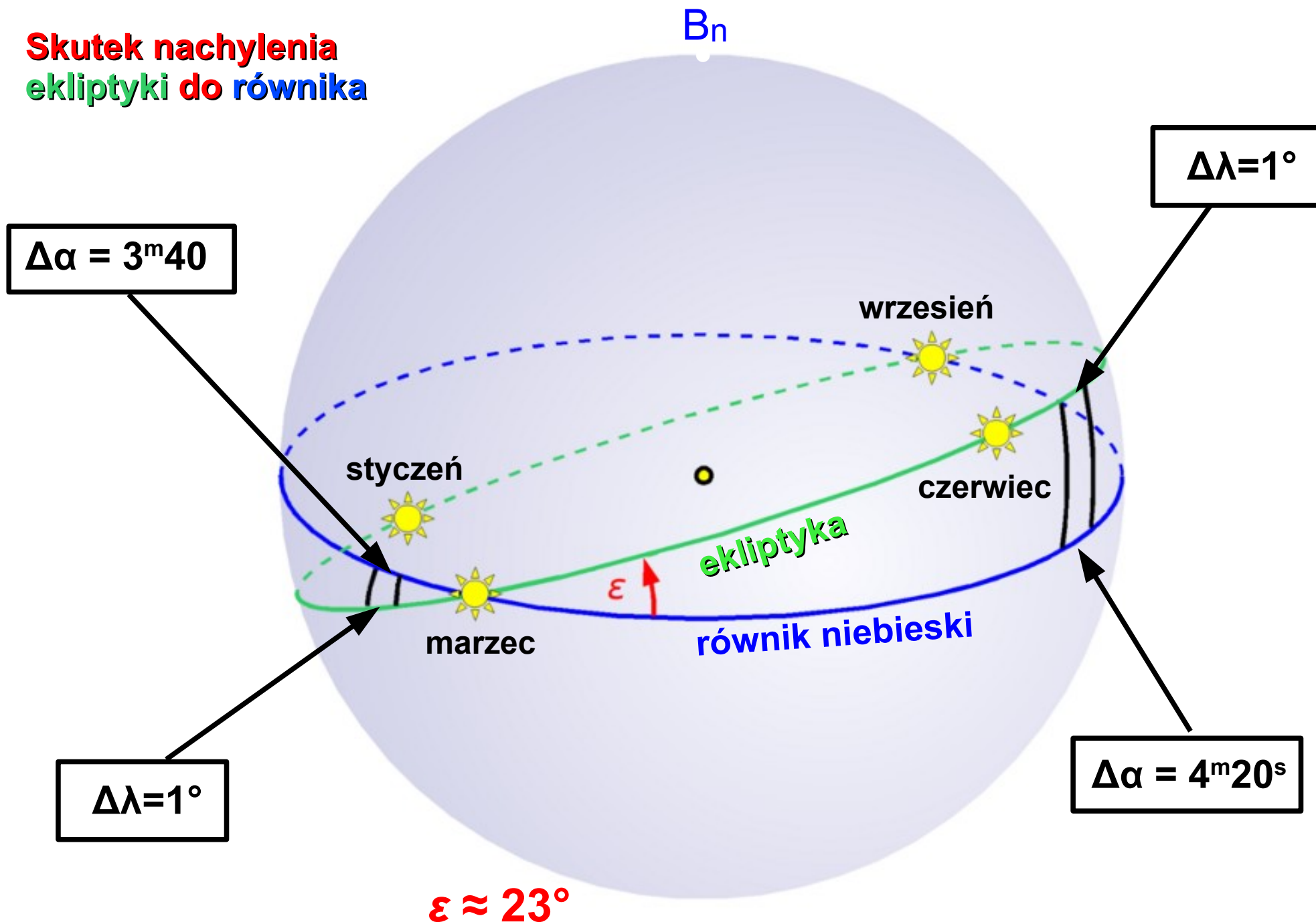
**Rektascensja Słońca rośnie  
niejednostajnie tak więc  
czas słoneczny prawdziwy jest czasem  
niejednostajnym!**

# Ruch roczny Słońca

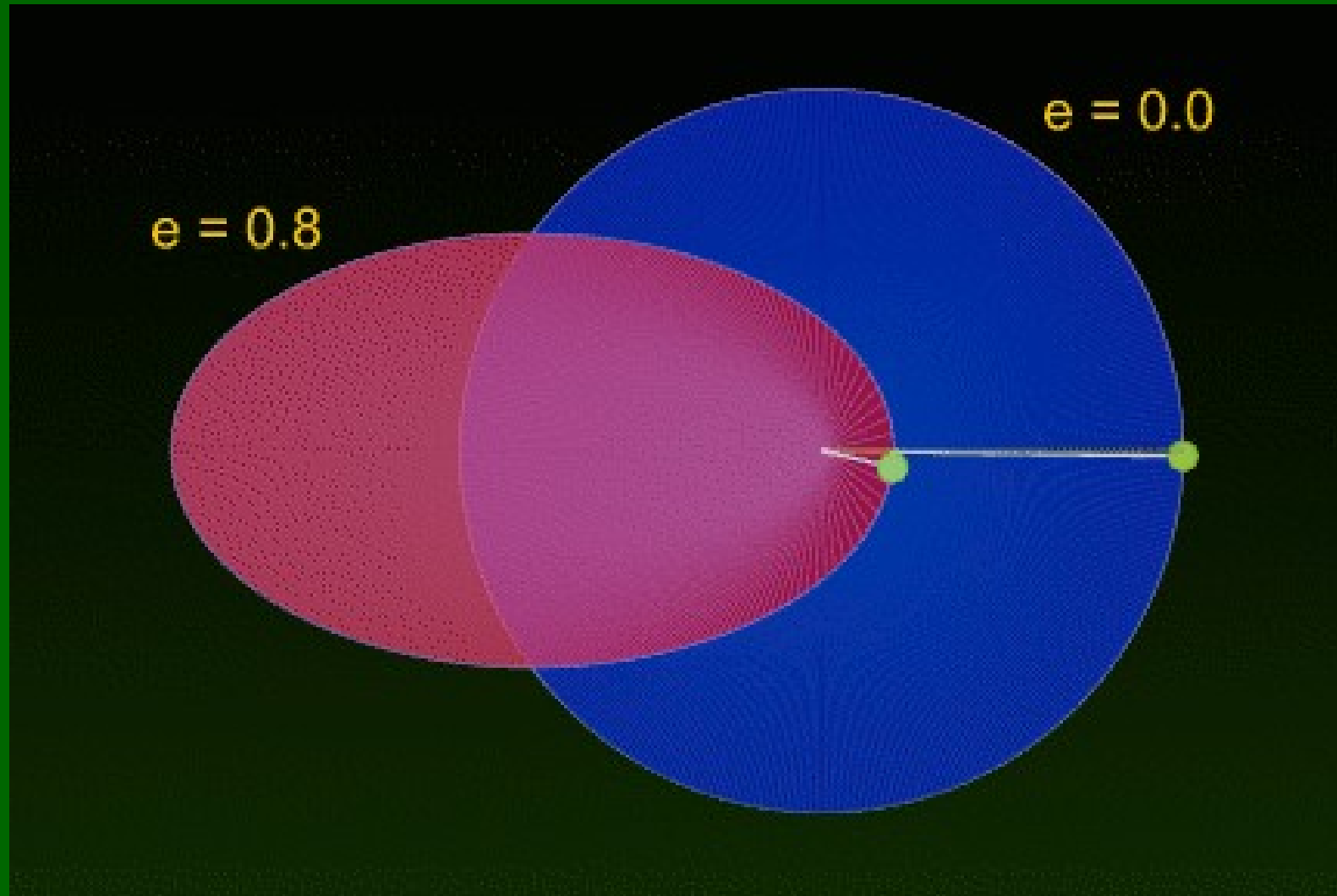


[http://www.dur.ac.uk/john.lucey/users/solar\\_year.gif](http://www.dur.ac.uk/john.lucey/users/solar_year.gif)

**Skutek nachylenia  
ekliptyki do równika**



# Dwie orbity o identycznym okresie

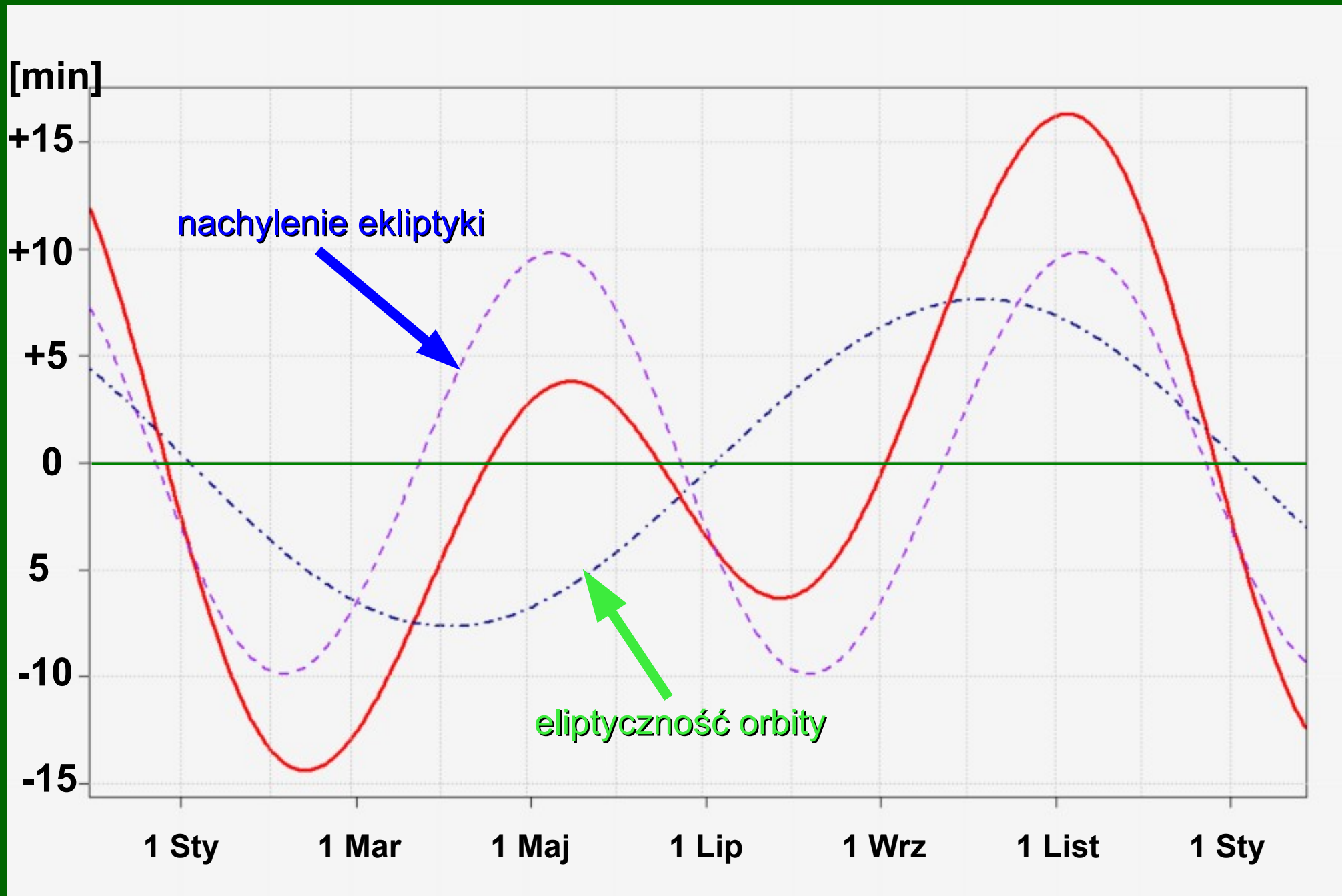


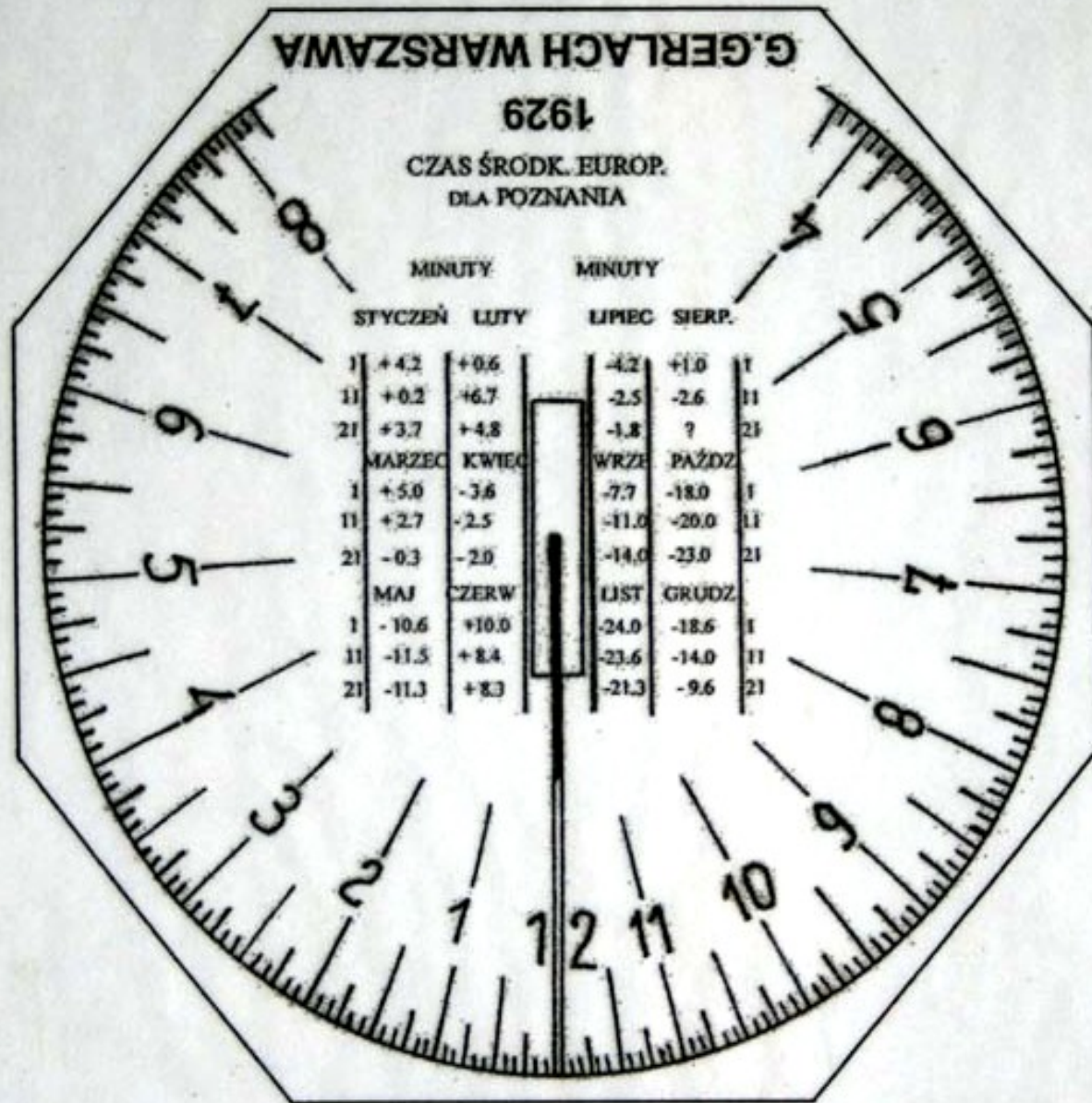
By Garry R. Osgood

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



# Równanie Czasu (prawdziwy minus średni)





Tarcza zegara słonecznego sprzed Palmiarni

# Universal Time (UT)

Od 1925 roku średni czas słoneczny mierzy się od północy i od 1935 nazywa Czasem Uniwersalnym.

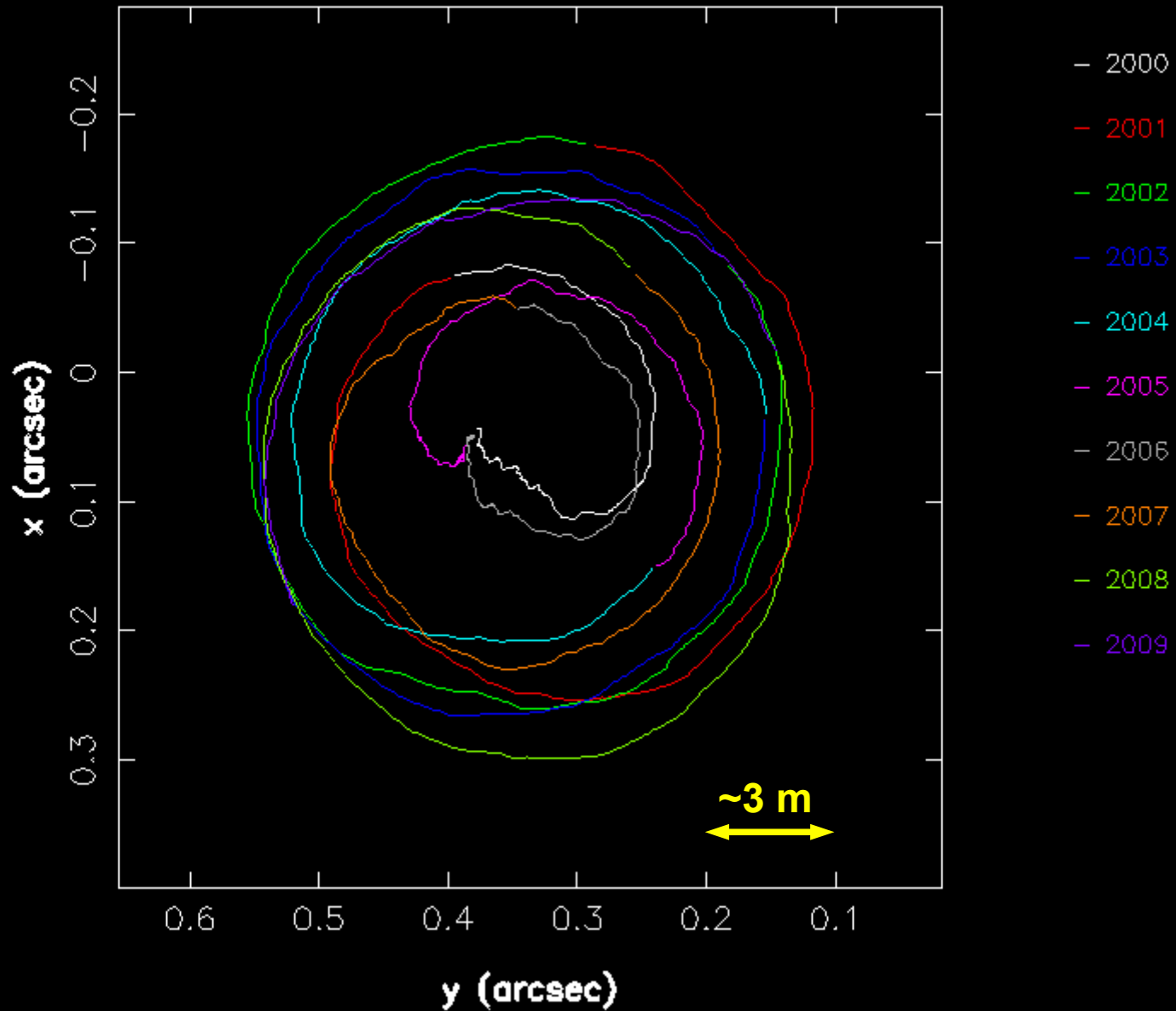
Jest to kąt godzinny Słońca średniego powiększony o 12 godzin.

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

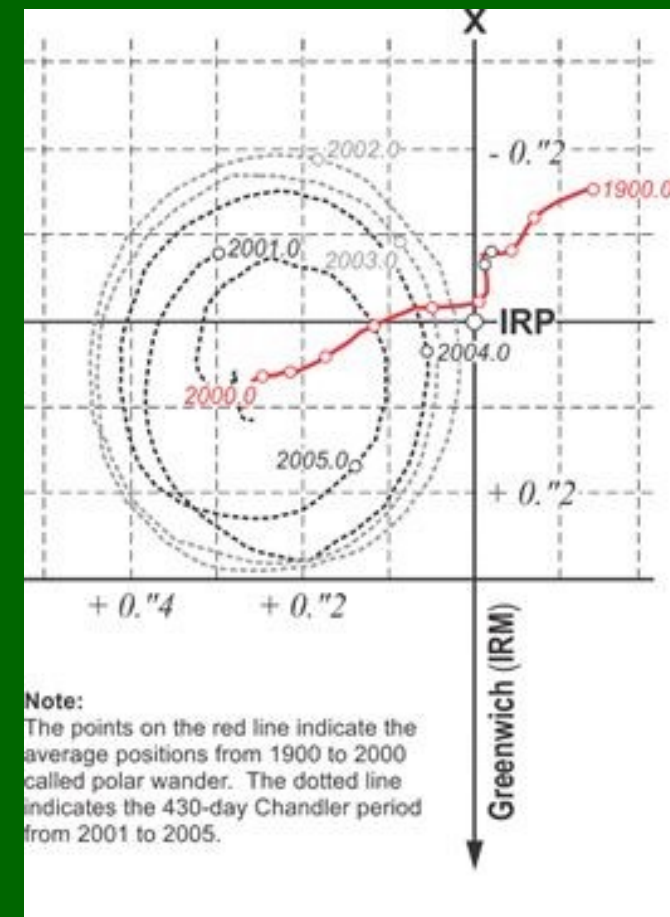
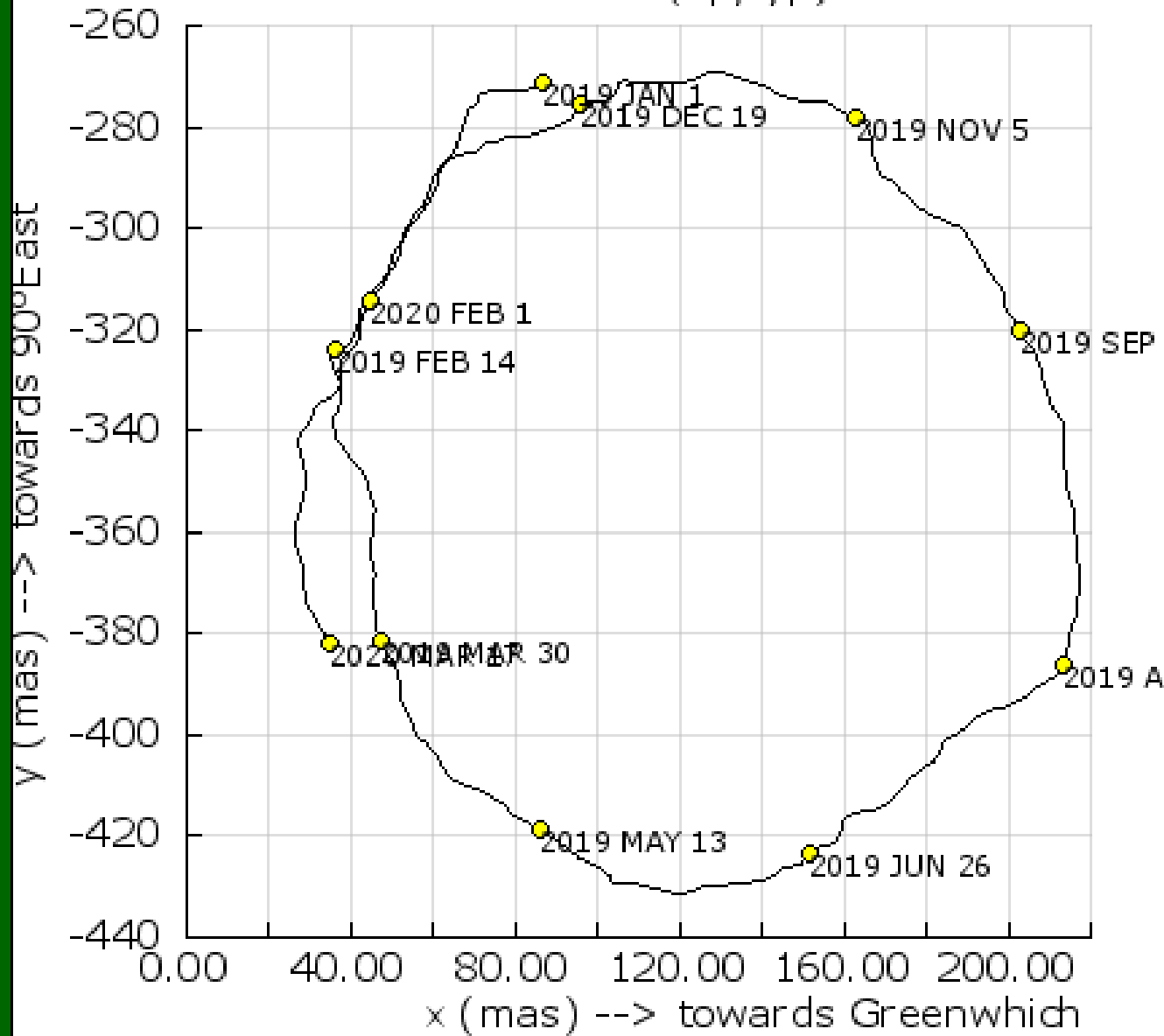
# Dalsze kłopoty – nierównomierność rotacji Ziemi

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

## Ruch bieguna na przestrzeni lat



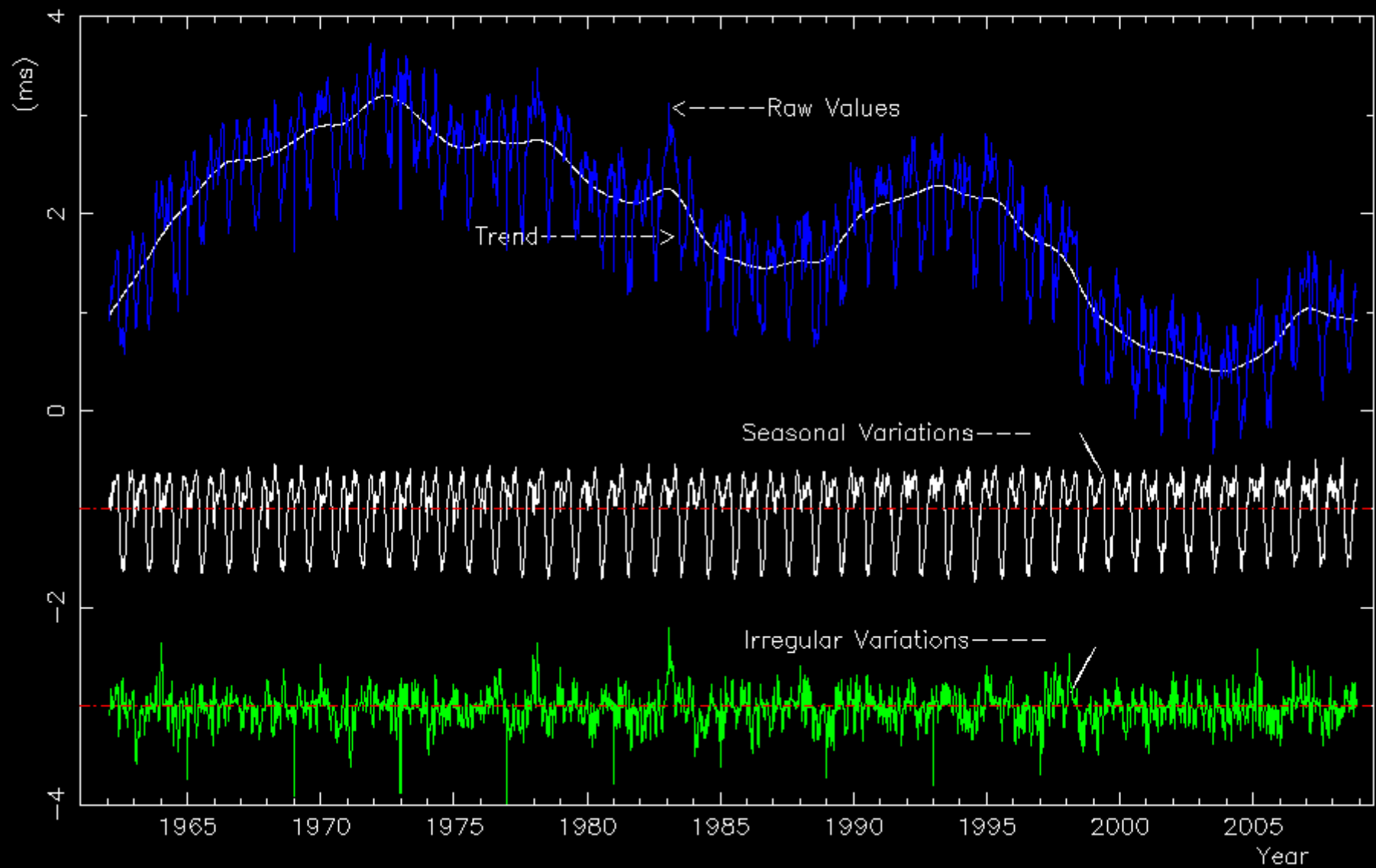
Pole coordinates ( $x_p, -y_p$ )



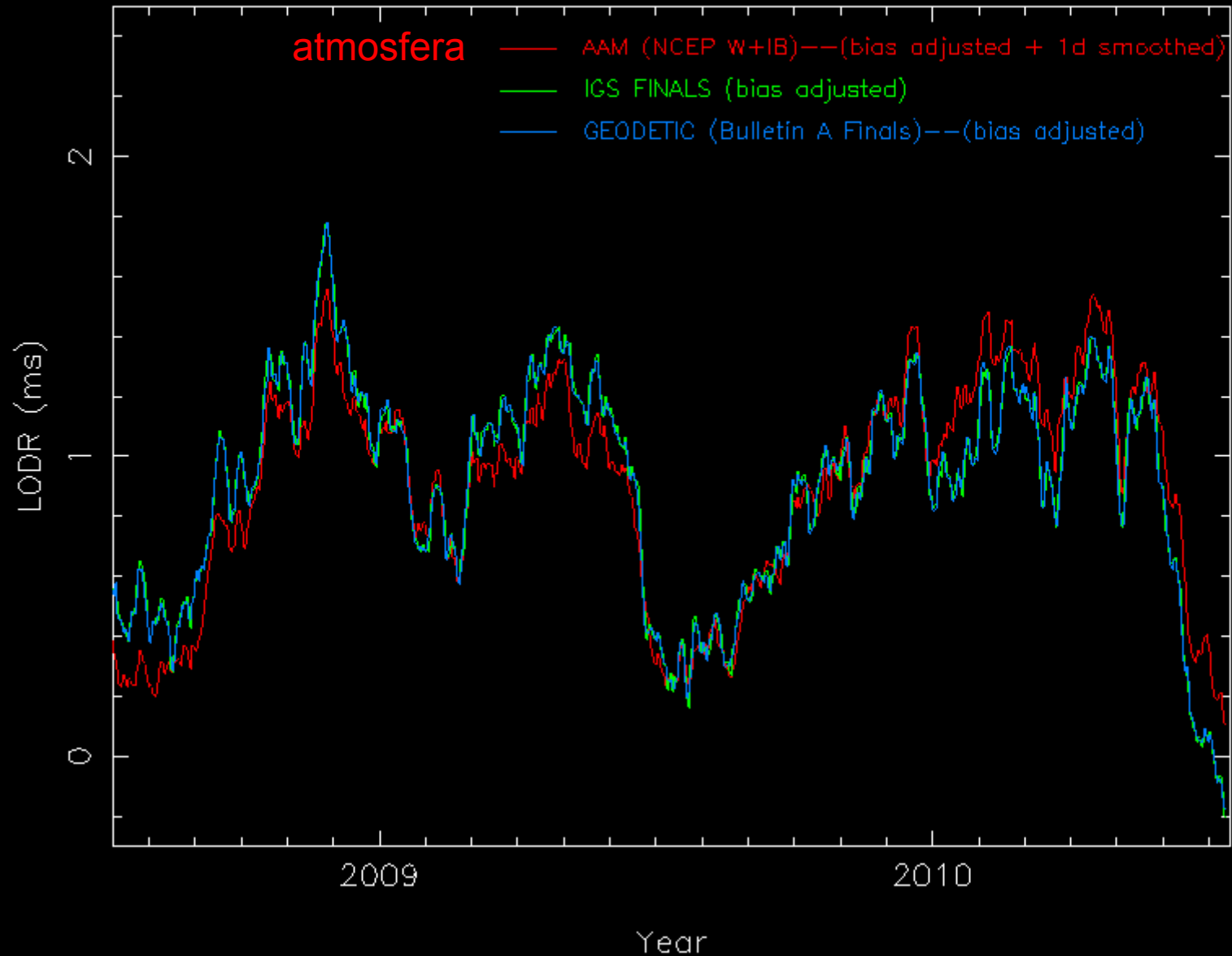
<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/images/pole.png>

Source: GPS for Land Surveyors

Filtering of LOD variations: Trend, Seasonal and Irregular Components



## Zmiany długości doby a pogoda



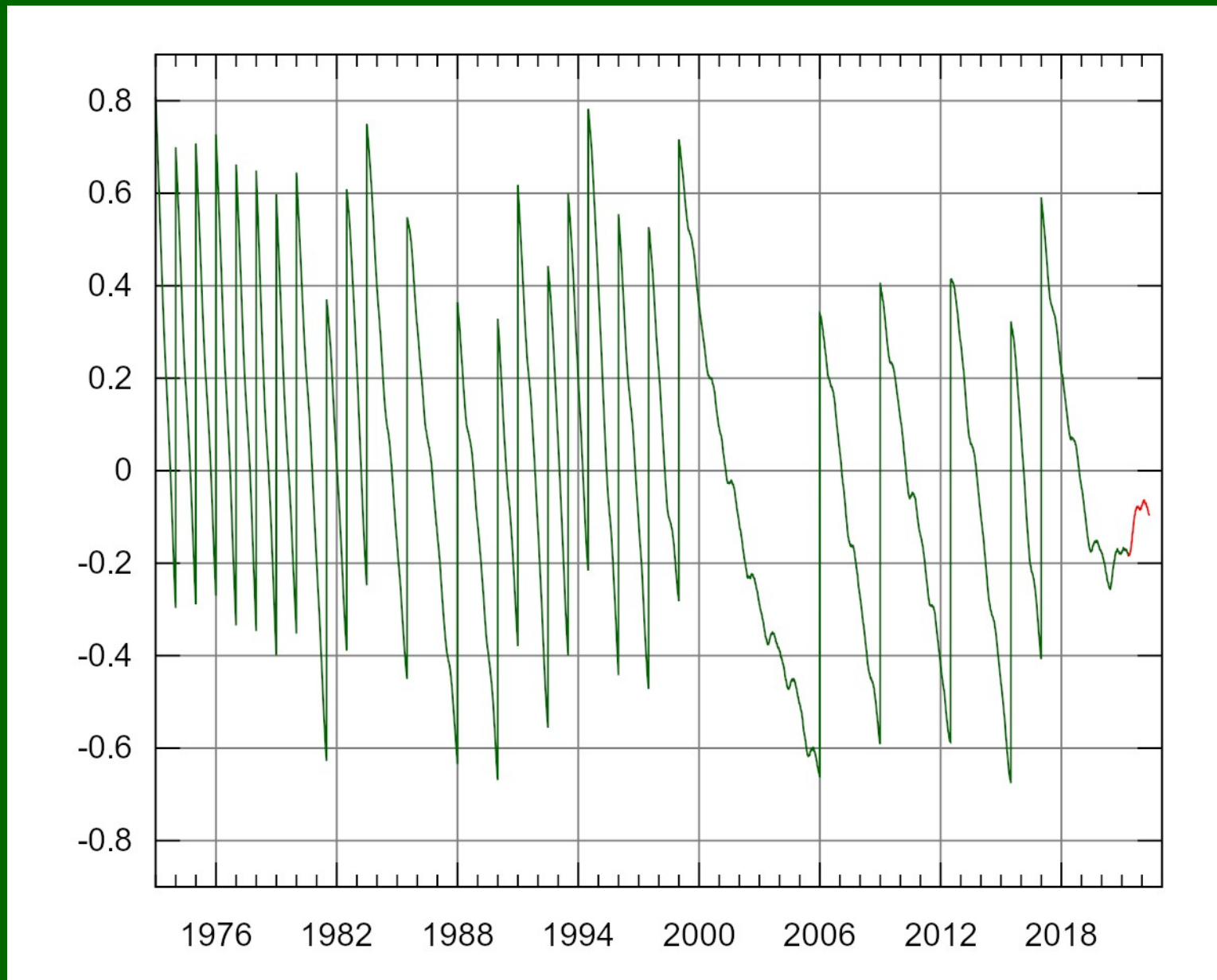


# Czas uniwersalny

- 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.

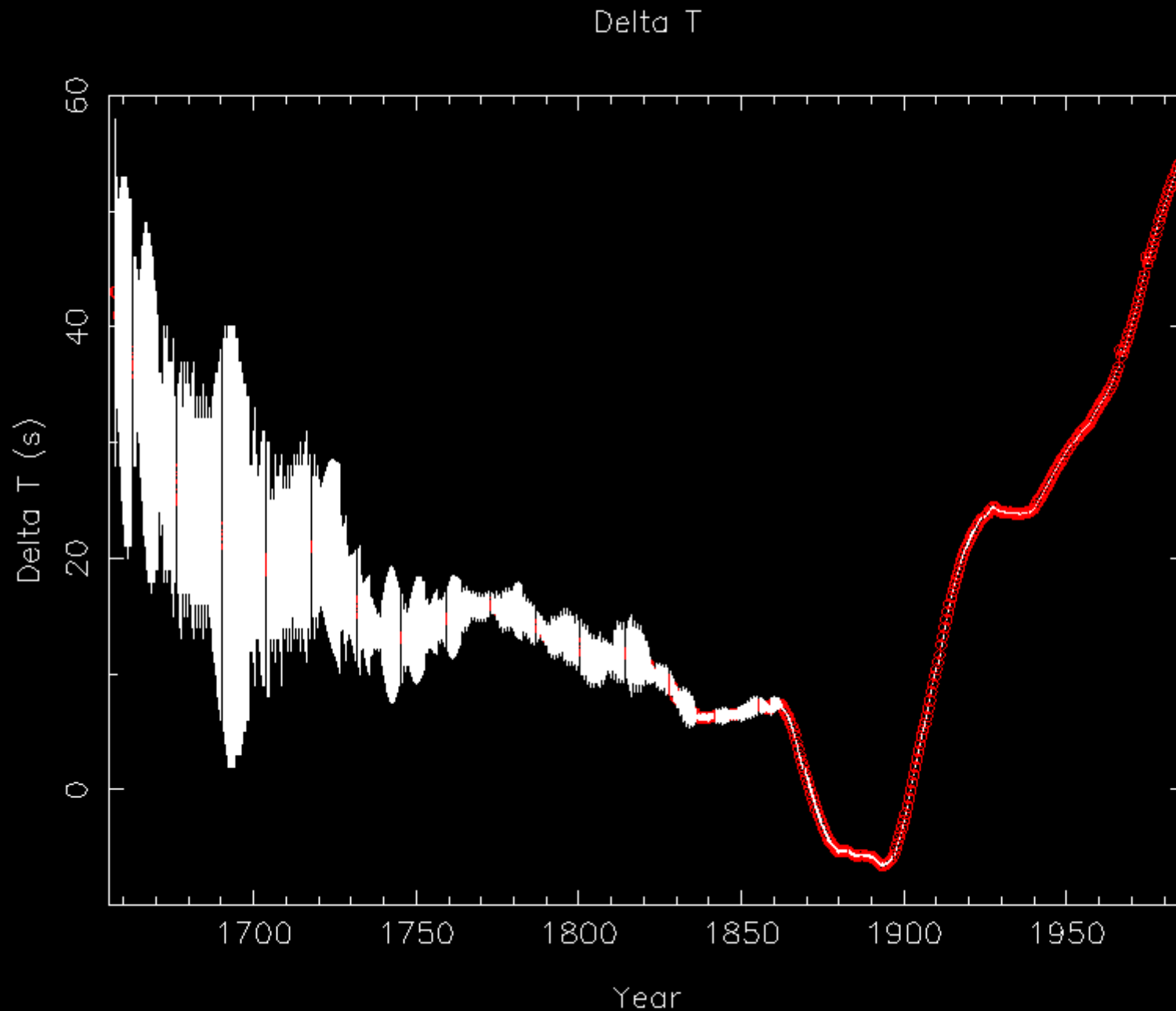
**Jeśli dochodzi do 0.6 s – sekunda przestępna!**

# UT1 – UTC (sekundy przestępne)

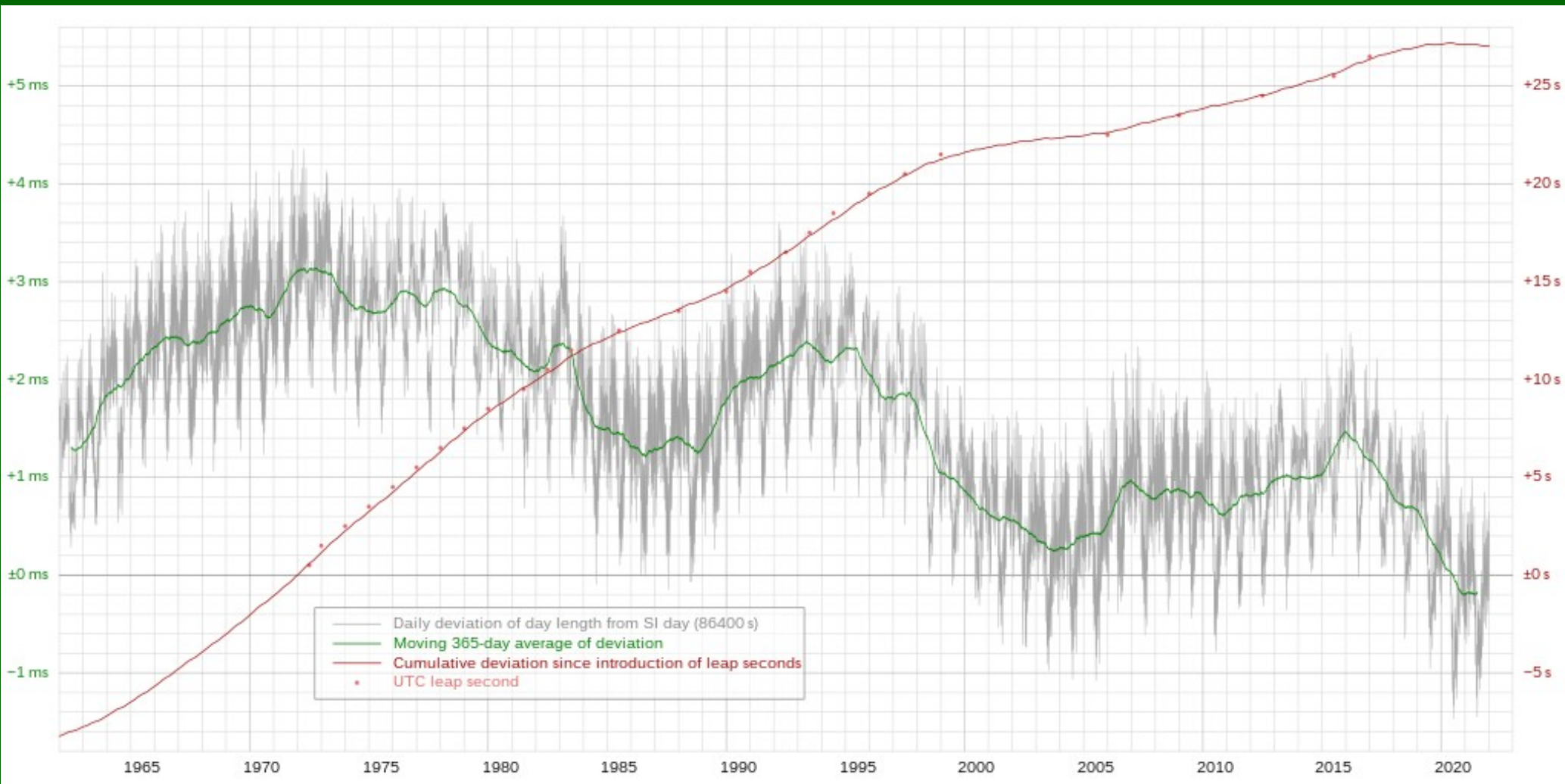


Ostatnia sekunda przestępna została wprowadzona z końcem grudnia 2017

# Historyczne wartości $\Delta T$



# Zmiany długości ziemskiej doby



sekunda SI = 9 192 631 770 cykli promieniowania cezu 133

**Czas a długość geograficzna.**



Autor: Sean Baker,

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Northern\\_Hemisphere\\_LamAz.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Northern_Hemisphere_LamAz.png)



południk zerowy



fot. Takasunrise0921

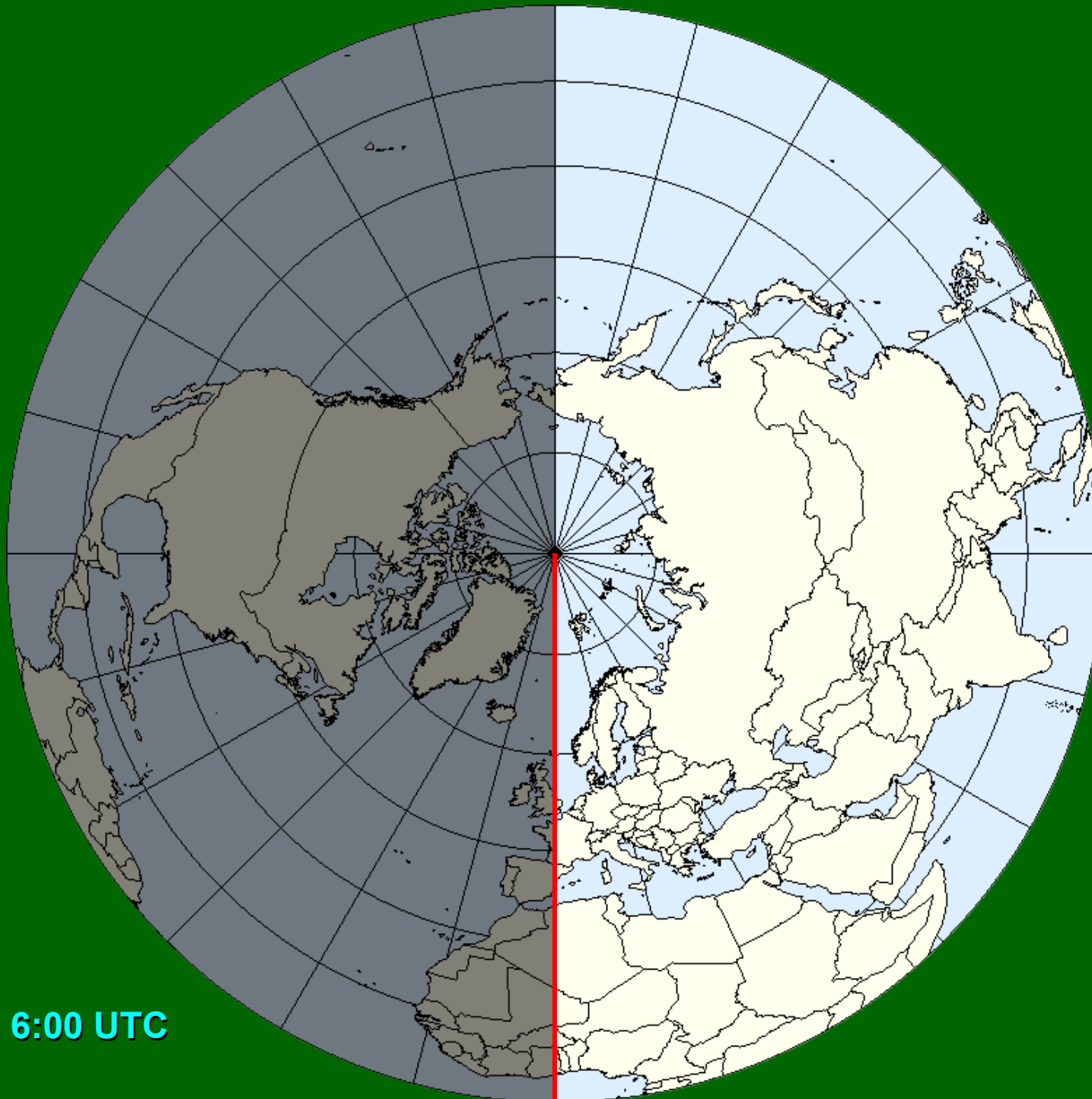


fot. Zlatko Krastev



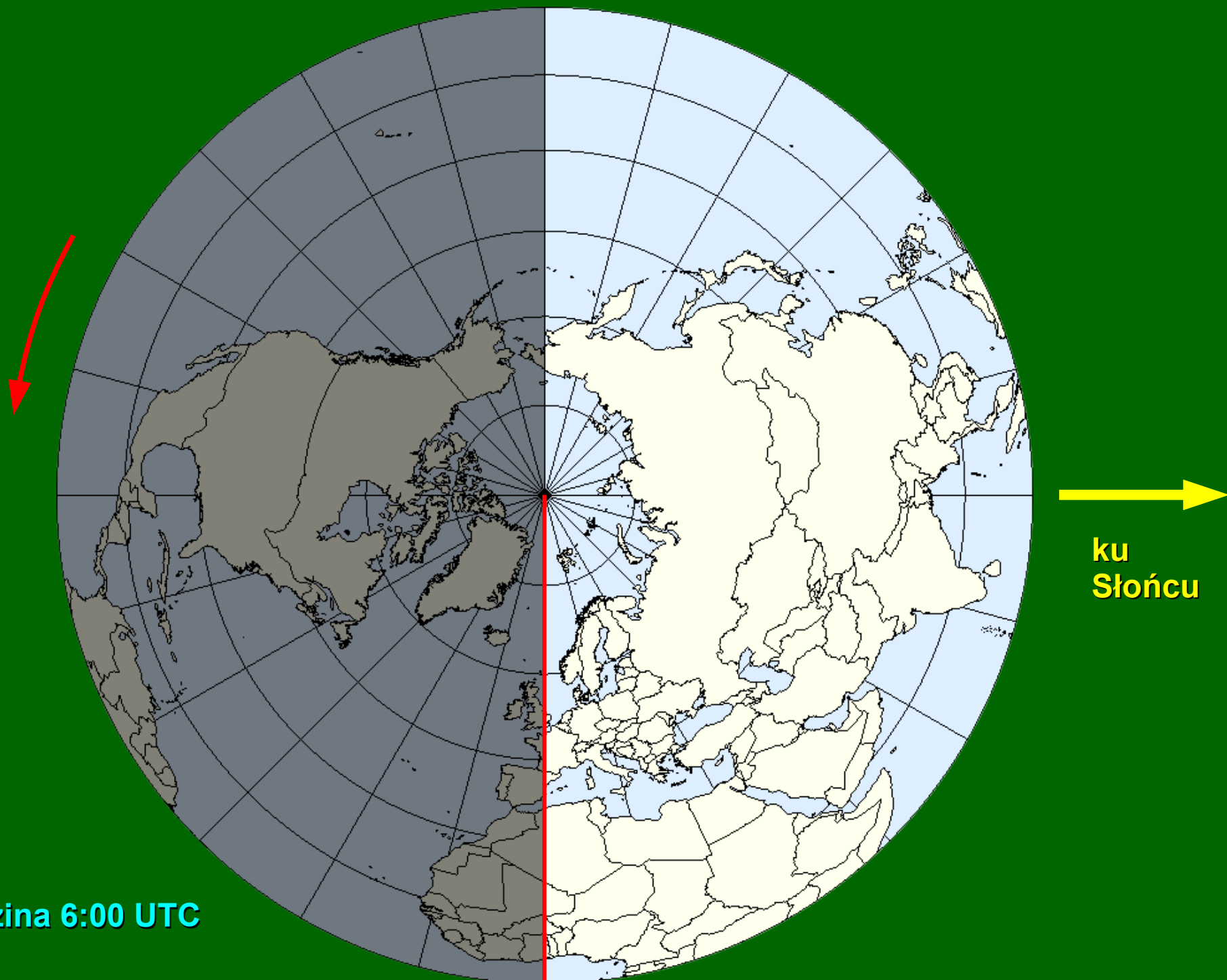


południk zerowy



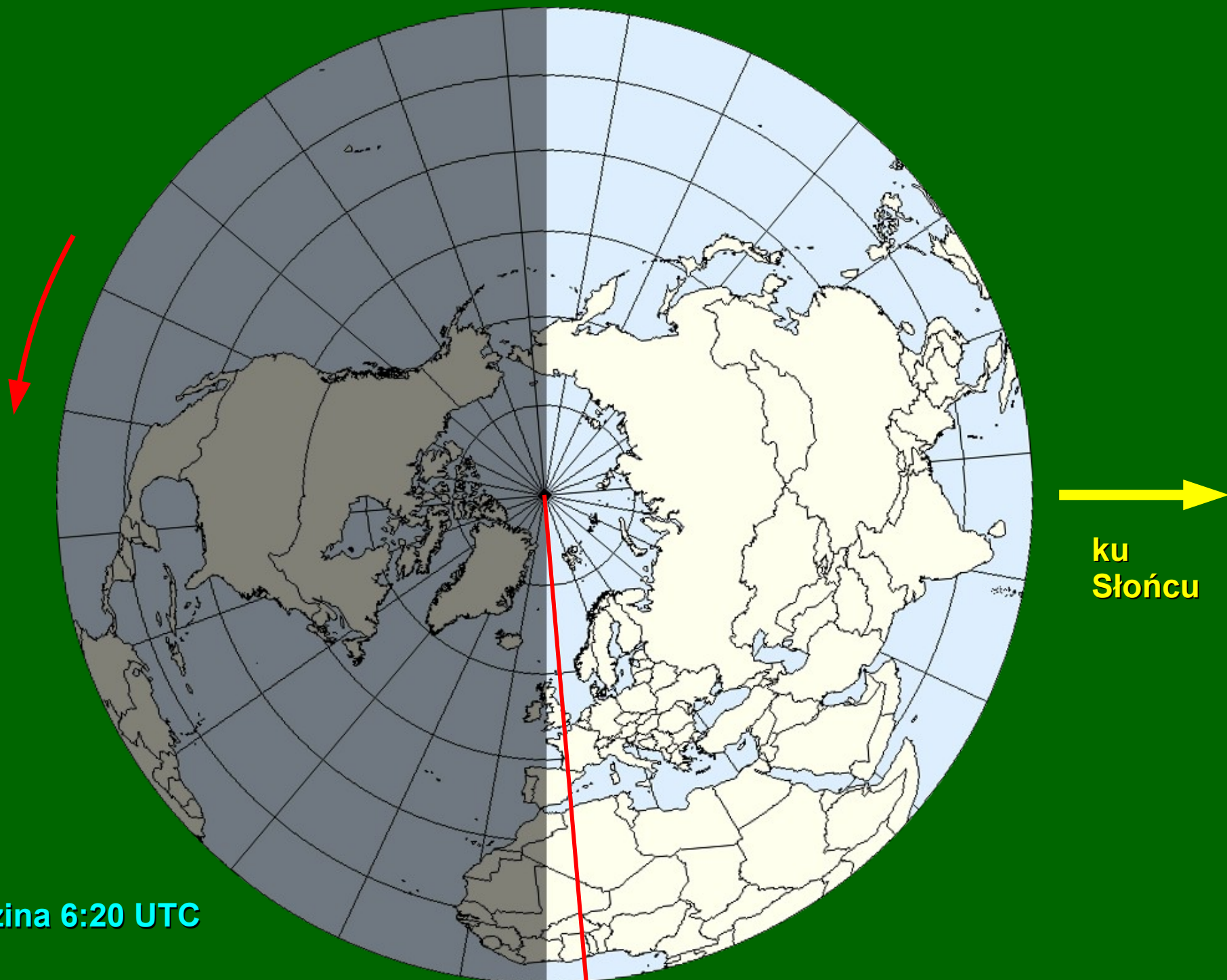
godzina 6:00 UTC

Dla uproszczenia rysunek wykonano dla dnia równonocy wiosennej lub jesiennej.

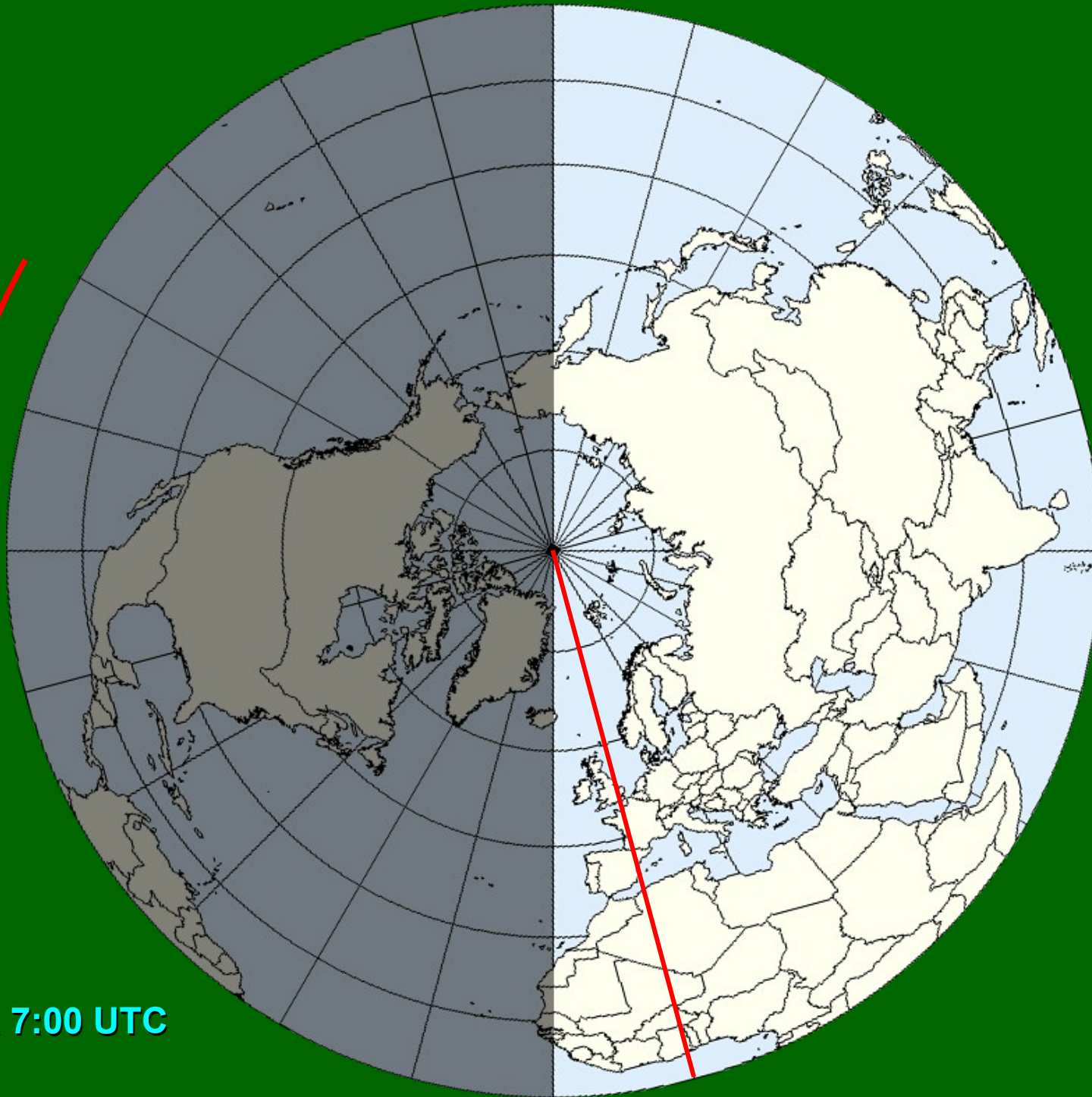


godzina 6:00 UTC

ku  
Słońcu

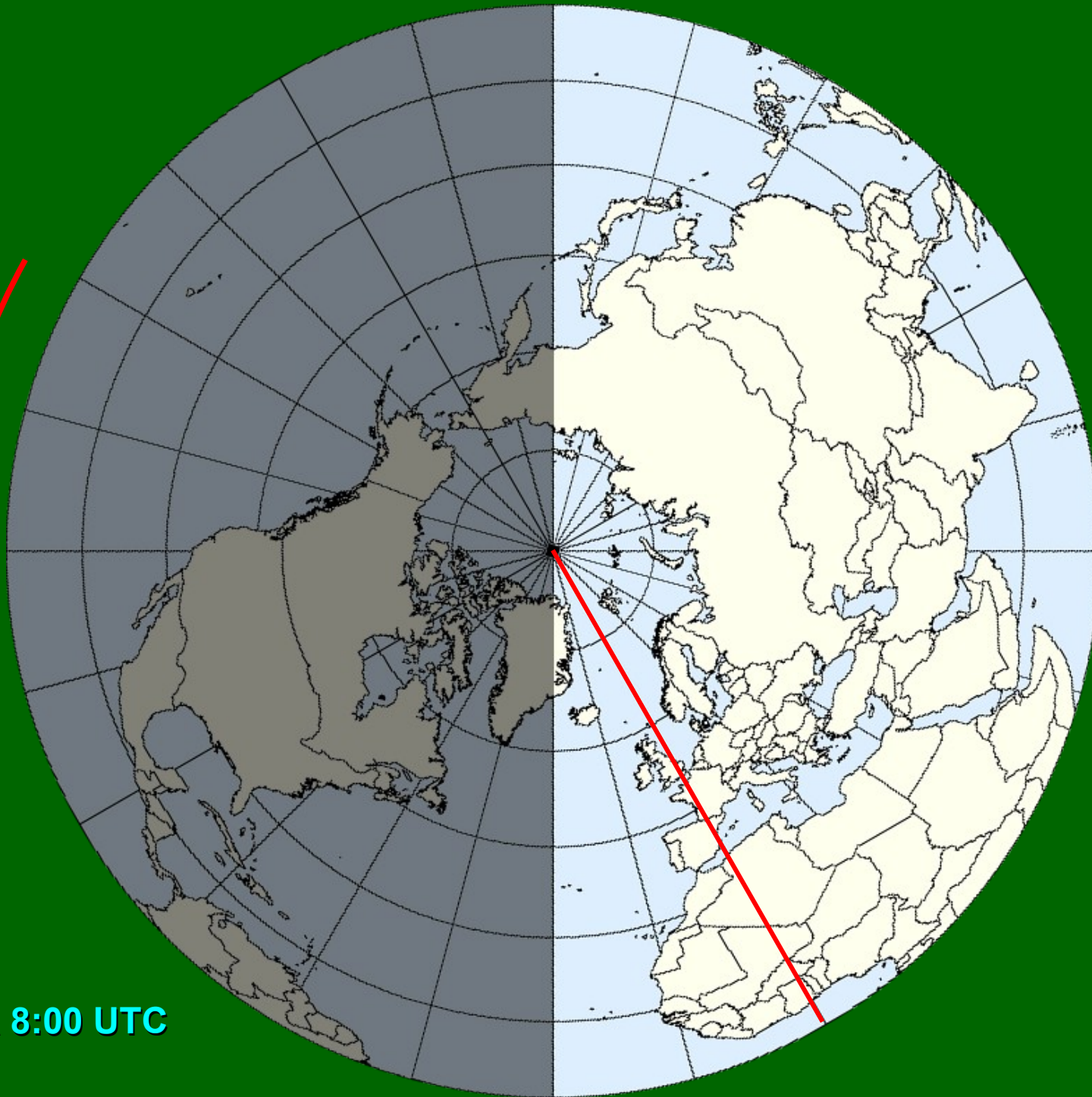


godzina 6:20 UTC



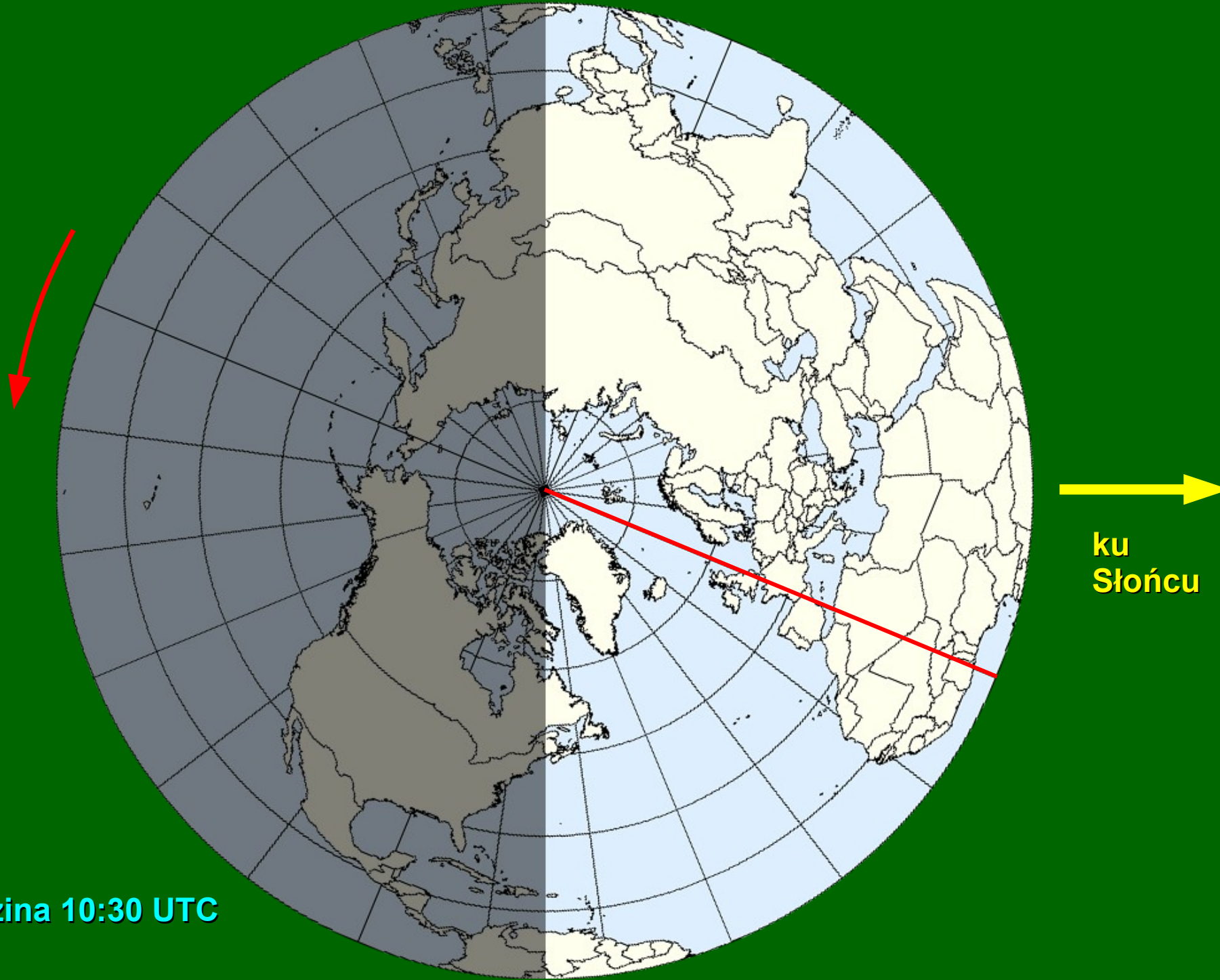
ku  
Słońcu

godzina 7:00 UTC



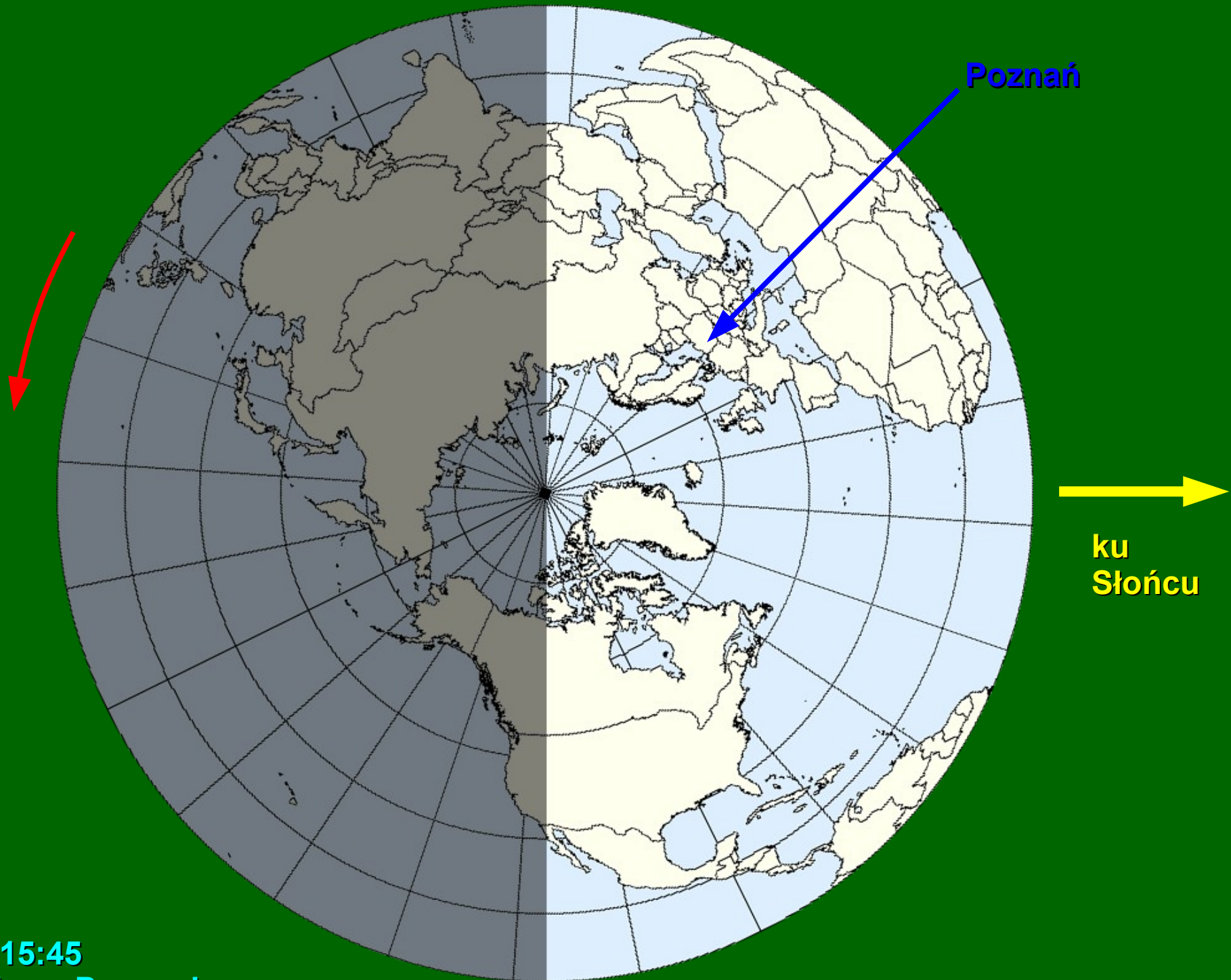
ku  
Słońcu

godzina 8:00 UTC



godzina 10:30 UTC

ku  
Słońcu



Poznań

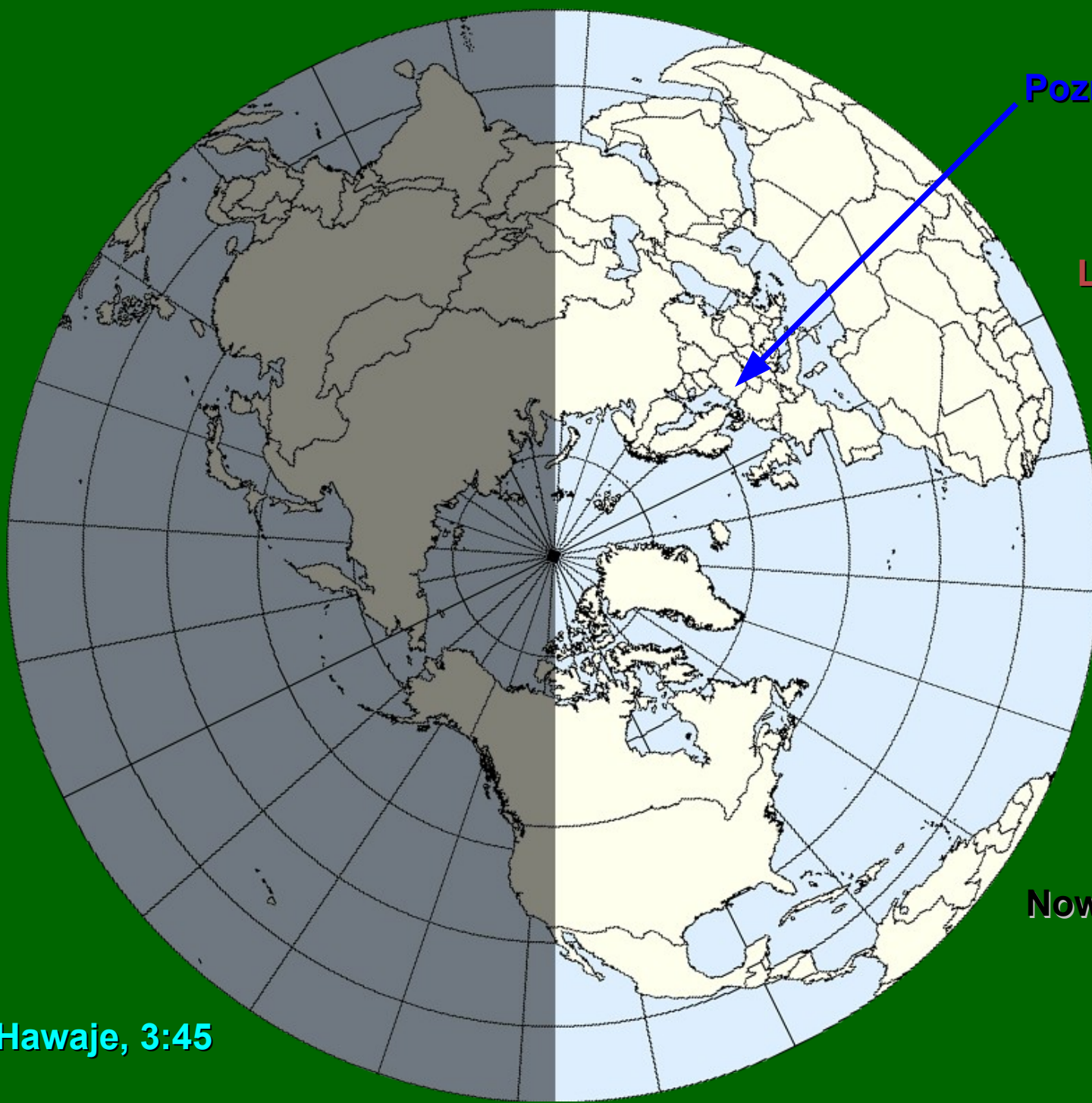
ku  
Słońcu

Godzina 15:45  
na zegarku w Poznaniu



Tokio, 22:45

Hawaje, 3:45



Poznań, 14:45

Londyn, 13:45









ku  
Słońcu

Nowy Jork, 9:45



## Legend

-  Political Boundary
-  Standard (Winter) Time Zone Boundary
-  One side of a blue line observes DST, while the other side does not
-  DST Rule Boundary
-  \* DST-Observing Region
-  + Explicit Mark for Non-DST-Observing Regions

## DST Legend

### ***Date of the Month***

Fr1 = First Friday

SuL = Last Sunday

15 = the 15th

Su $\geq$ 9 = First Sunday after the 9th

### ***Type of Time***

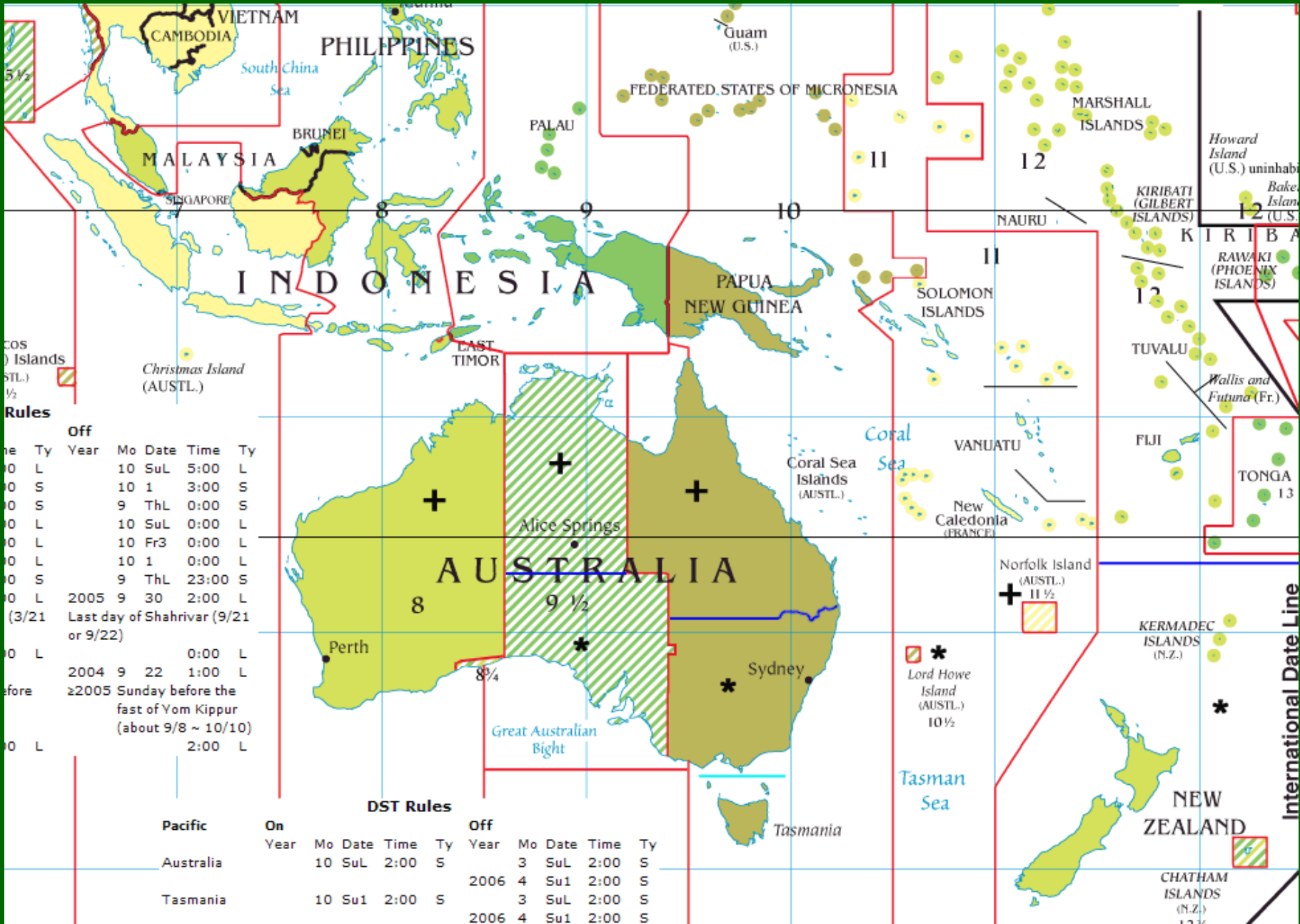
L = Local (Wall Clock Time)

S = Standard (Winter Time)

U = UTC (a.k.a. GMT)

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook>



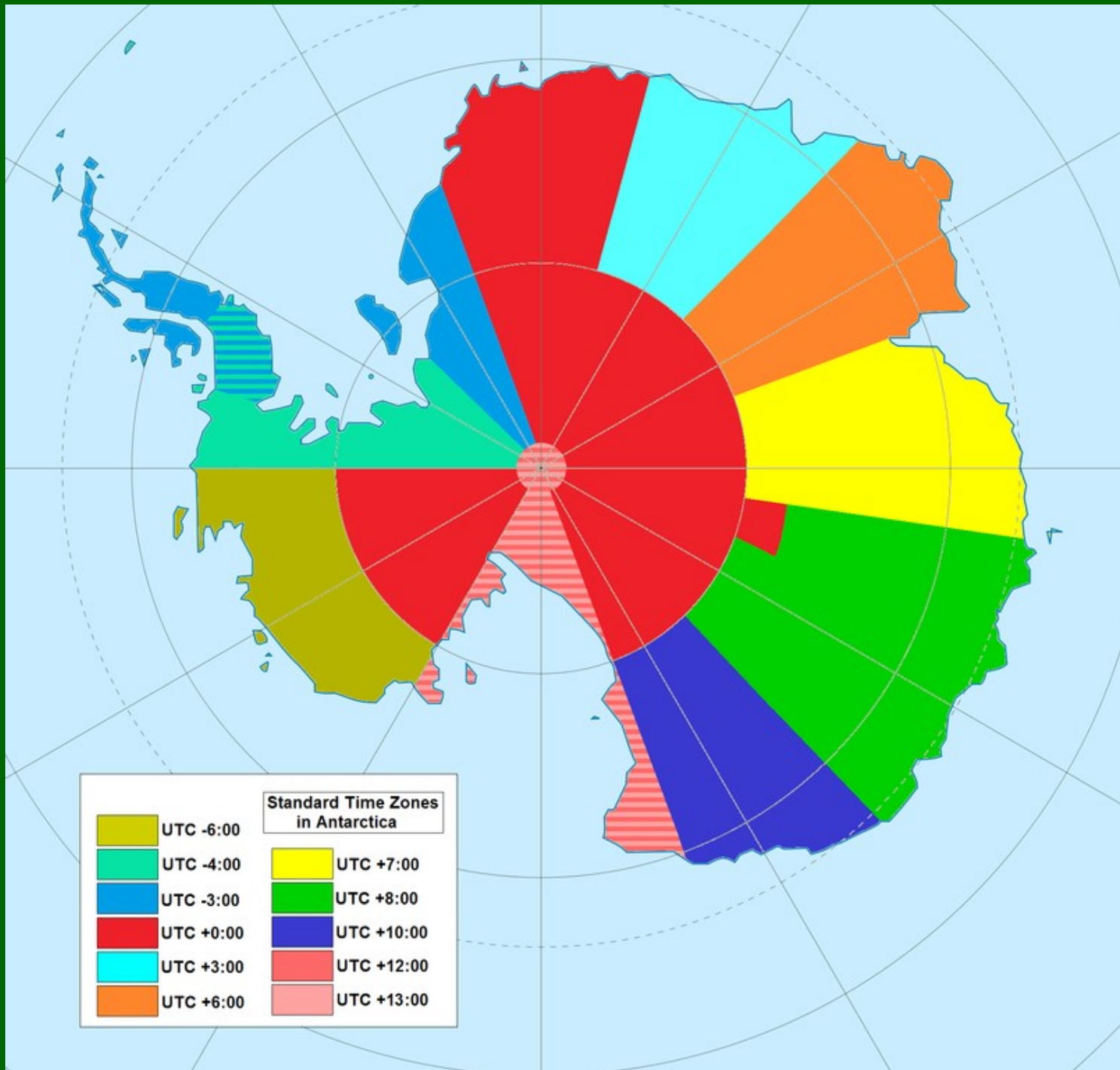


**Rules**

Year	Mo	Date	Time	Ty
2004	Su	10	5:00	L
2005	1	10	3:00	S
2005	Th	9	0:00	S
2005	Su	10	0:00	L
2005	Fr	10	0:00	L
2005	1	10	0:00	L
2005	Th	9	23:00	S
2005	30	9	2:00	L
(3/21 Last day of Shahrivar (9/21 or 9/22))				
2004			0:00	L
2004	Su	9	1:00	L
≥2005 Sunday before the fast of Yom Kippur (about 9/8 ~ 10/10)				
2004			2:00	L

**DST Rules**

Pacific					On					Off				
Year	Mo	Date	Time	Ty	Year	Mo	Date	Time	Ty	Year	Mo	Date	Time	Ty
Australia	10	Su	2:00	S	2005	3	Su	2:00	S	2006	4	Su	2:00	S
Tasmania	10	Su	2:00	S	2006	3	Su	2:00	S	2006	4	Su	2:00	S



# Czas letni i zimowy

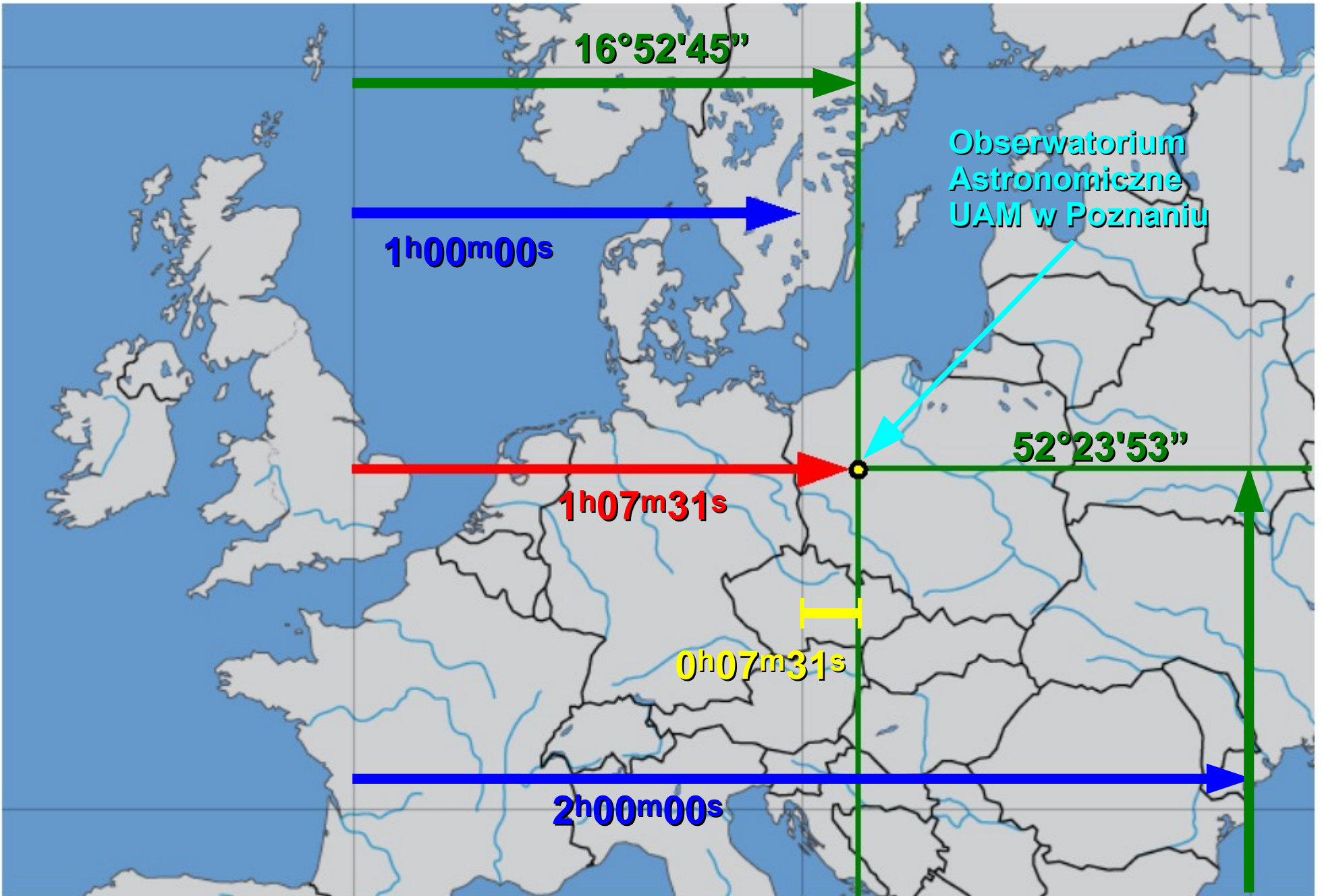
- W Polsce utrzymywana jest nadal praktyka wprowadzania czasu letniego nad ranem w ostatnią niedzielę marca i odwoływania nad ranem w ostatnią niedzielę października.
- W roku 2022 czas letni (wschodnio-europejski) zostanie wprowadzony dnia 27 marca o godzinie 2:00 czasu środkowo-europejskiego (1:00 czasu uniwersalnego - UT) poprzez przestawienie wskazówek zegarów z godziny 2:00 na godzinę 3:00.
- Odwołanie czasu letniego - powrót do zimowego (środkowo-europejskiego) - odbędzie się dnia 30 października o godzinie 3:00 czasu letniego (wschodnio-europejskiego) poprzez cofnięcie wskazówek na godzinę 2:00.
- Tego dnia czas pomiędzy godzinami 2:00 i 3:00 nowego czasu oznacza się poprzez dodanie litery a po numerze godziny (np godz. 2a minut 25).

# Jakiś czas temu pisałem ...

- 11 października 2017 sejmowa komisja administracji i spraw wewnętrznych poparła jednogłośnie projekt ustawy autorstwa PSL, który zakłada brak zmiany czasu na letni i zimowy.
- Był pomysł aby czas letni obowiązywał przez cały rok, od 1 października 2018 r.

Pomysł rezygnacji ze zmiany czasu rozważany jest w całej Unii Europejskiej, trwają konsultacje i uzgodnienia.





$16^{\circ}52'45''$

Obserwatorium  
Astronomiczne  
UAM w Poznaniu

1h00m00s

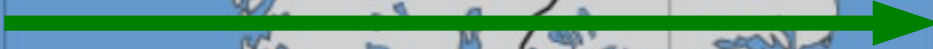
$52^{\circ}23'53''$

1h07m31s

0h07m31s

2h00m00s

**21°04'05"**



**1h00m00s**



**1h24m16s**

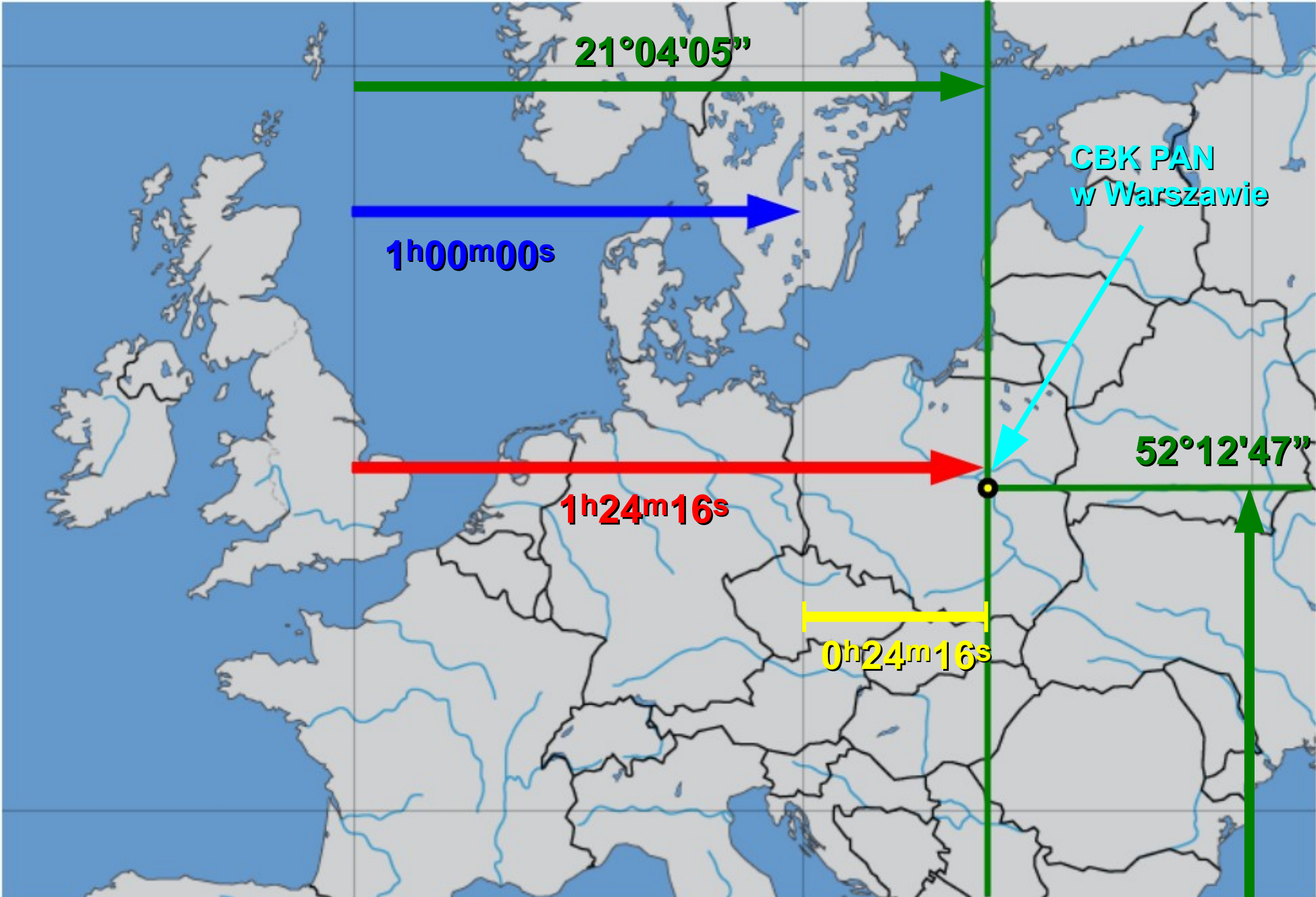


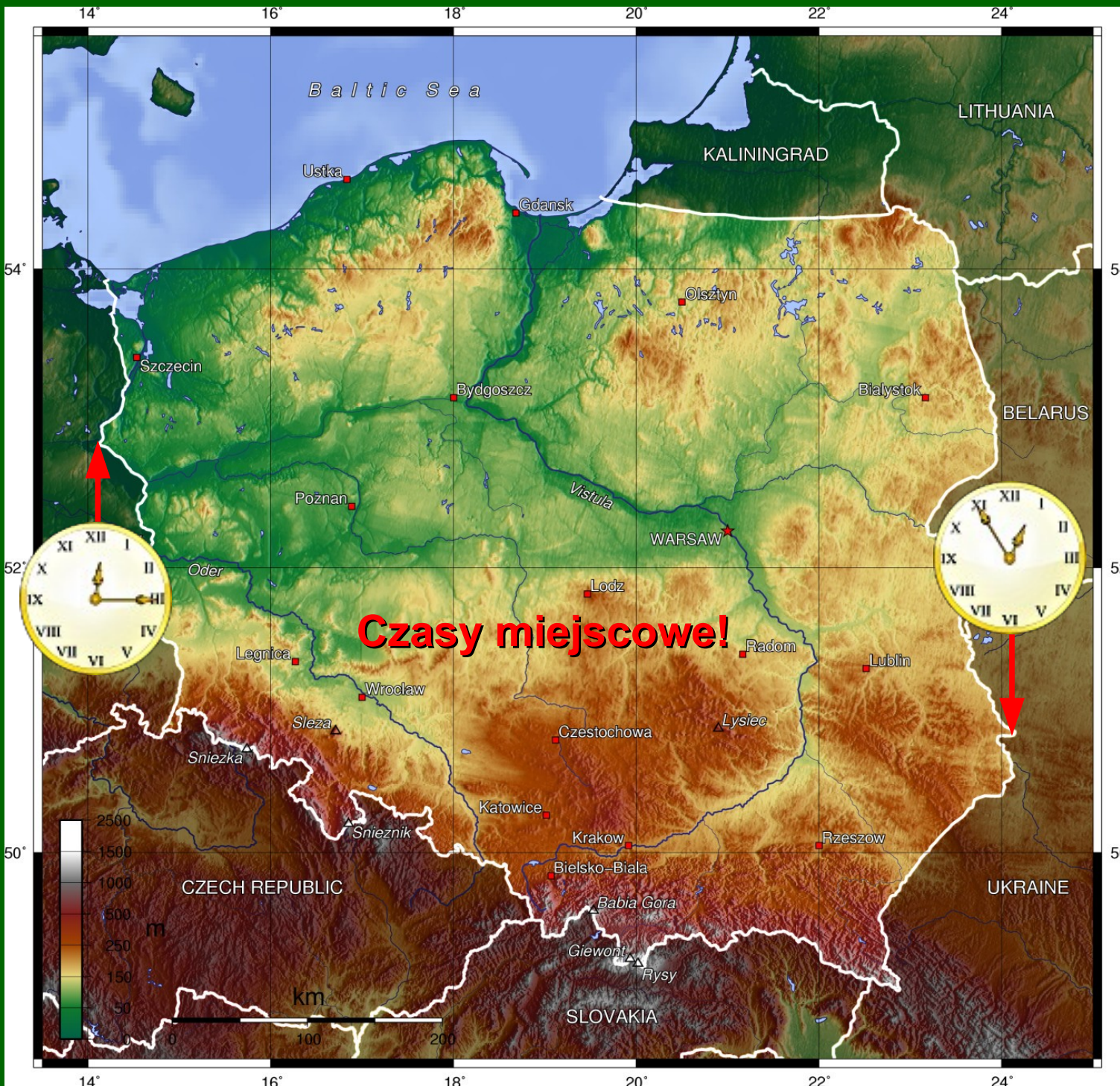
**0h24m16s**



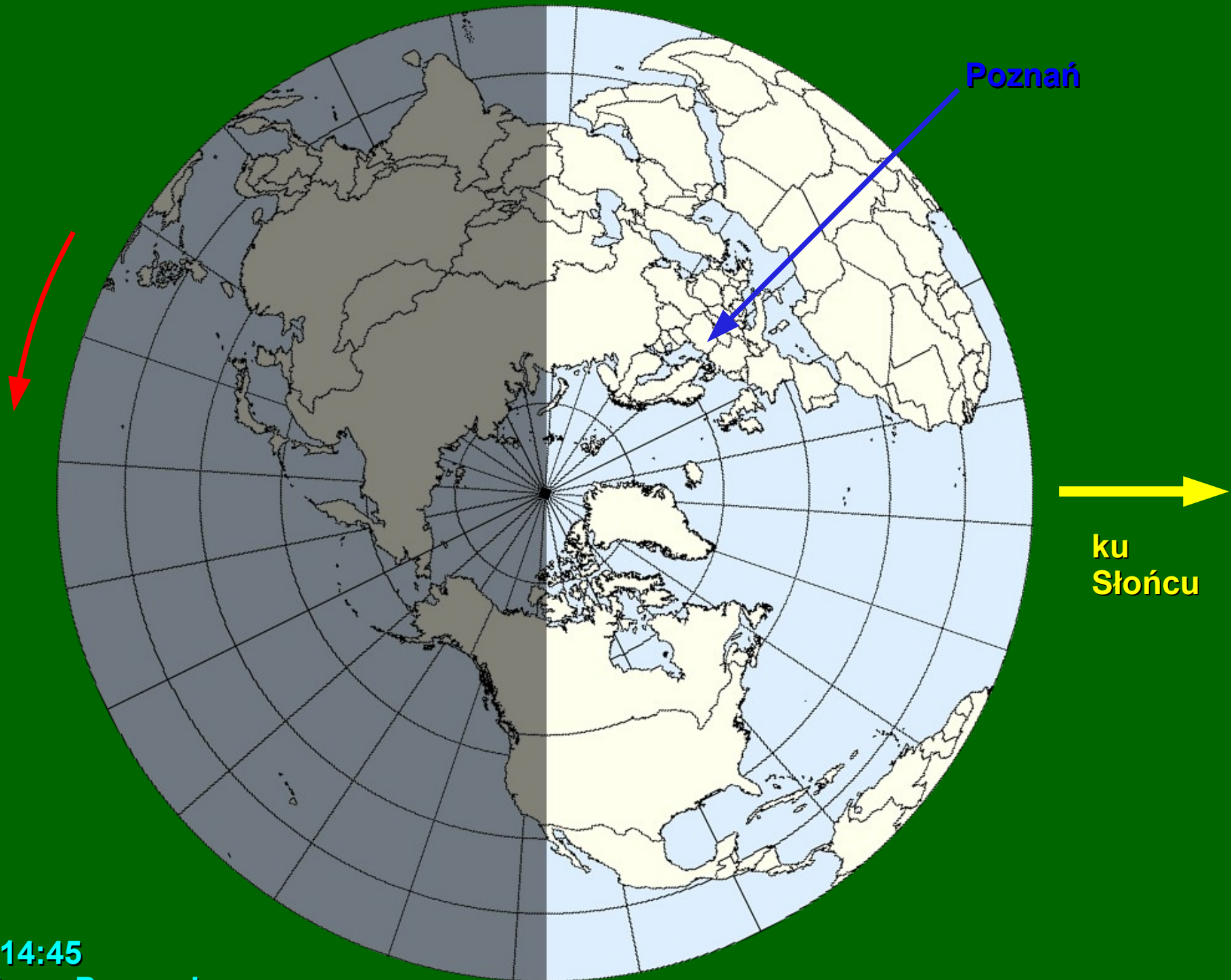
**52°12'47"**

**CBK PAN  
w Warszawie**





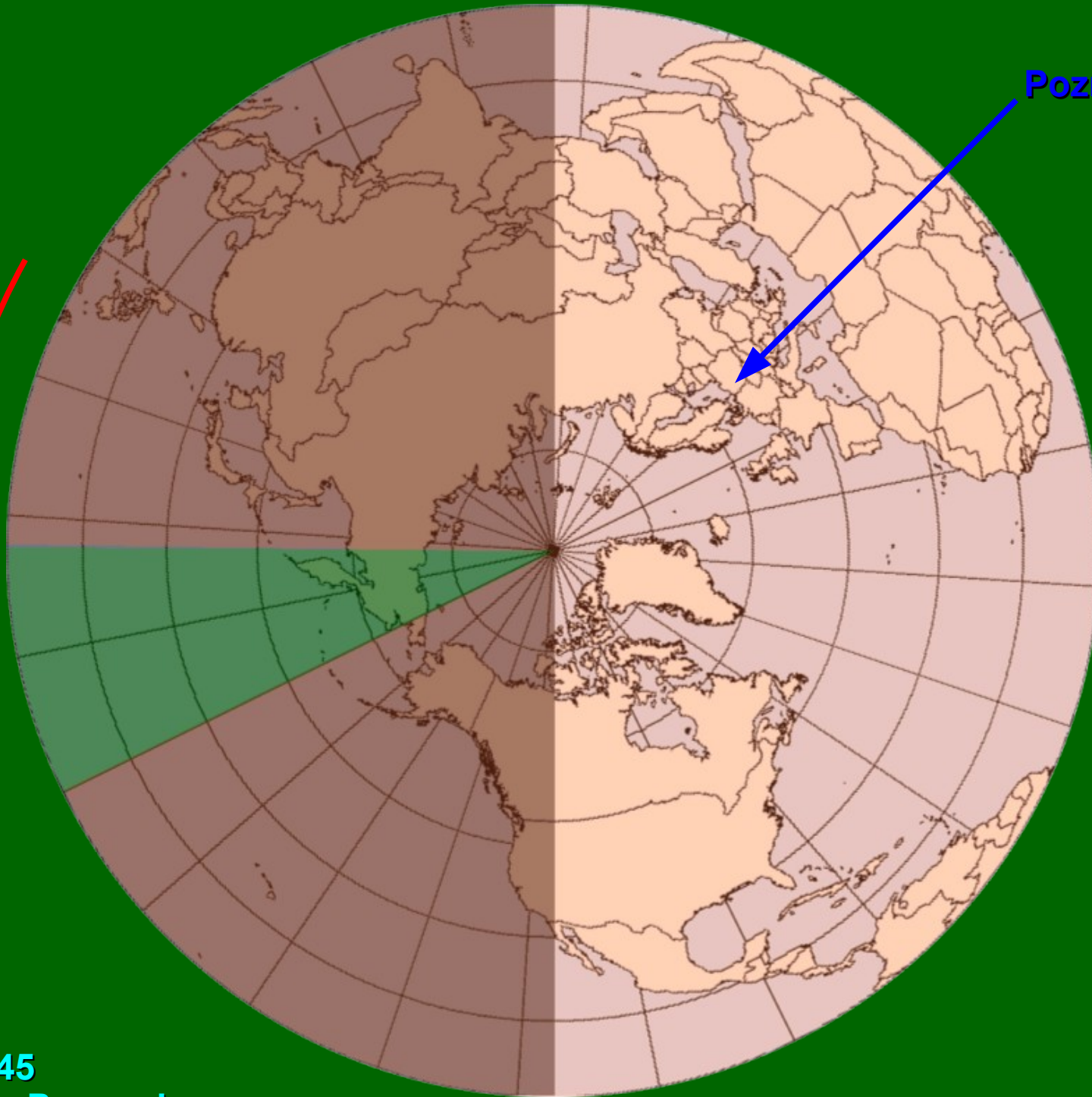
# Czasy miejscowe!



Poznań

ku  
Słońcu

Godzina 14:45  
na zegarku w Poznaniu

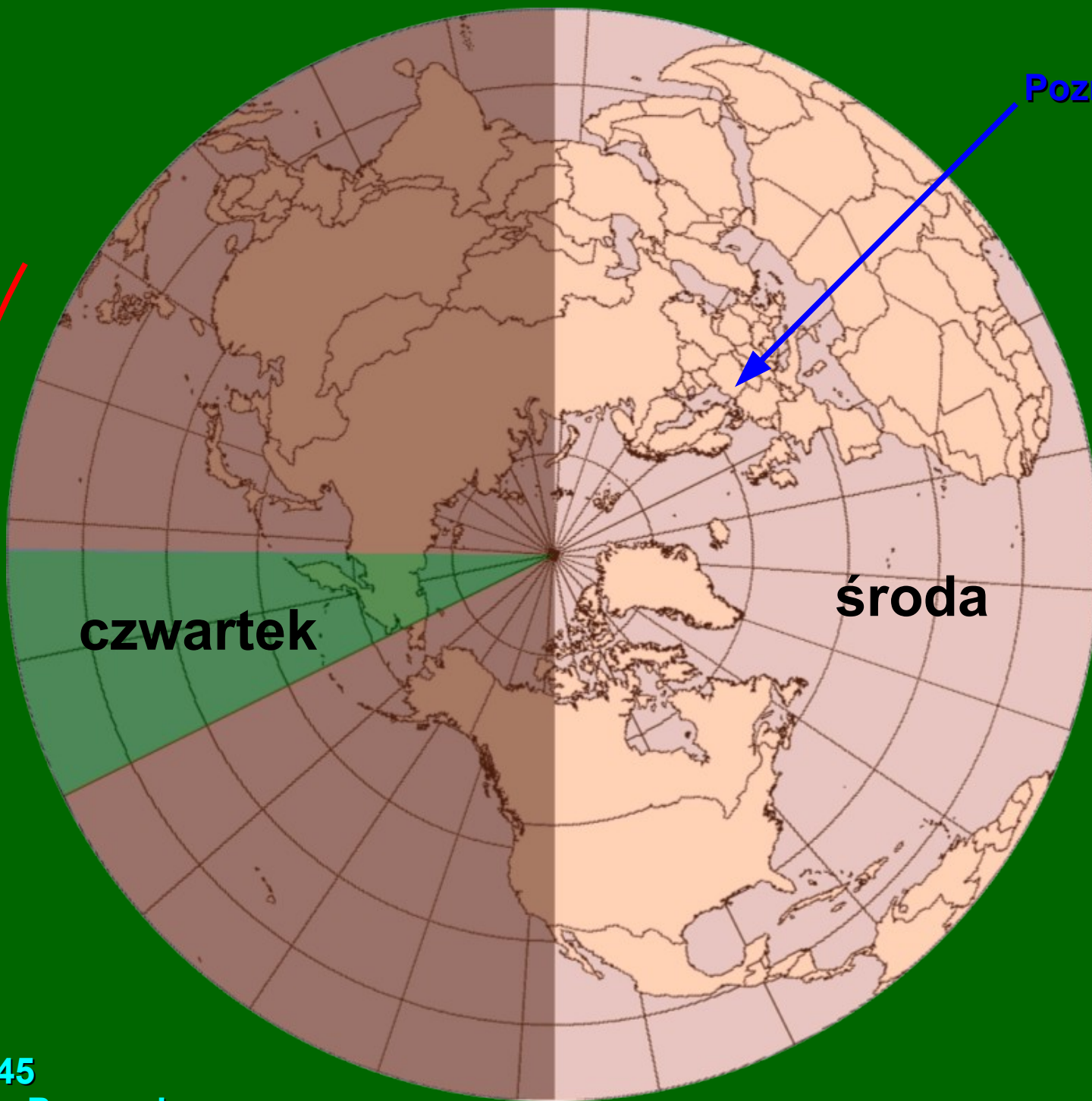


Poznań



ku  
Słońcu

Godzina 14:45  
na zegarku w Poznaniu



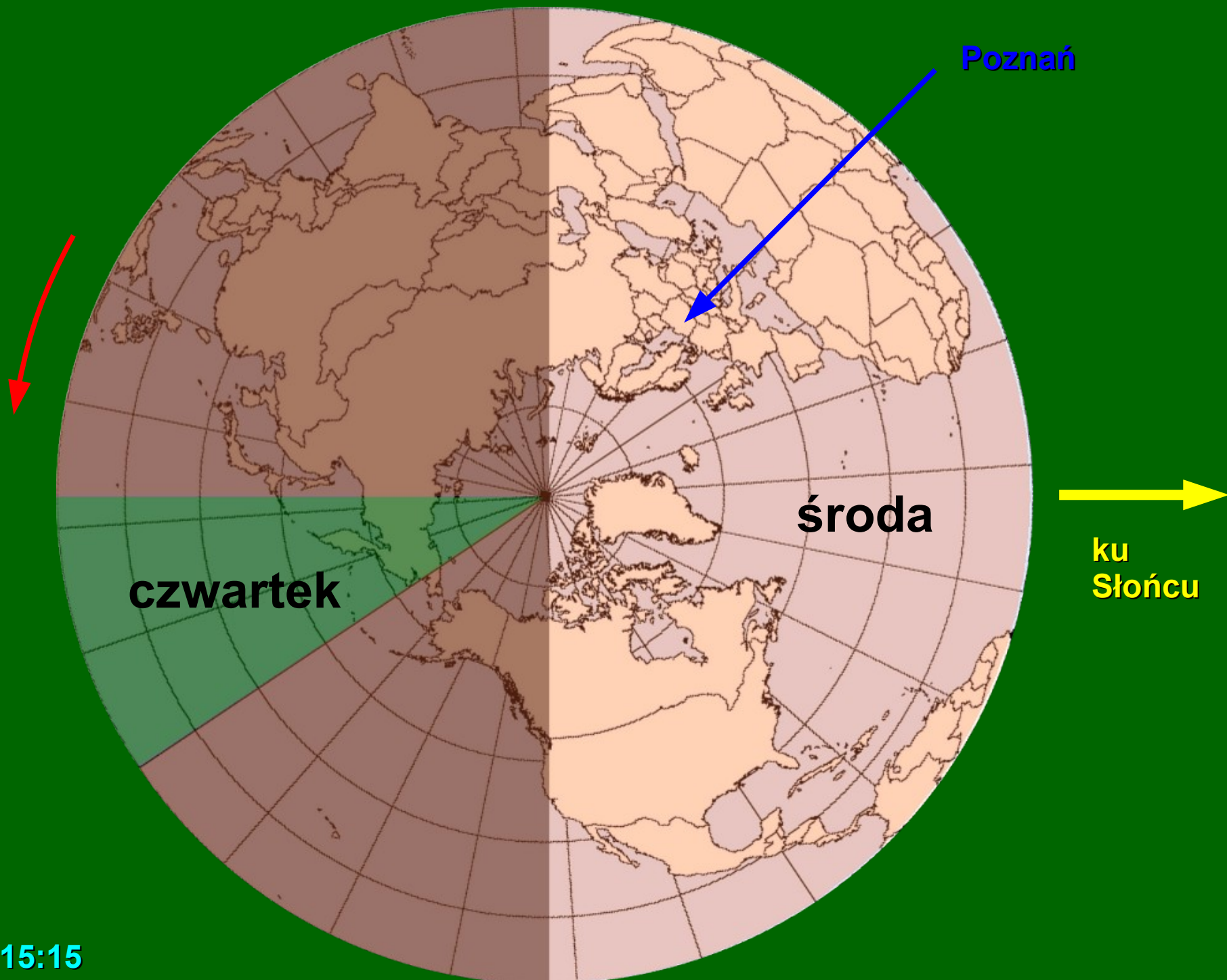
Poznań

czwartek

środa

ku  
Słońcu

Godzina 14:45  
na zegarku w Poznaniu



Poznań

czwartek

środa

ku Słońcu

Godzina 15:15  
na zegarku w Poznaniu

**Linia zmiany daty**

**Poznań, 13:00**

**środa**

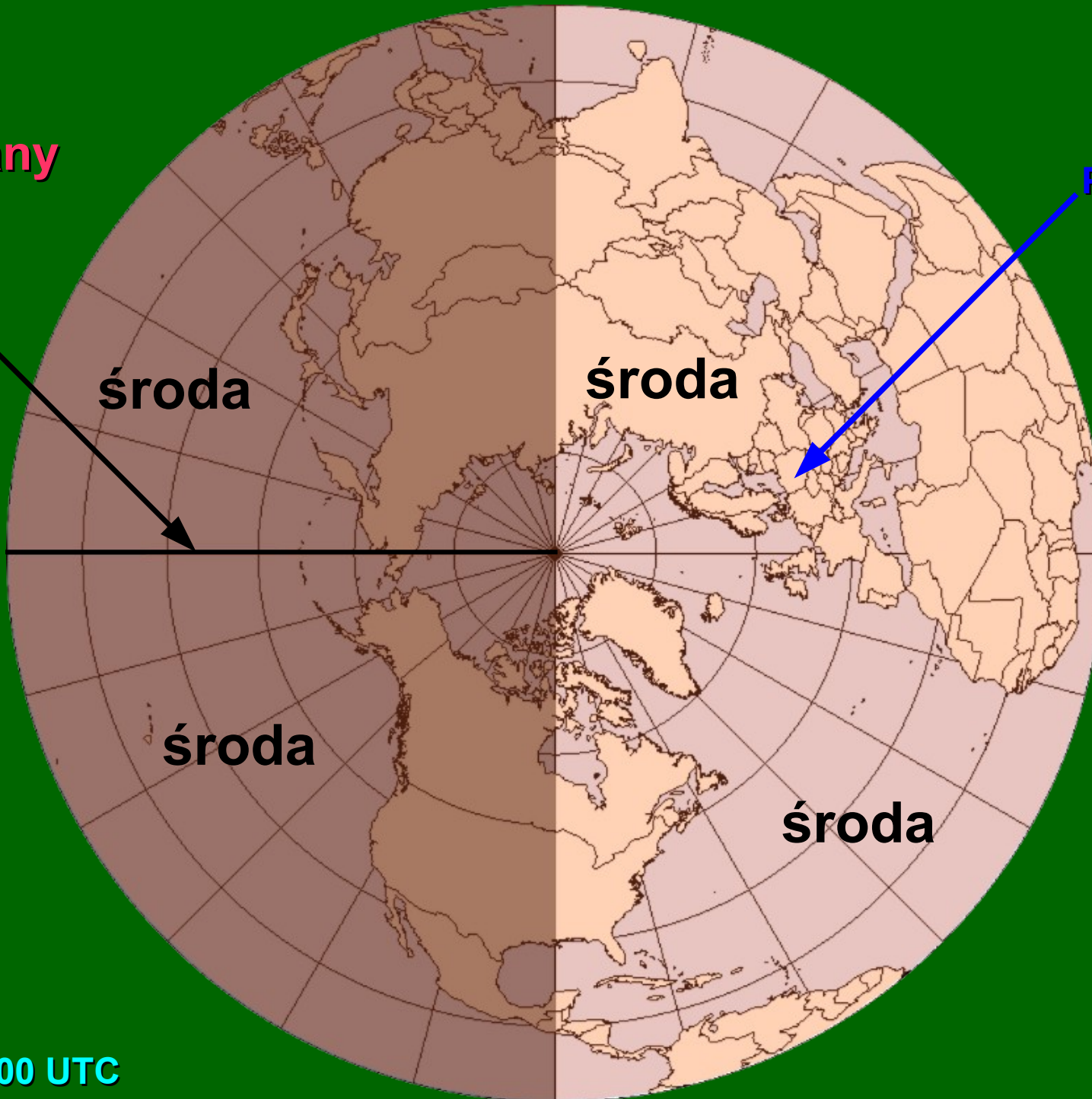
**środa**

**ku Słońcu**

**środa**

**środa**

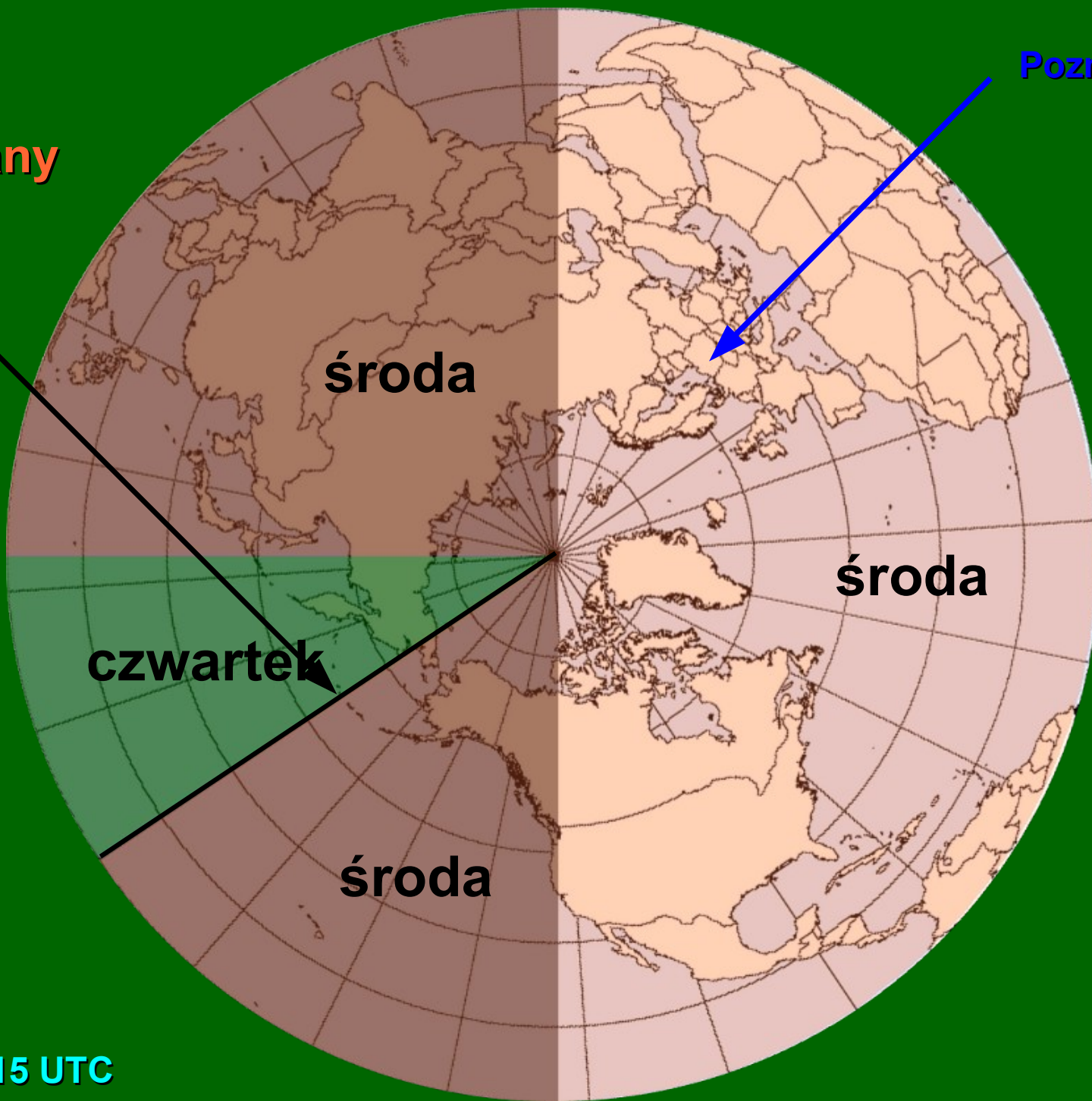
**Godzina 12:00 UTC**





**Linia zmiany daty**

**Poznań, 15:15**



**czwartek**

**środa**

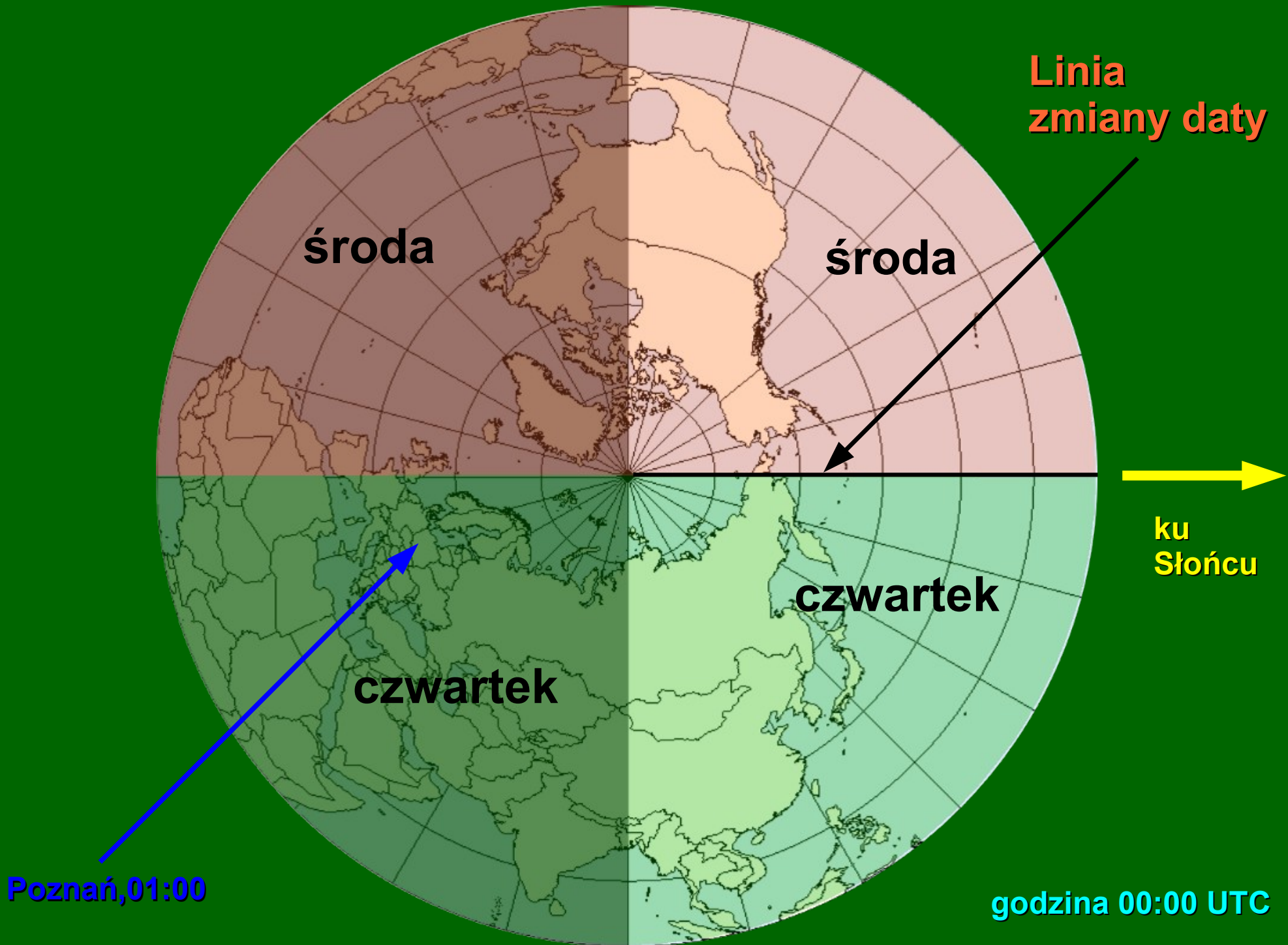
**środa**

**środa**



**ku Słońcu**

**godzina 14:15 UTC**



południk zerowy

Linia zmiany daty

środa

środa



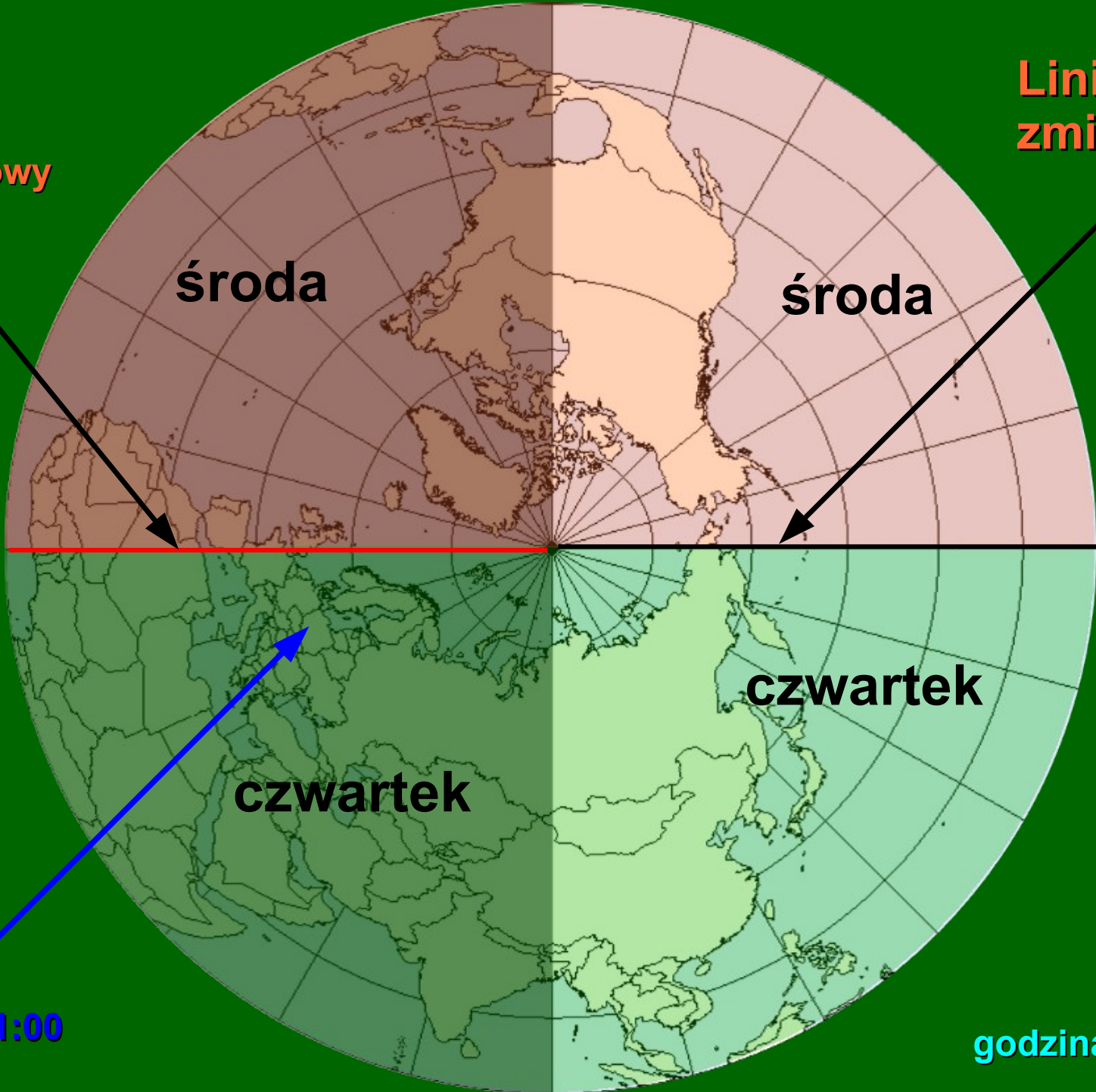
ku  
Słońcu

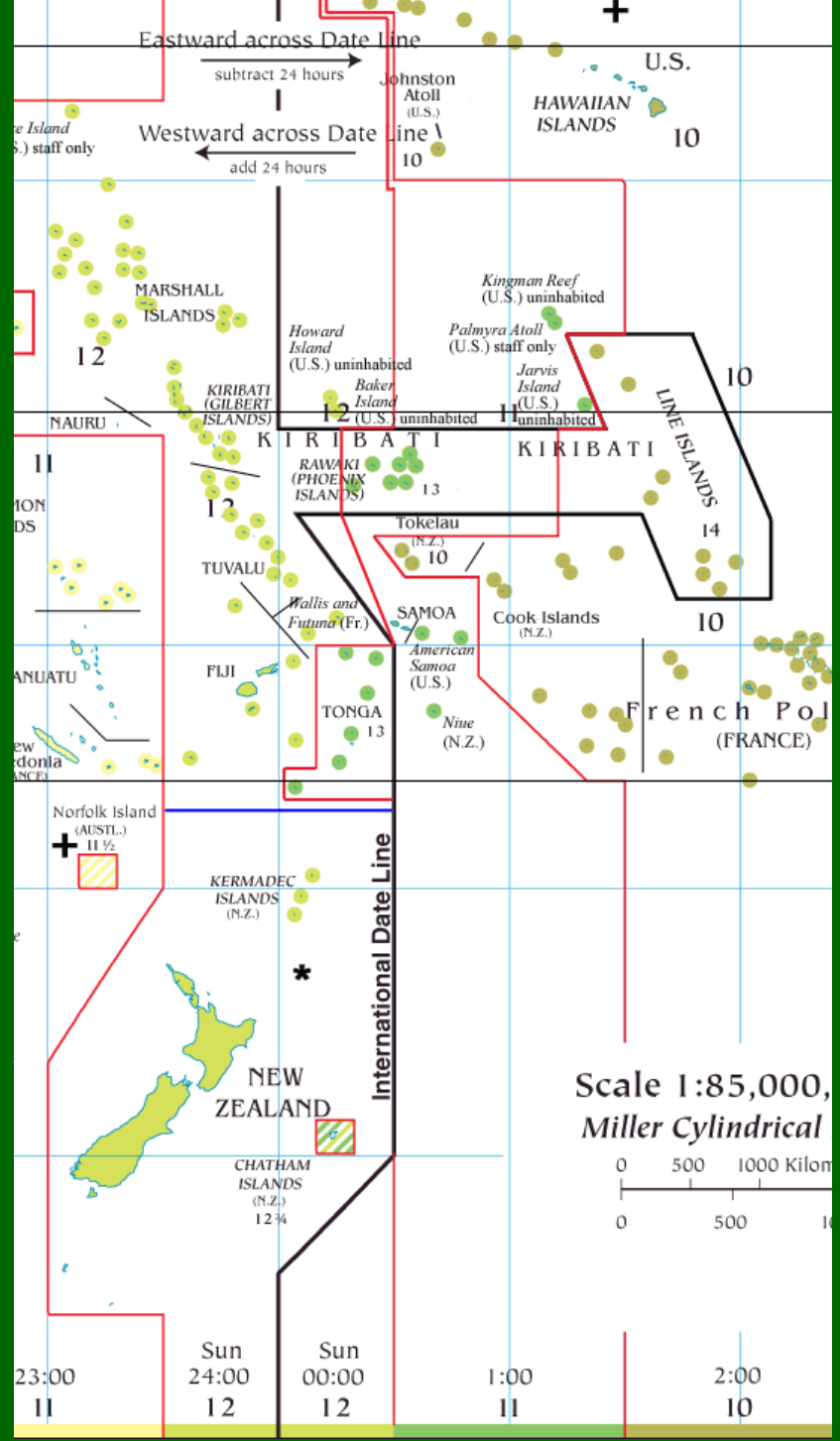
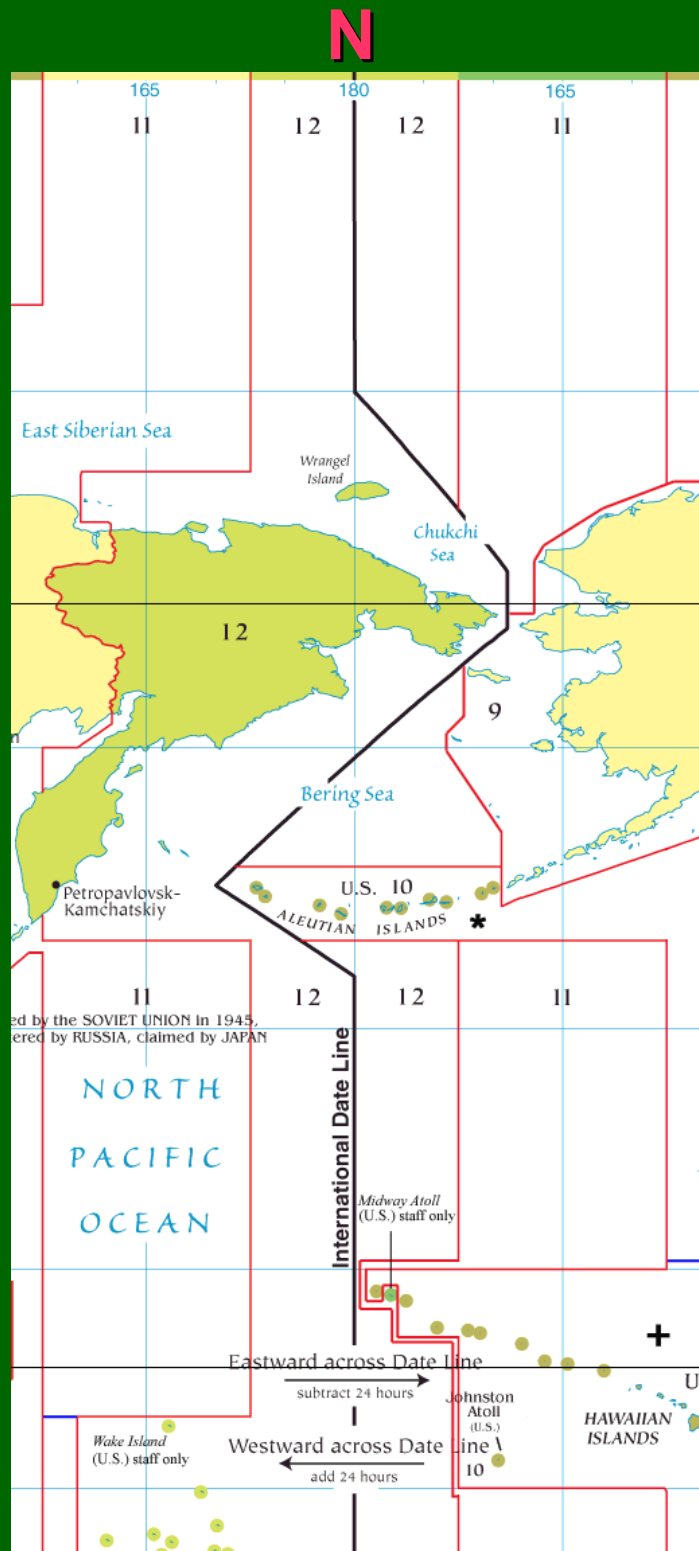
czwartek

czwartek

Poznań, 01:00

godzina 00:00 UTC





Scale 1:85,000,  
Miller Cylindrical

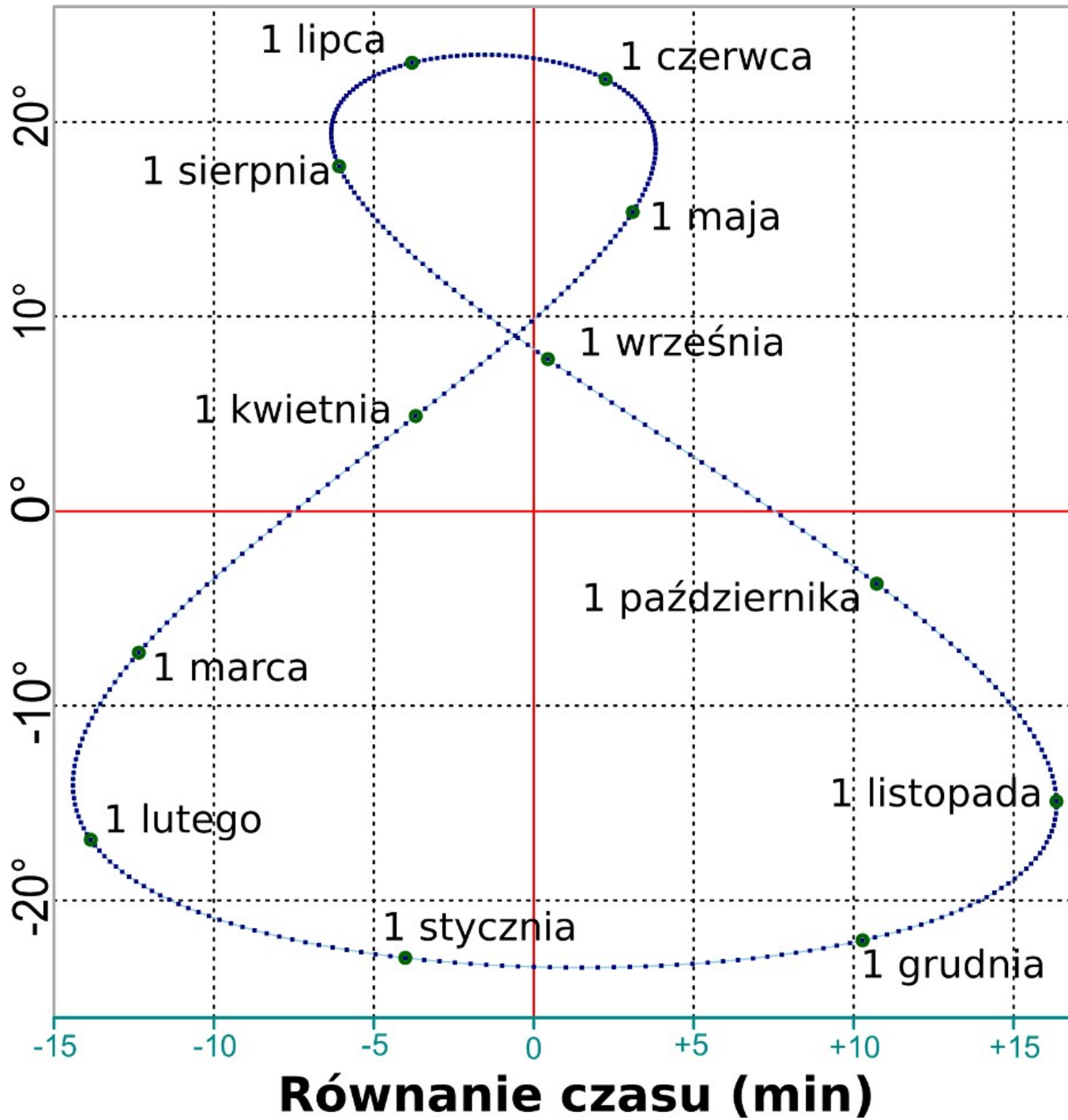
0 500 1000 Kilom

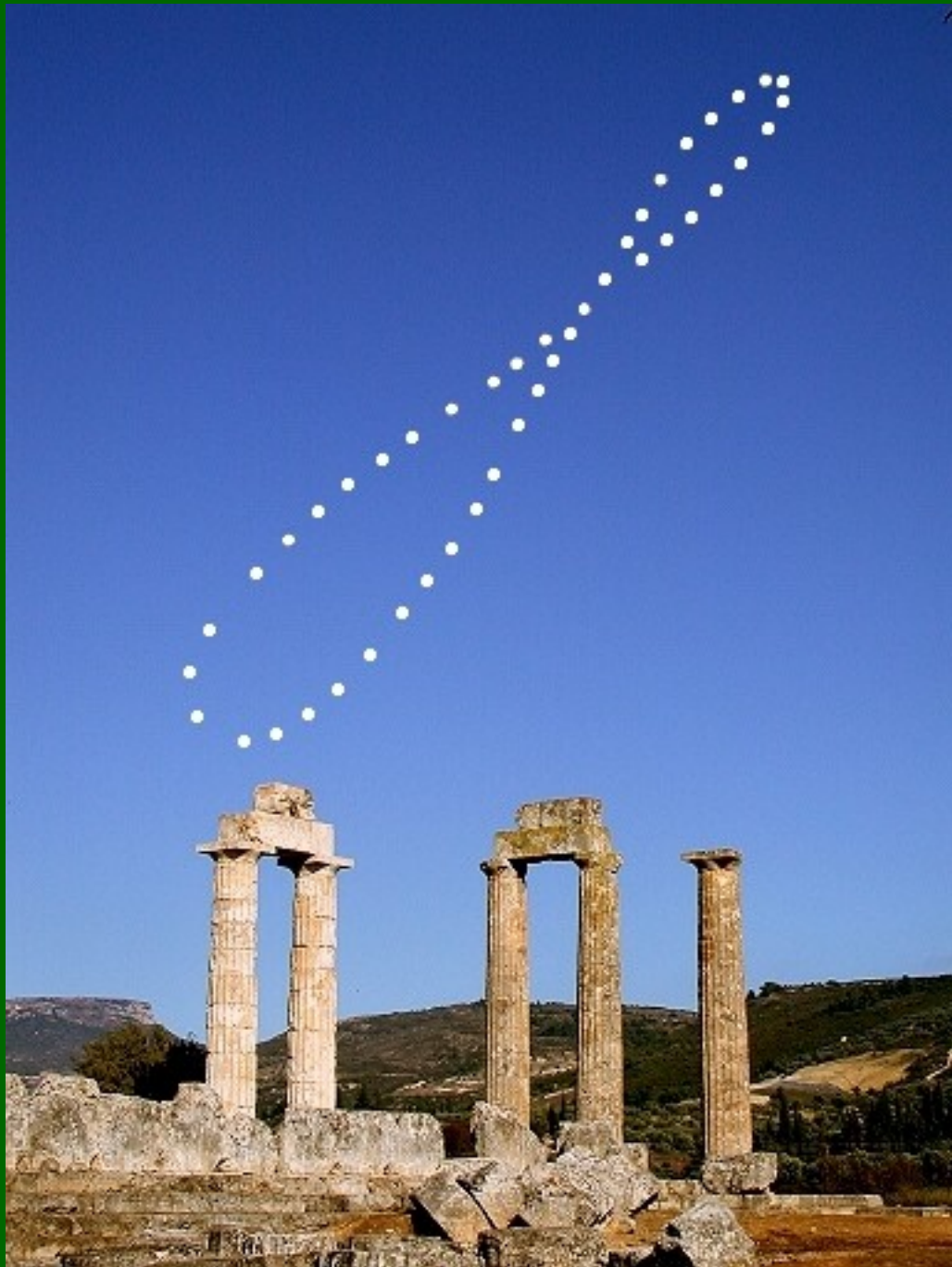
0 500 1000 Miles

23:00 Sun 24:00 Sun 00:00 1:00 2:00

11 12 12 11 10

# Analemma





Analema 2003, copyright: Anthony Ayiomamitis

# **W roku 2022:**

- Ziemia najbliżej Słońca (w peryhelium) 4 stycznia,
- Początek astronomicznej wiosny: 20 marca, 16:33
- Początek astronomicznego lata: 21 czerwca, 11:14
- Ziemia najdalej od Słońca (w aphelium) 4 lipca,
- Początek astronomicznej jesieni: 23 września, 3:04
- Początek astronomicznej zimy: 21 grudnia, 22:48

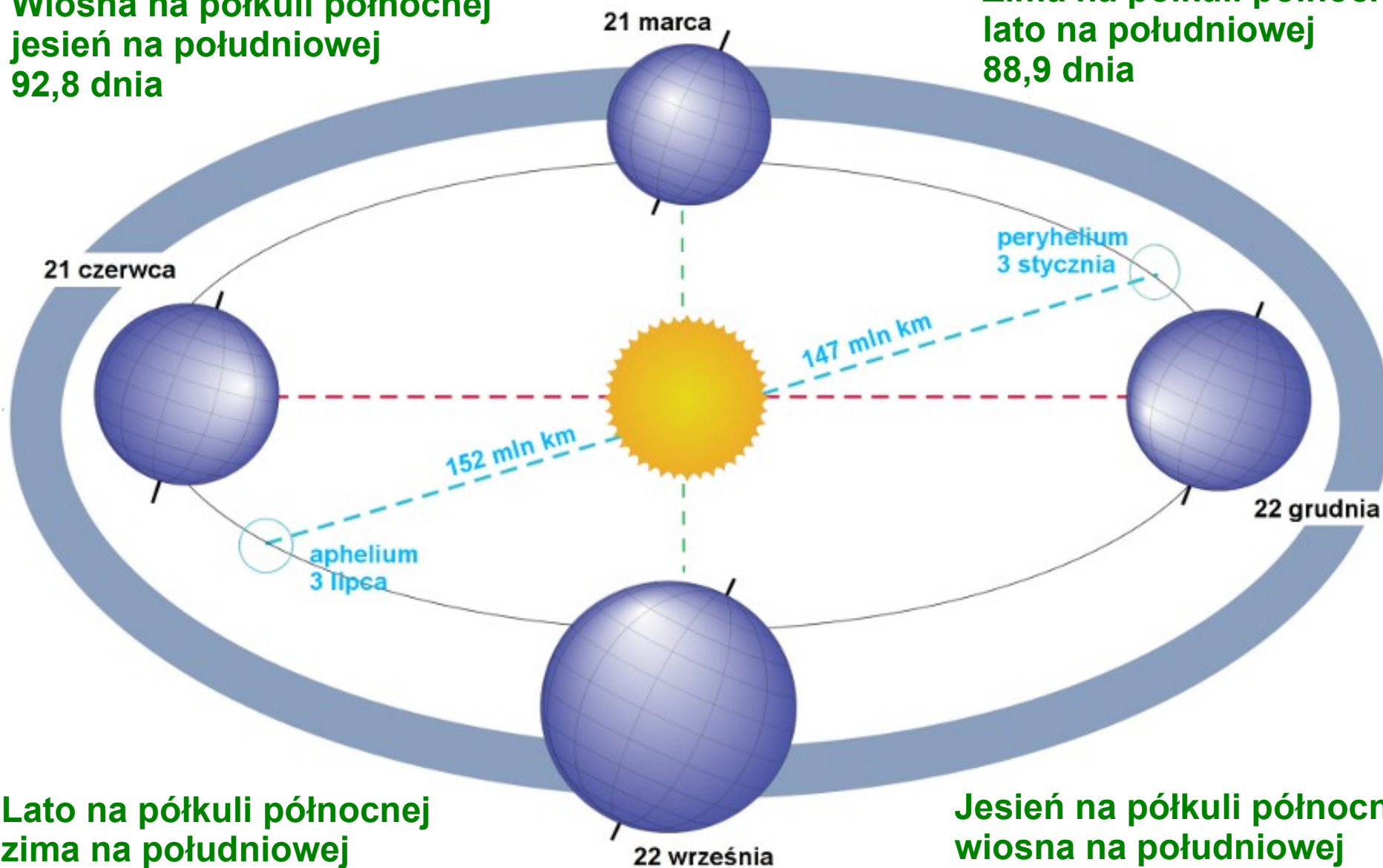
(momenty podane w czasie urzędowym)

**Pory roku**



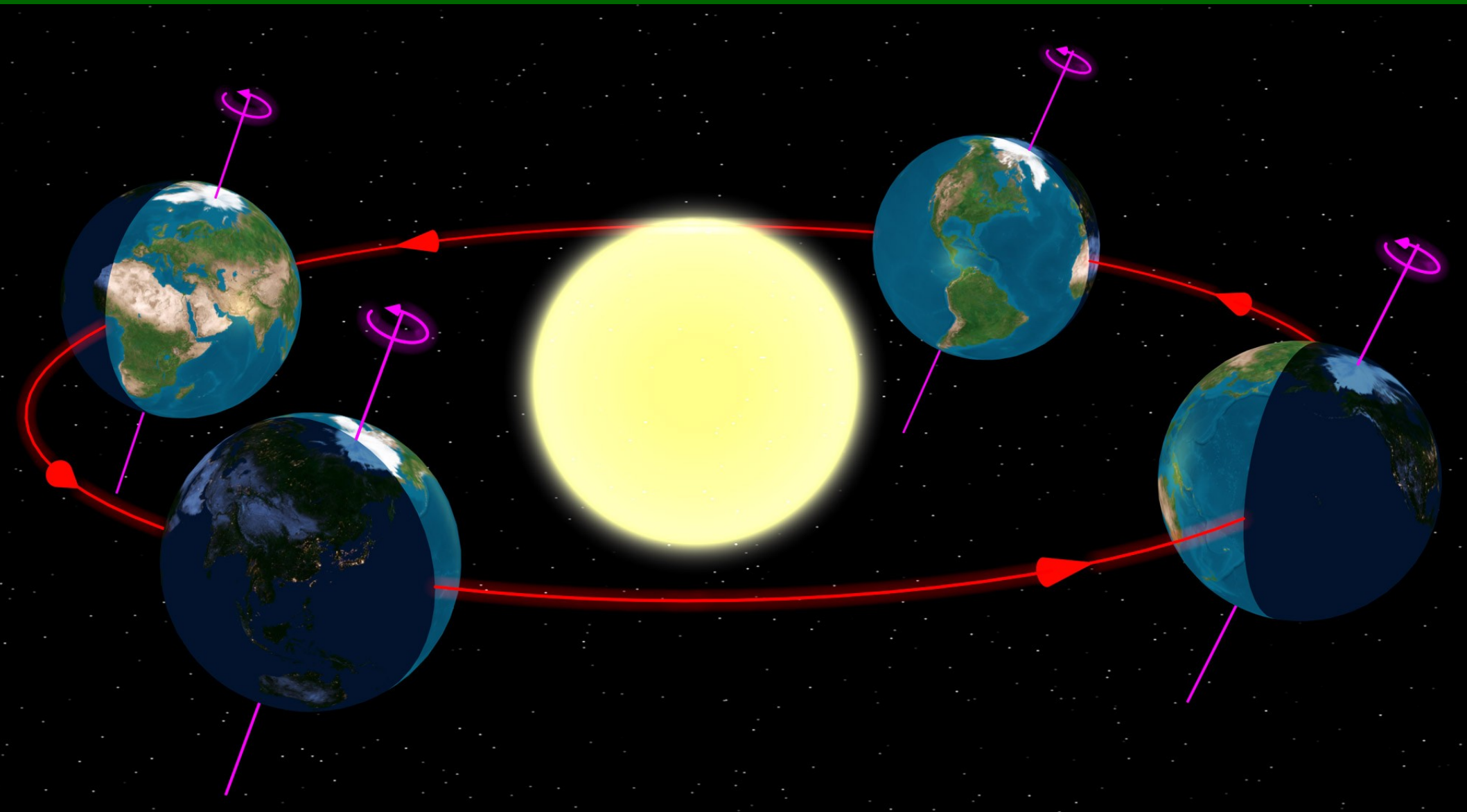
Wiosna na półkuli północnej  
jesień na południowej  
92,8 dnia

Zima na półkuli północnej  
lato na południowej  
88,9 dnia

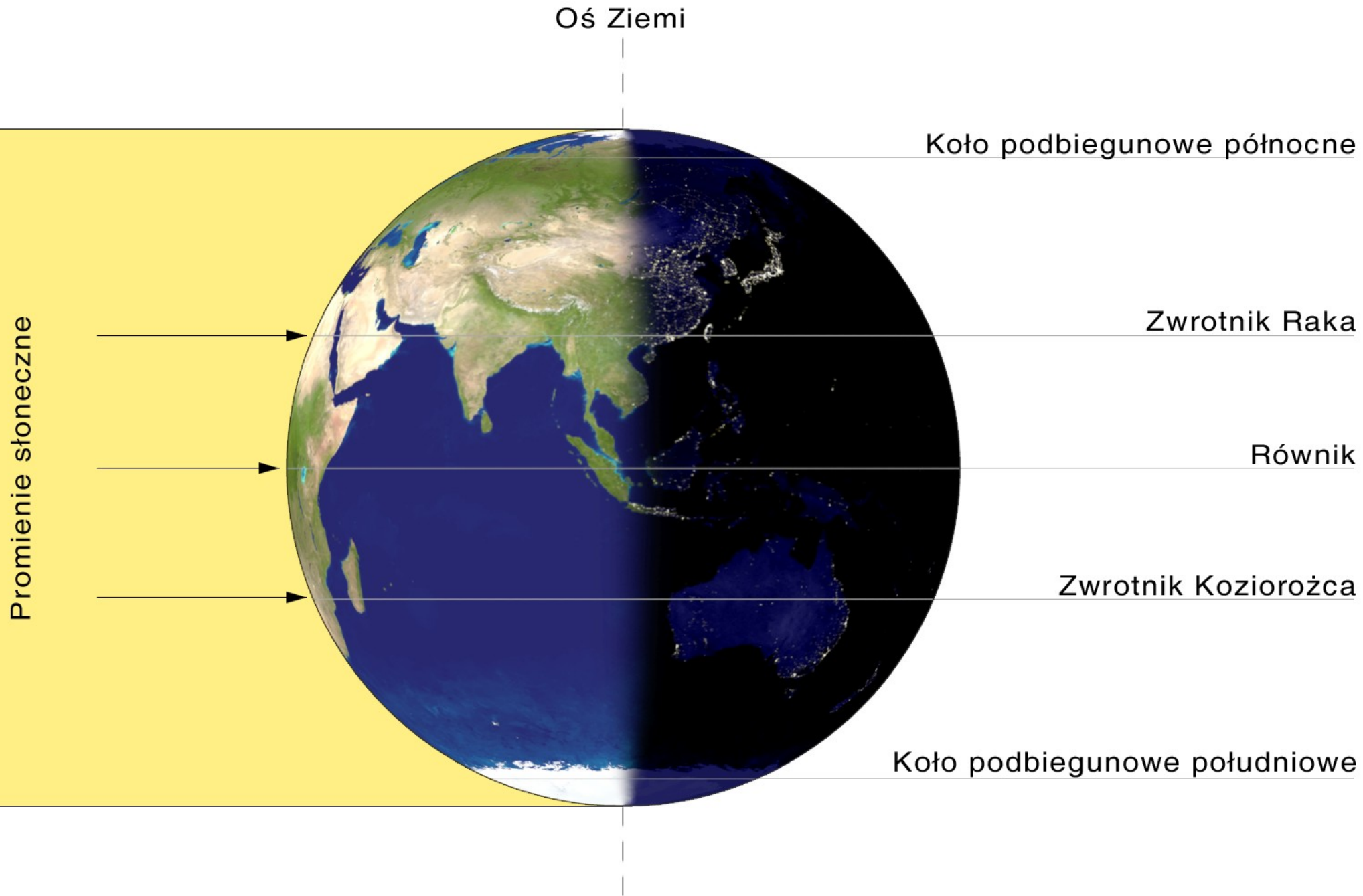


Lato na półkuli północnej  
zima na południowej  
93,6 dnia

Jesień na półkuli północnej  
wiosna na południowej  
89,9 dnia



# Równonoc jesienna i wiosenna



# Przesilenie letnie

Oś Ziemi

Koło podbiegunowe północne

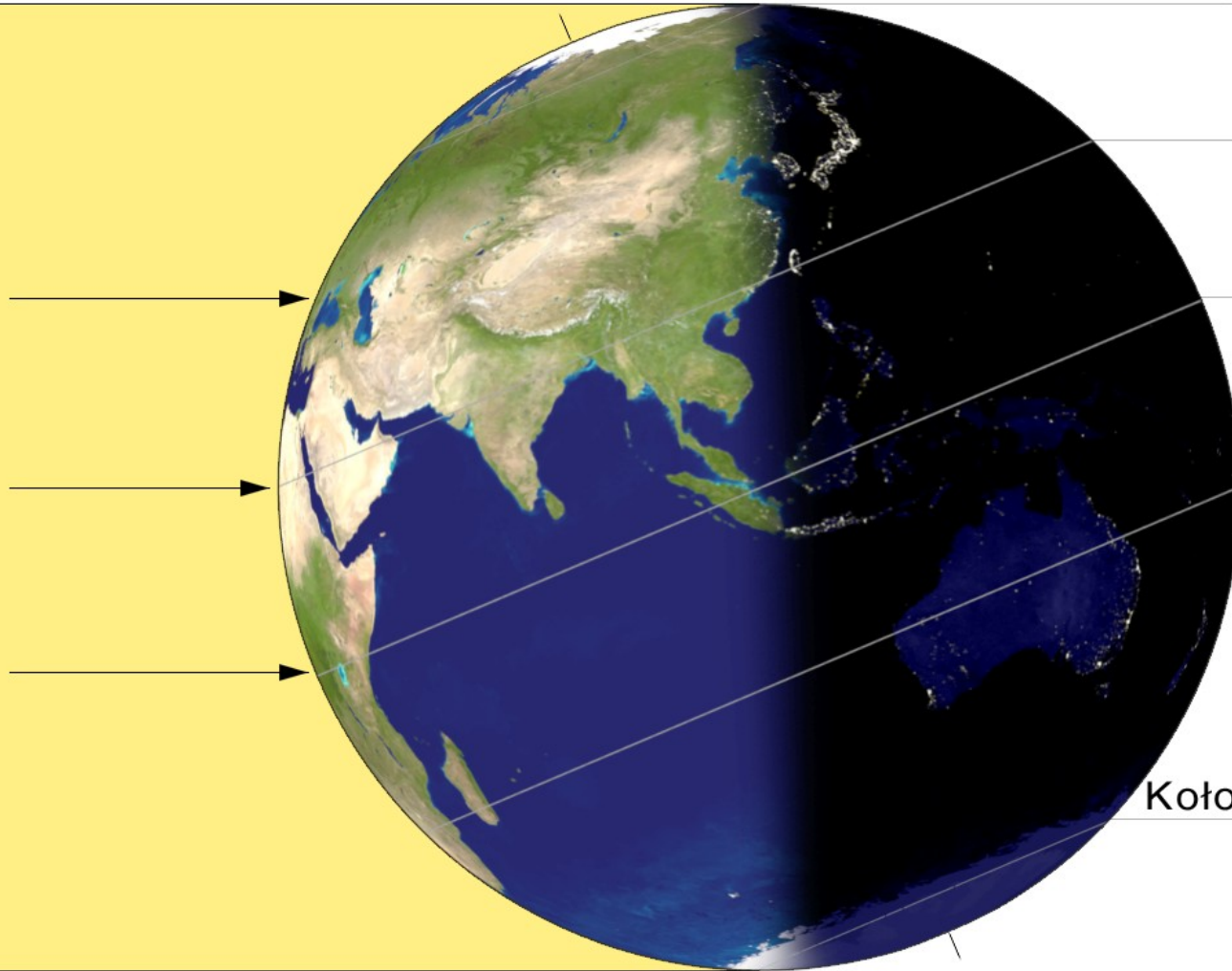
Zwrotnik Raka

Równik

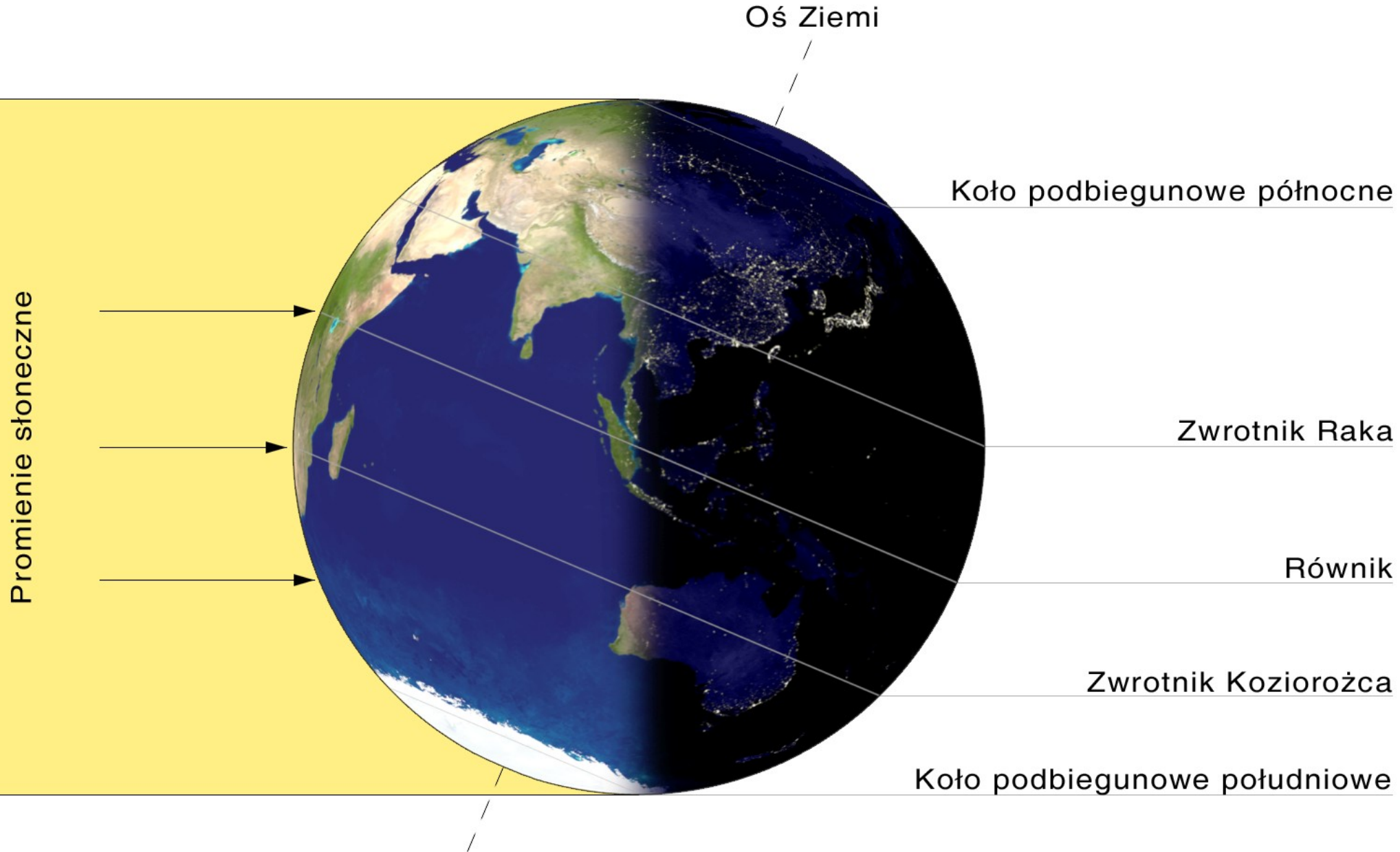
Zwrotnik Koziorożca

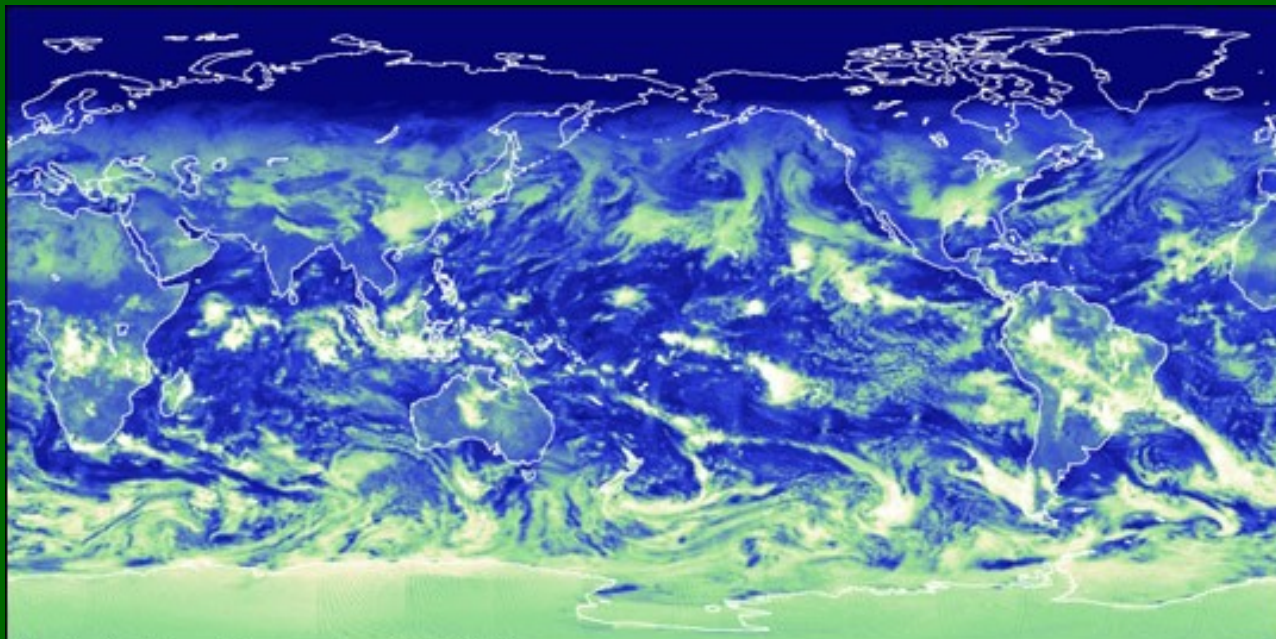
Koło podbiegunowe południowe

Promienie słoneczne

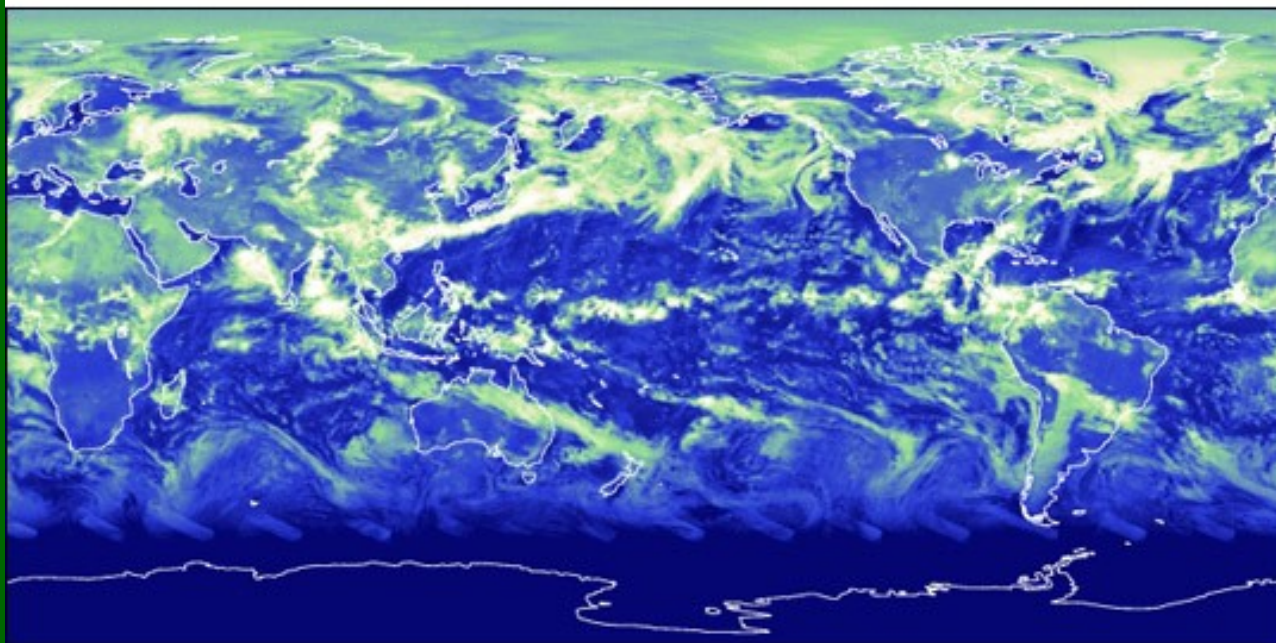


# Przesilenie zimowe





Winter Solstice, December 22, 2004



Summer Solstice, June 20, 2005

Reflected Solar Radiation ( $\text{W}/\text{m}^2$ )



**Stała słoneczna:  
ok.  $1370 \text{ W}/\text{m}^2$**

# Reforma kalendarza 1582

- **Wprowadził ją papież Grzegorz XIII**
- **Skasowano dni od 5 do 14 października, po 4 był od razu 15 października 1582**
- **Reforma polegała na zmodyfikowaniu reguł decydujących, czy dany rok jest przestępny czy nie**
- **Poprzedni kalendarz, tzw. juliański, spóźniał się o jeden dzień na 128 lat**
- **Nowy kalendarz wprowadzono od razu jedynie w Hiszpanii, Portugalii, Włoszech i Polsce**
- **Pozostałe państwa wprowadzały go sukcesywnie, niektóre dopiero w XX wieku, a np. niektóre kościoły używają juliańskiego kalendarza do dziś.**

# Lata przestępne

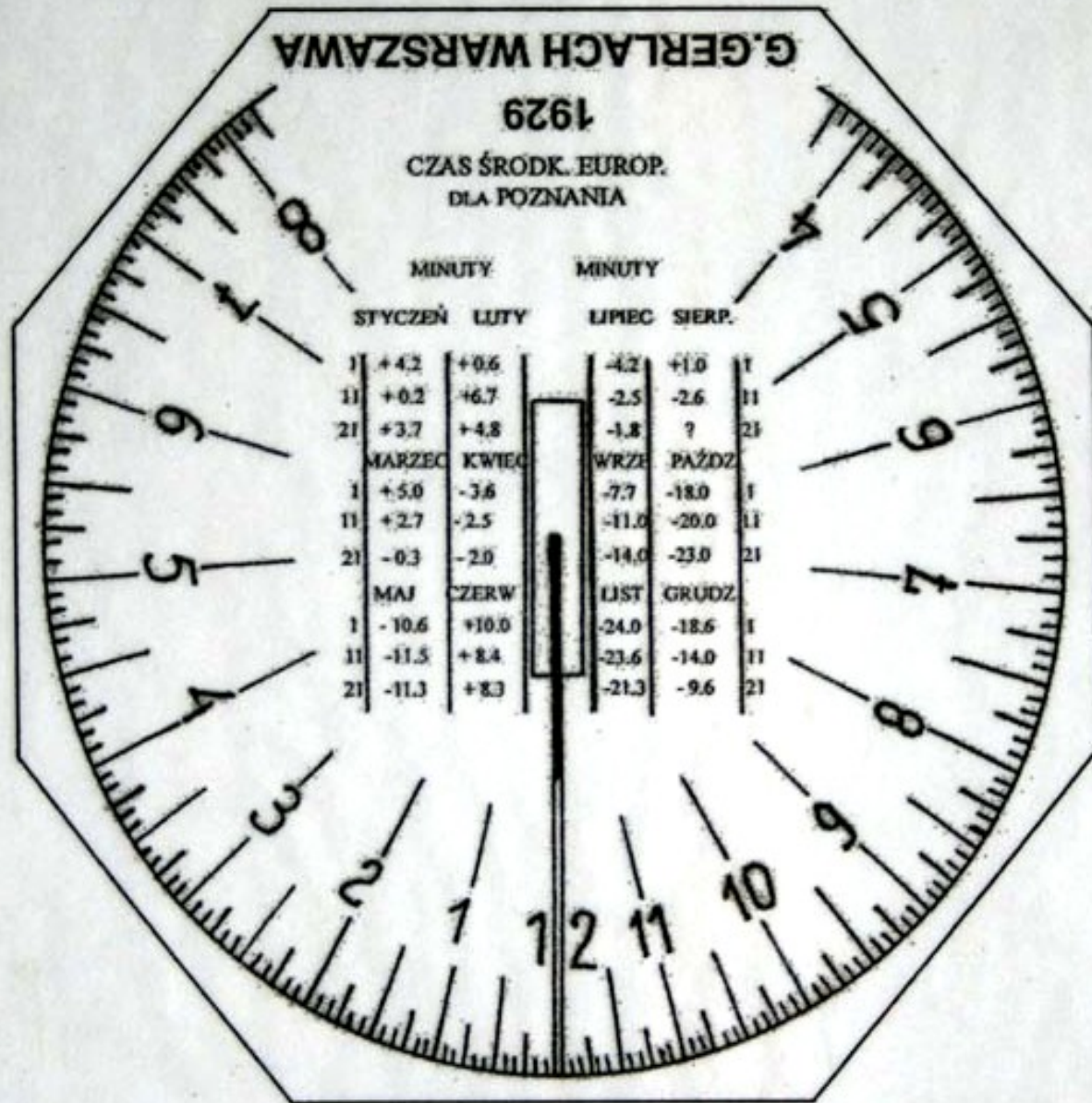
- Jeśli rok dzieli się przez 4 to tak
- ale jeśli dzieli się przez 100 to nie
- chyba że dzieli się przez 400 to jednak tak.
- W ten sposób w ciągu każdych 400 lat mamy 97 lat przestępnych (po 366 dni) i 303 lata zwykłe (po 365 dni) – razem 146097 dni.
- Daje to średnią długość roku tylko o 26 sekund dłuższą od okresu obiegu Ziemi po orbicie.
- Wystarczy na 3000 lat !



# Jeszcze jedna zagadka...

Na tarczy zegara słonecznego z poznańskiej Palmiarni można np. odczytać, że 1 grudnia od wskazania zegara słonecznego trzeba odjąć 18.6 minuty by uzyskać czas urzędowy, czyli czas środkowoeuropejski.

Ale z wykresu Równania Czasu odczytujemy poprawkę ok. 12 minut . **Skąd ta różnica?**



Tarcza zegara słonecznego sprzed Palmiarni

# Równanie Czasu (prawdziwy minus średni)

