

Wykład udostępniam na licencji Creative Commons:



# Ziemia jako zegar

**Piotr A. Dybczyński**



**Zaczniemy od pytania:**

**czy w południe jest godzina  
dwunasta?**

Południk

Słońce

Data i godzina



2012

/

4

/

1

12

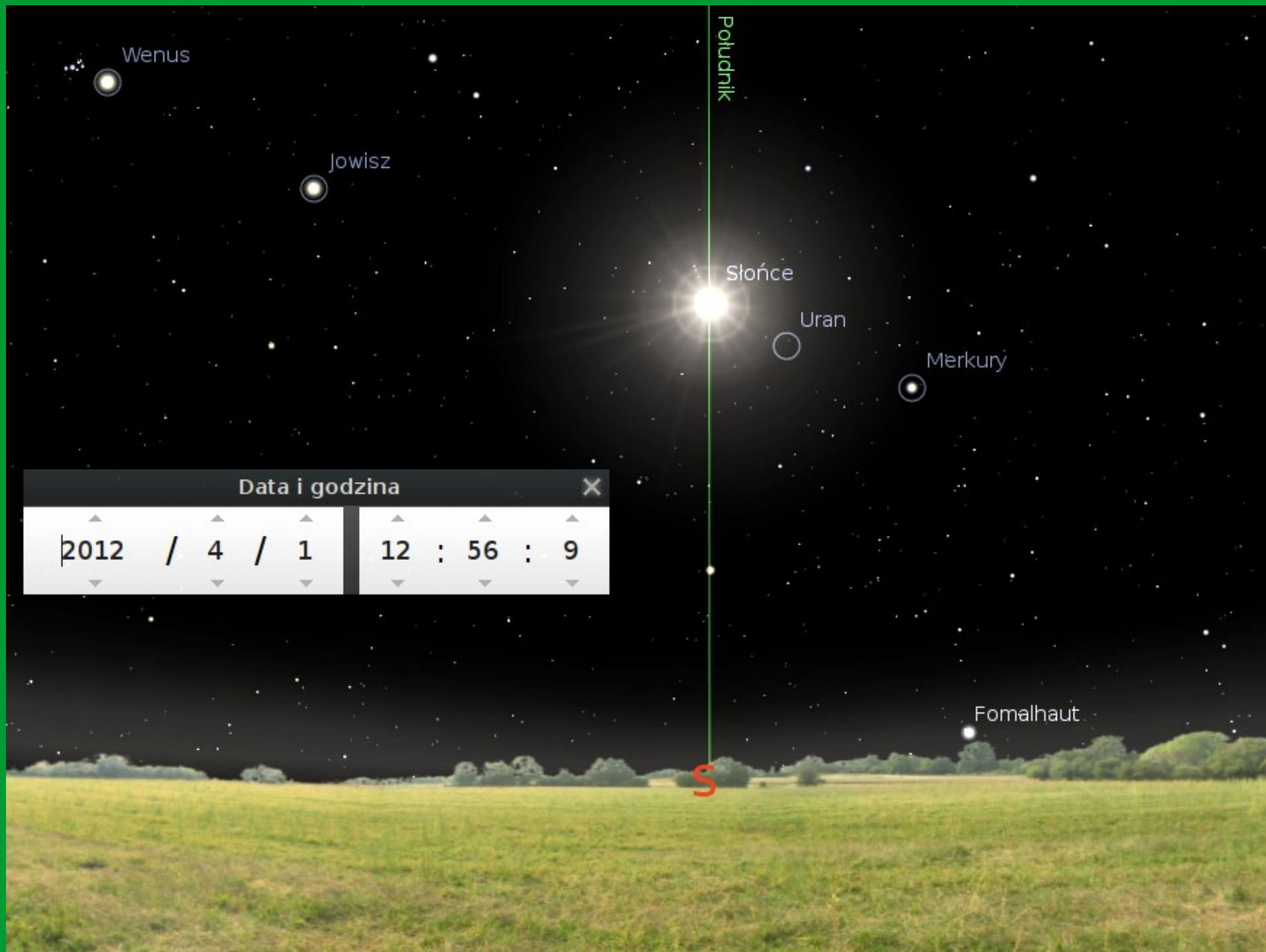
:

56

:

9

S



Data i godzina



2012

/

4

/

1

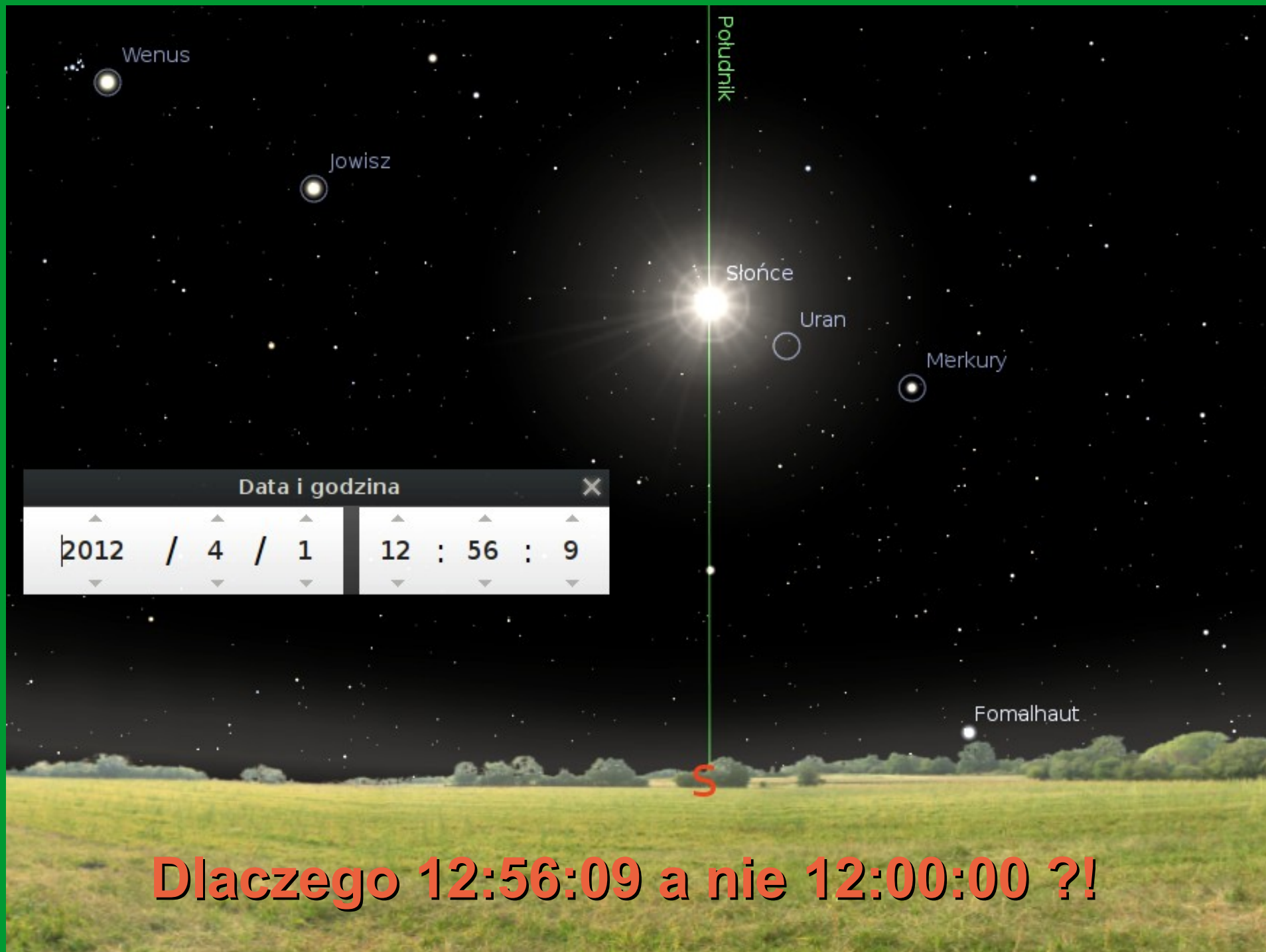
12

:

56

:

9



**Dlaczego 12:56:09 a nie 12:00:00 ?!**



# Od zawsze...

- **Astronomia to najstarsza z nauk.**
- **A początki astronomii to obserwacje i przewidywania zmian pór roku ale również pory dnia.**
- **Przez tysiące lat podstawą były: dzień i noc, rano i wieczór.**
- **Później podział dnia dyktowały w różnych kulturach np. rytmy zmian straży miejskiej lub pory modlitw.**



Grafika:Xofc

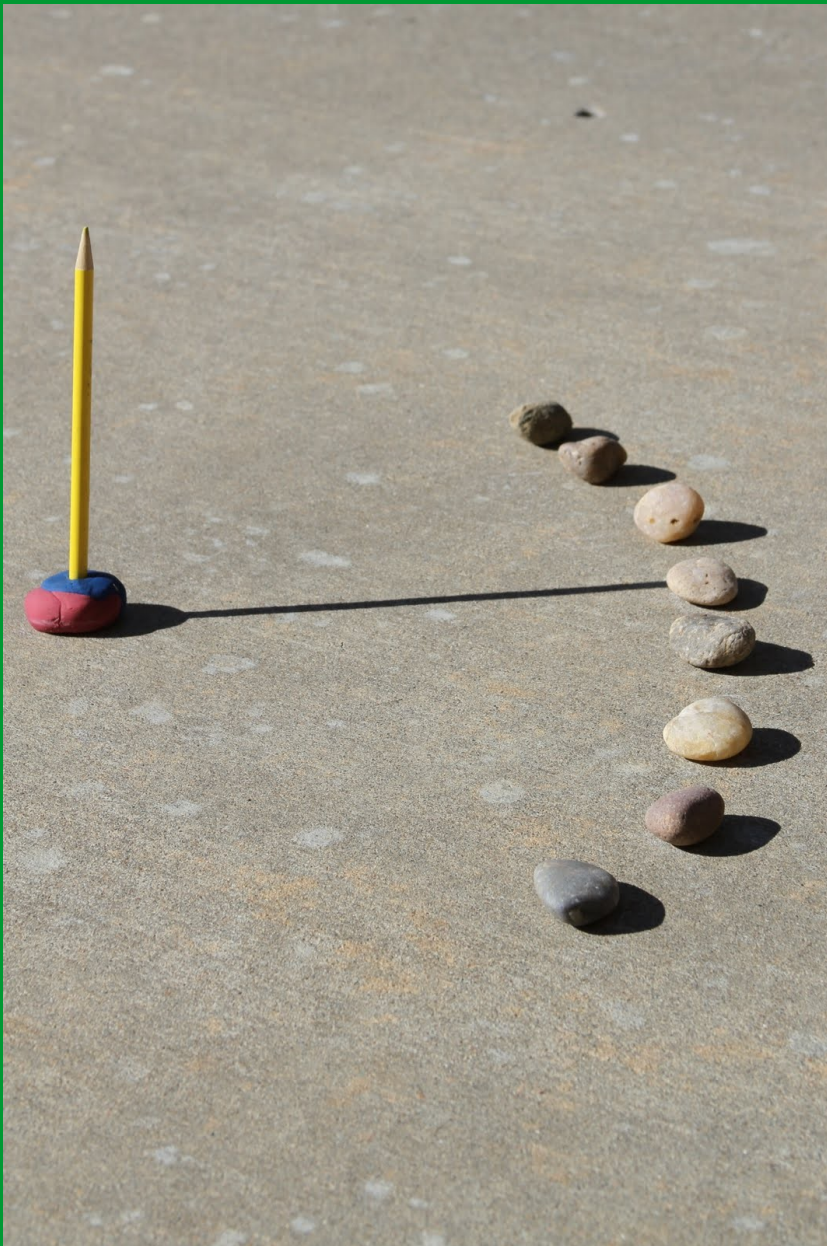
**Obserwacje zmian cienia prostego patyka dają wielkie możliwości...**





**Cień patyka pokazuje miejscowy czas słoneczny prawdziwy...**

# Starożytny zegar słoneczny



Fot. Ian Boyd



# Nowożytny zegar słoneczny





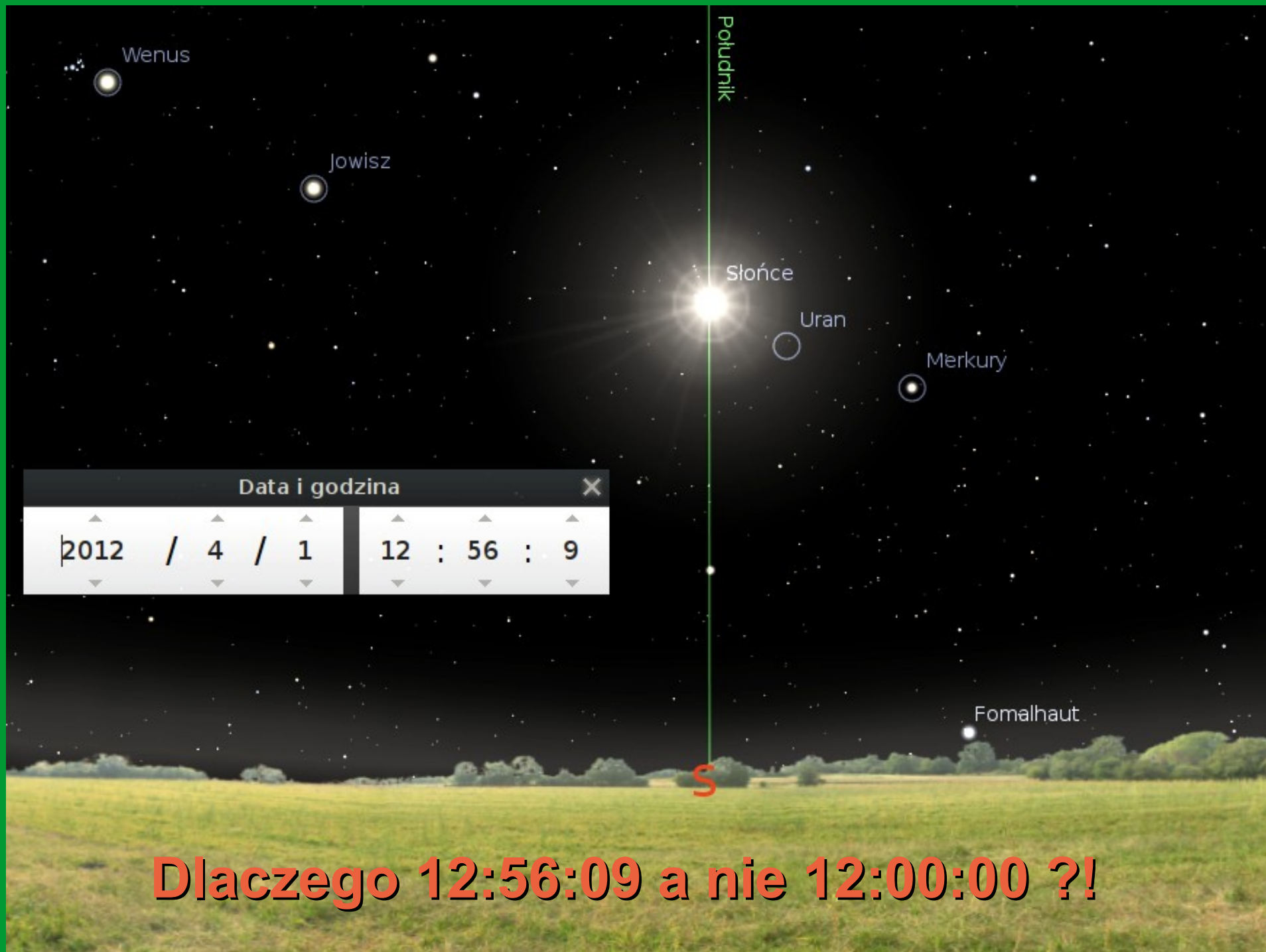
# Wielki zegar słoneczny, Singleton (Australia)



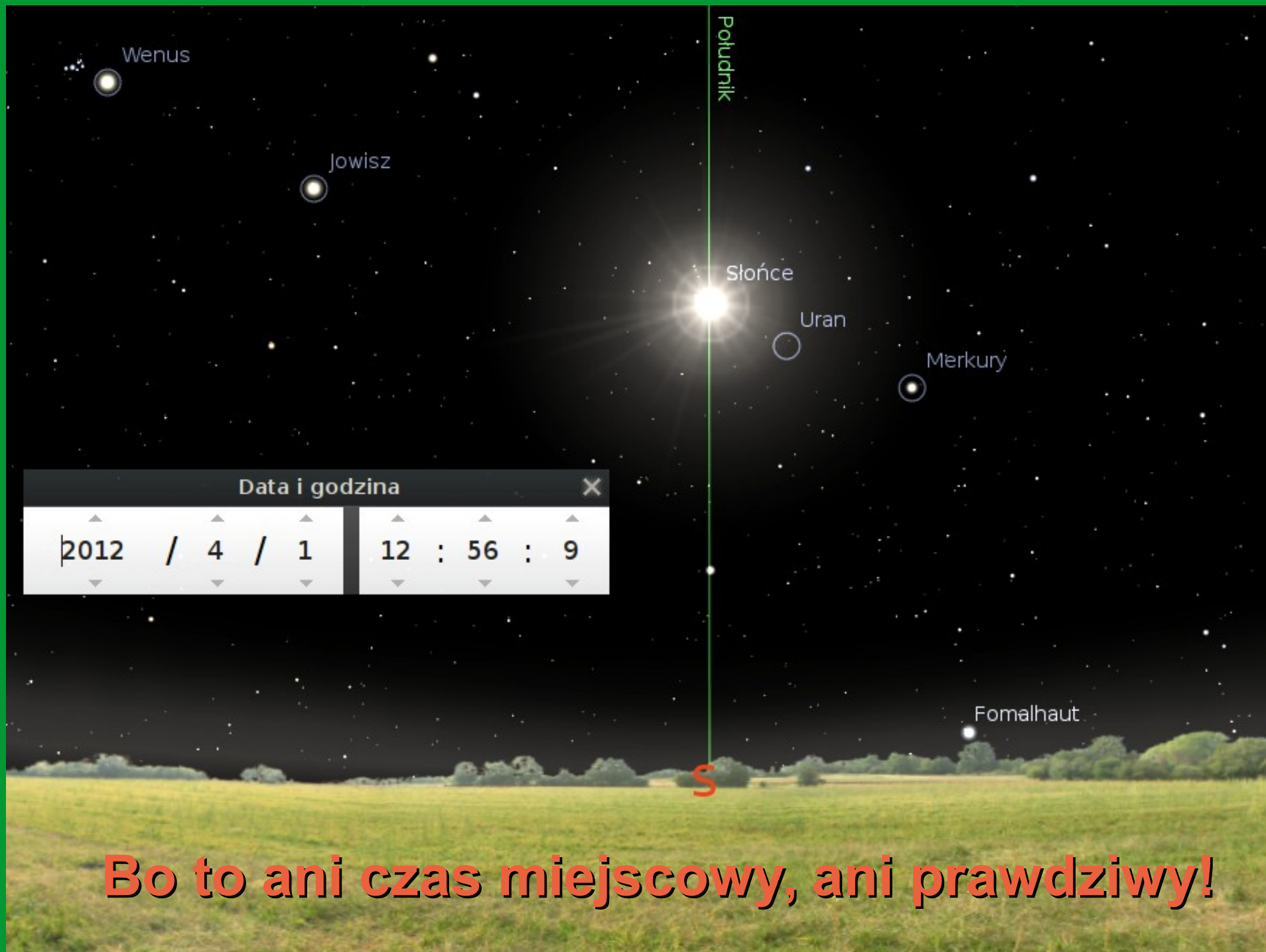


Zegar słoneczny sprzed Palmiarni...





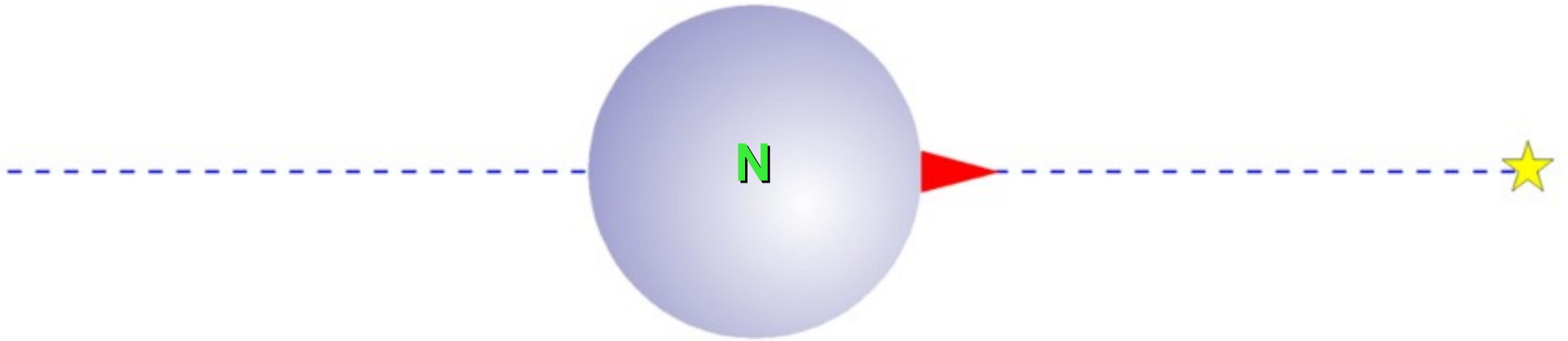
**Dlaczego 12:56:09 a nie 12:00:00 ?!**

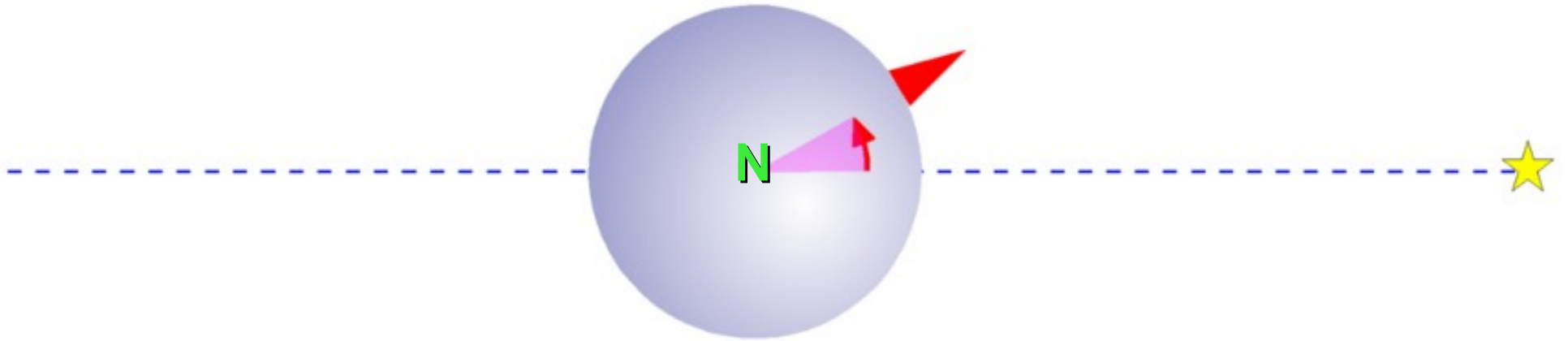


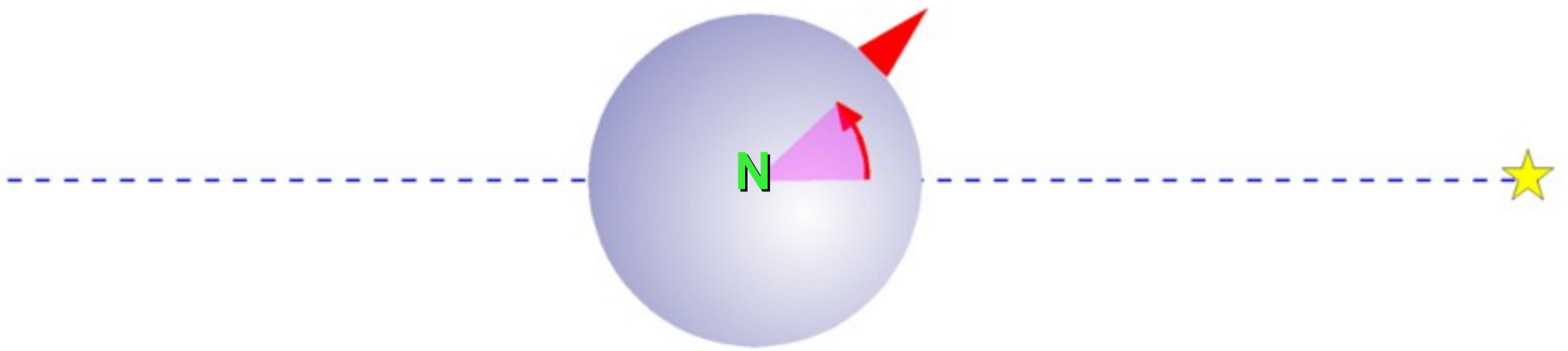
**Bo to ani czas miejscowy, ani prawdziwy!**

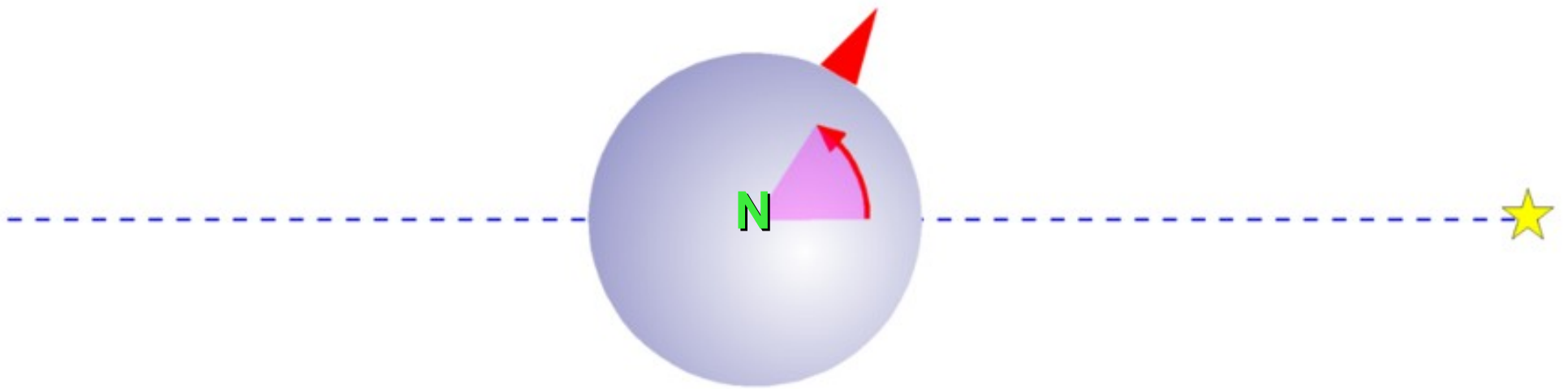


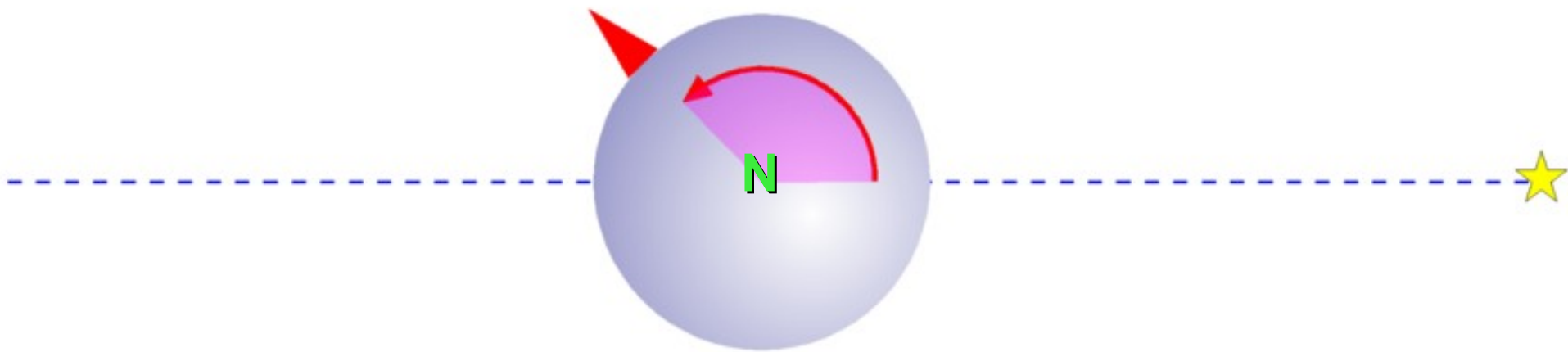
# Czas gwiazdowy

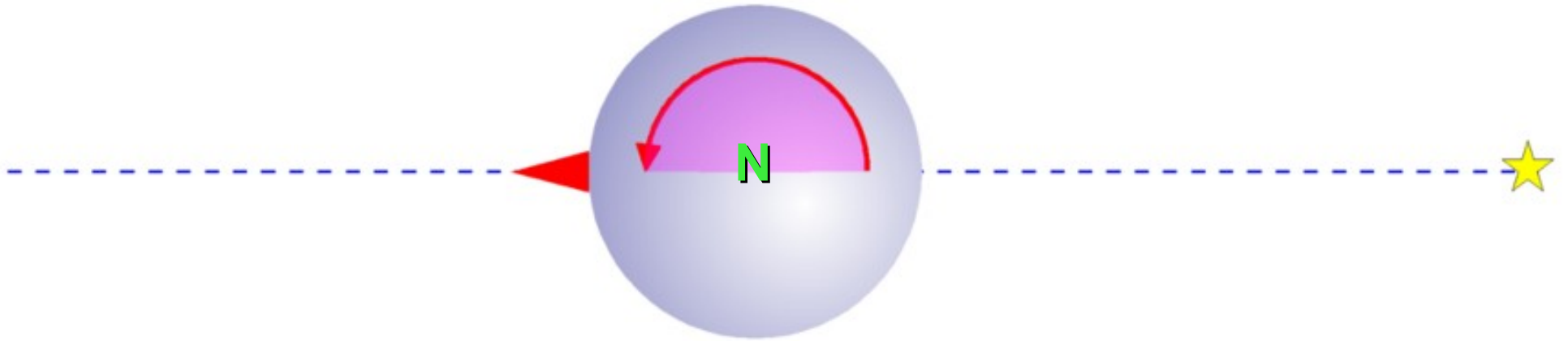




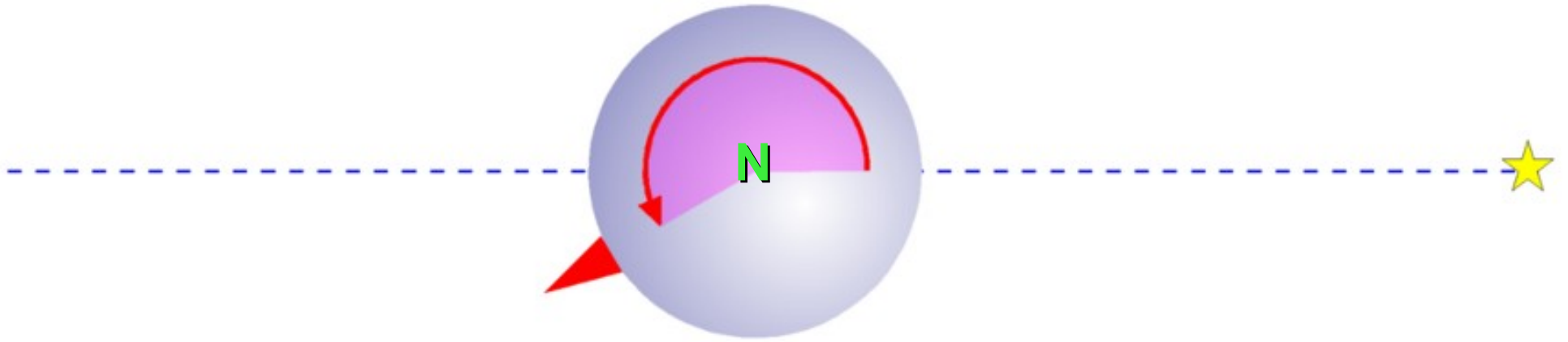


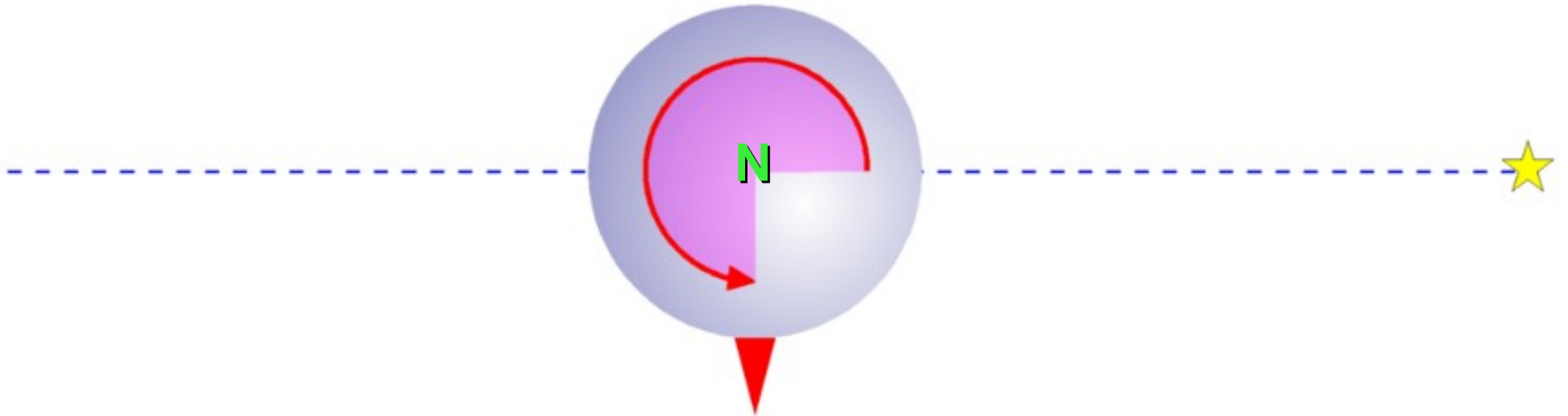


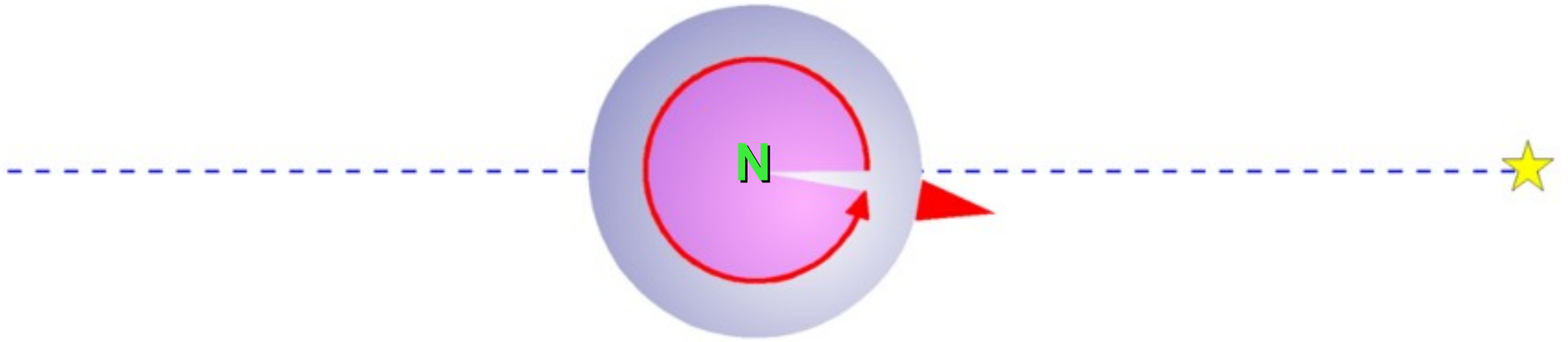


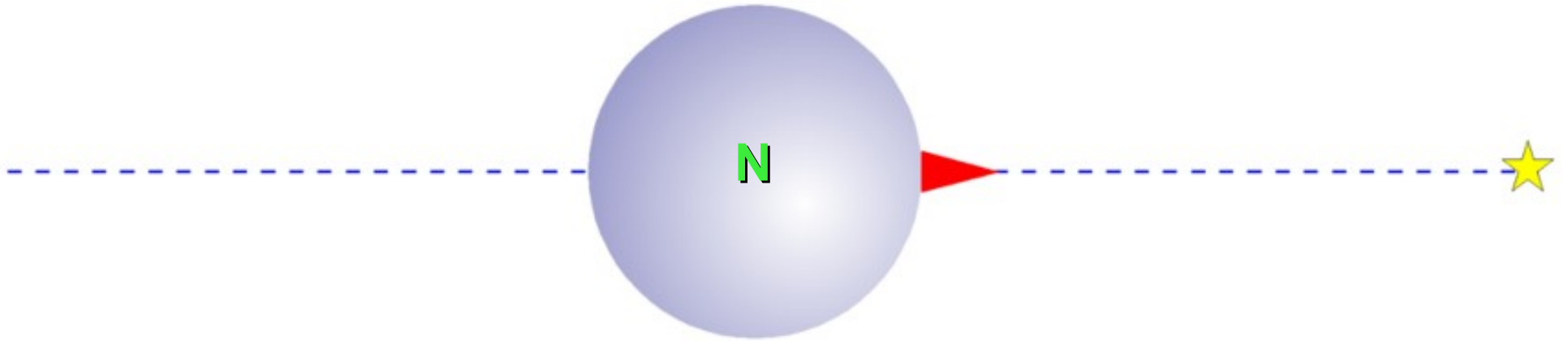


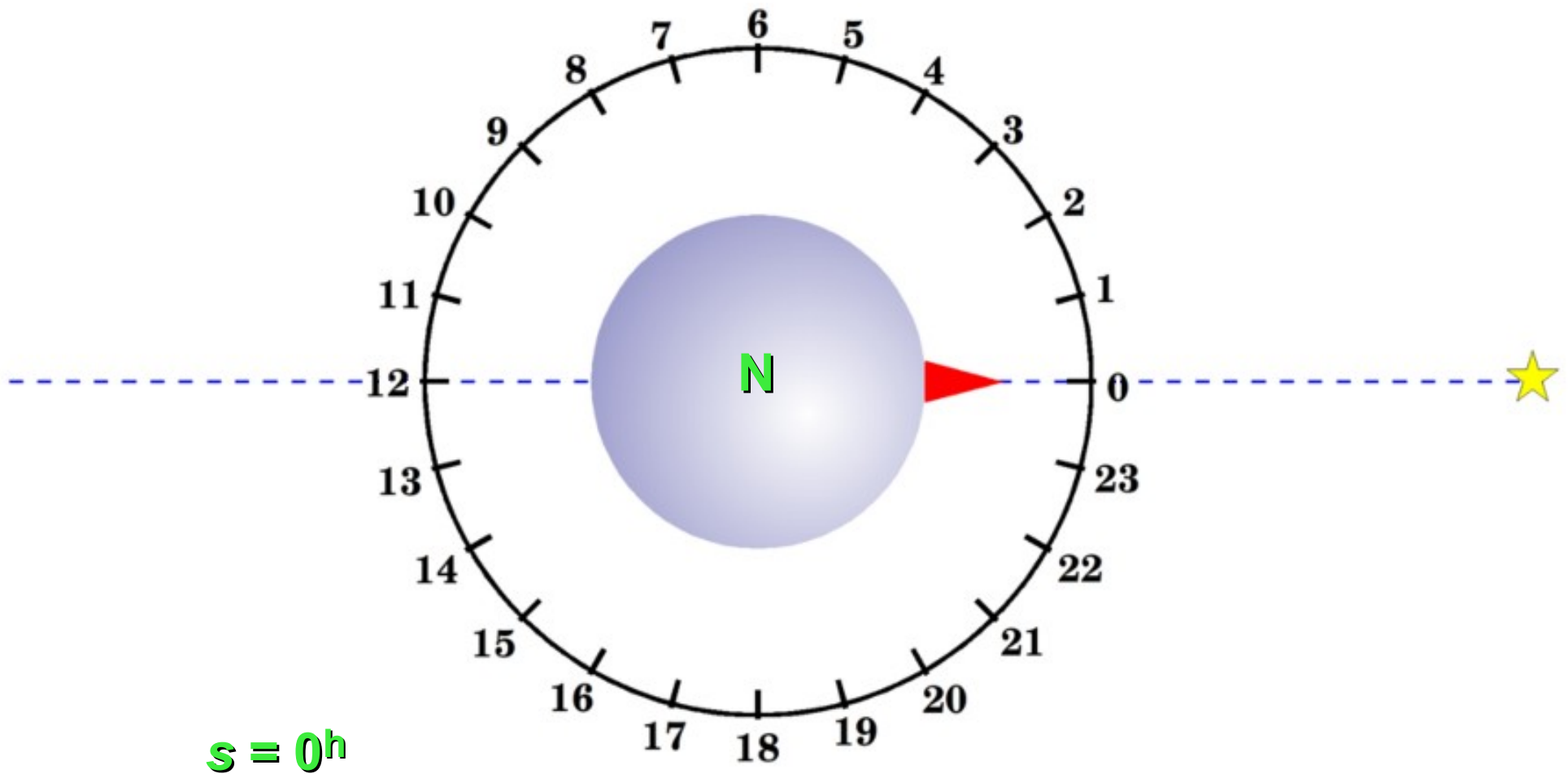


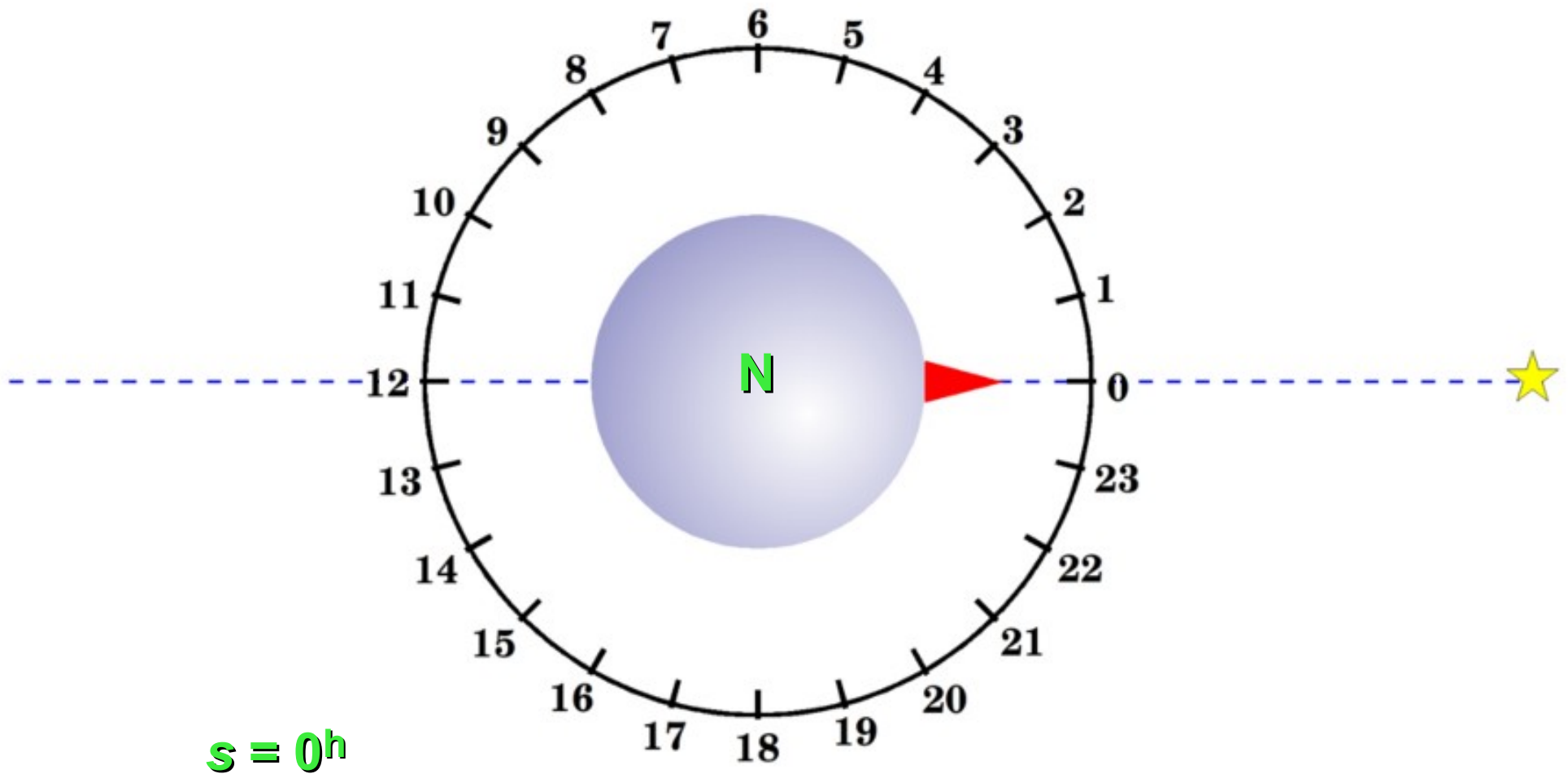






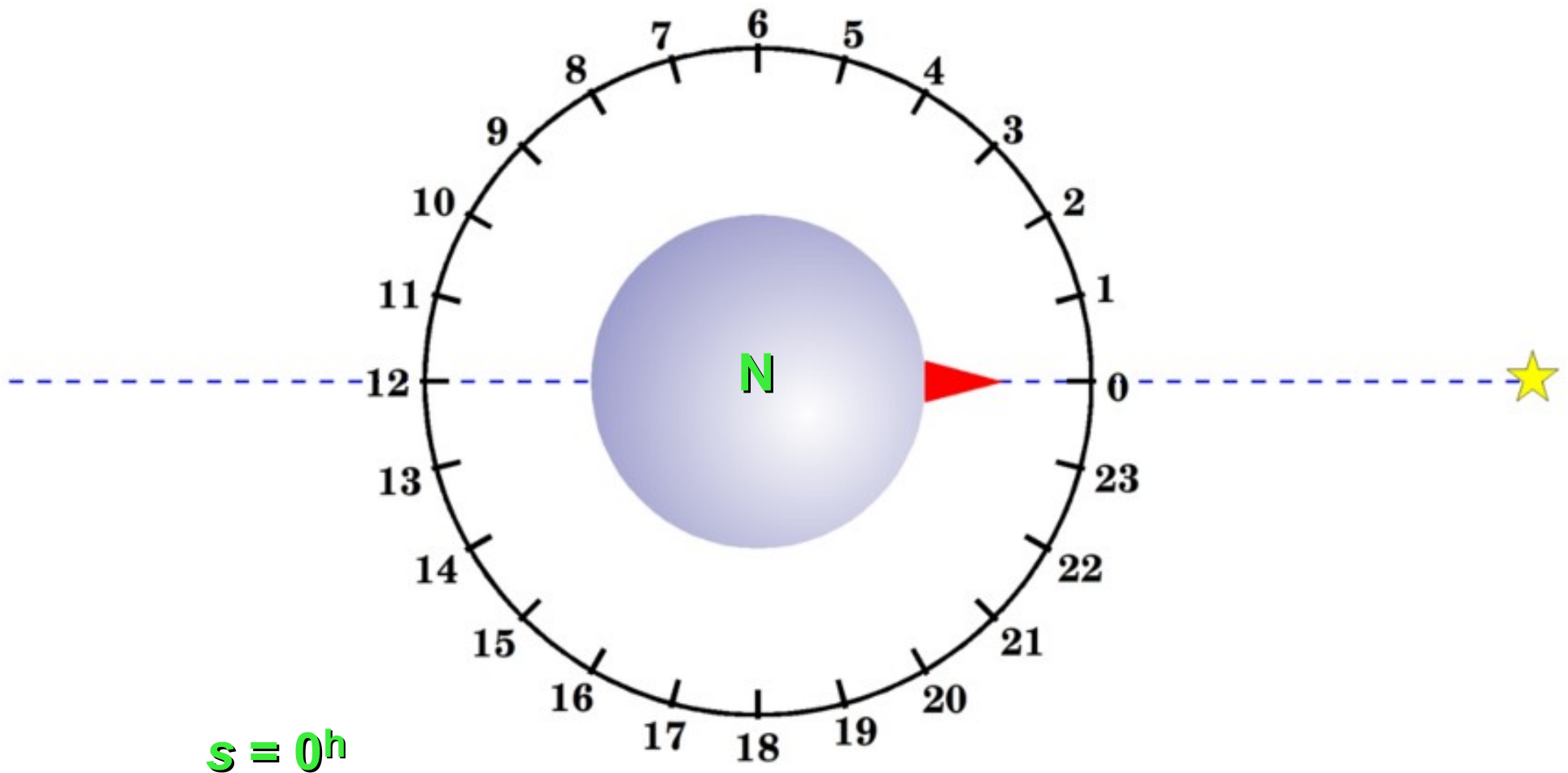






$s = 0^h$

Czemu taka dziwna tarcza?

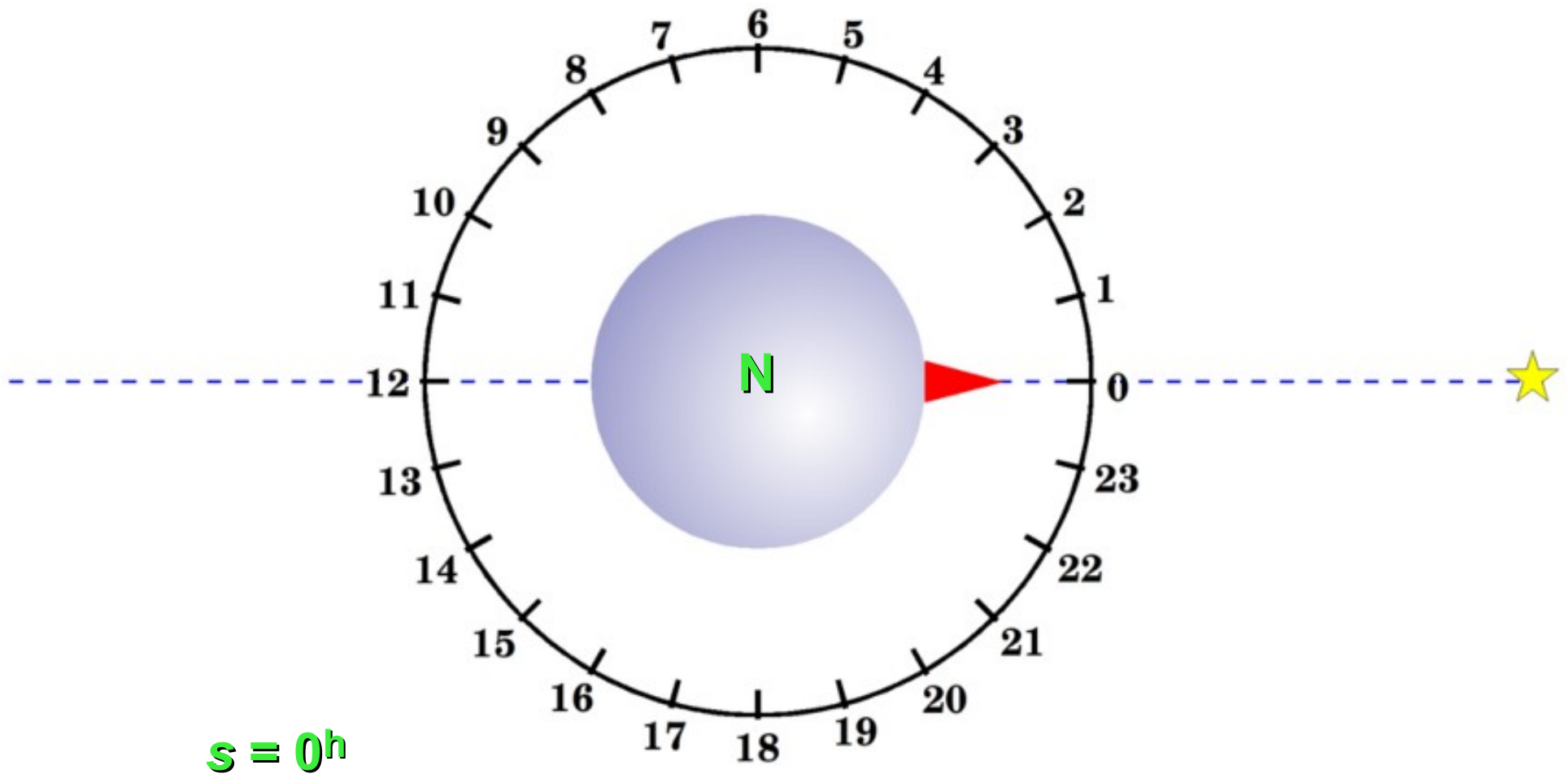


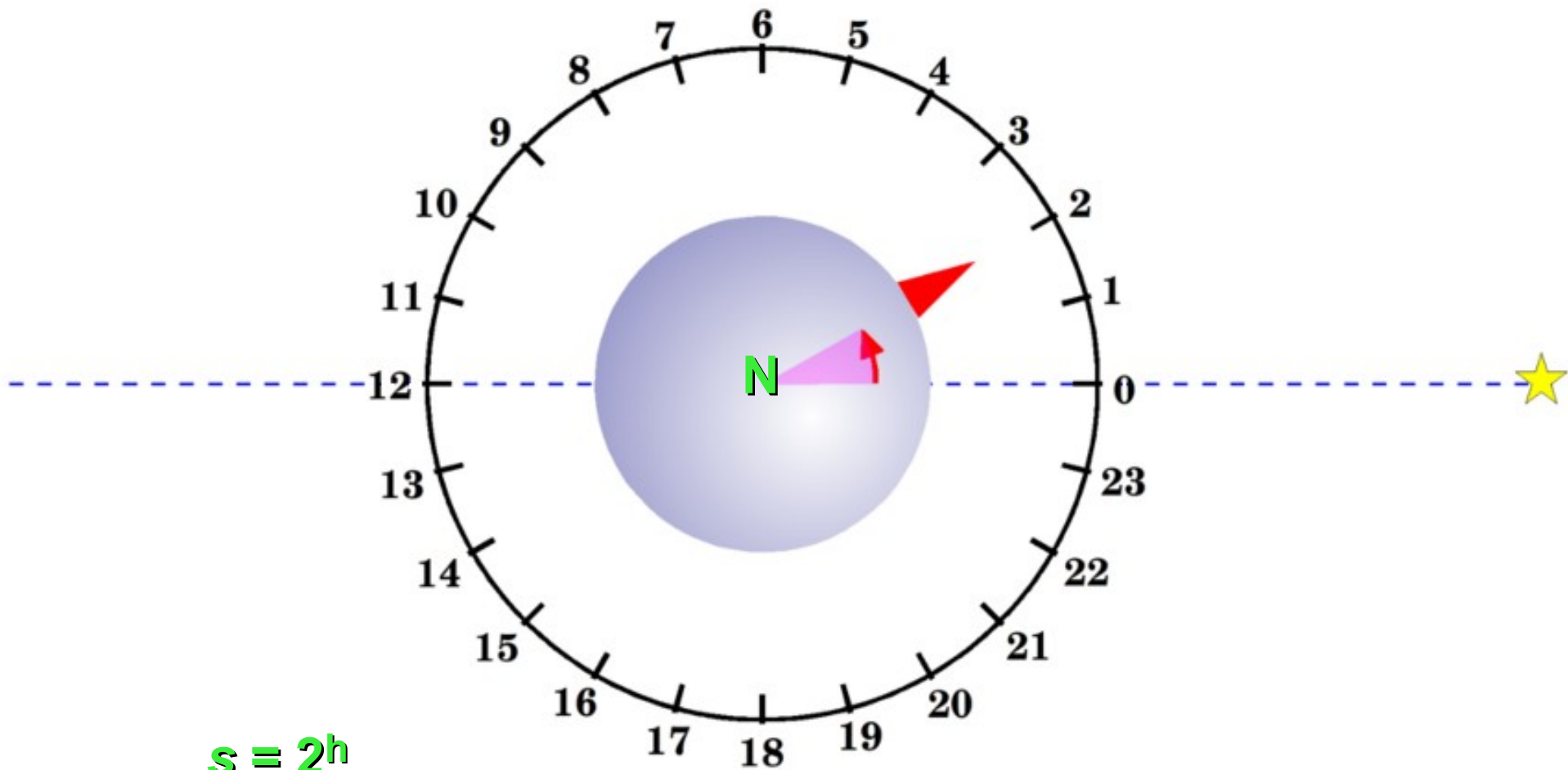
Czemu taka dziwna tarcza? Bo astronomowie mierzą kąty w godzinach...



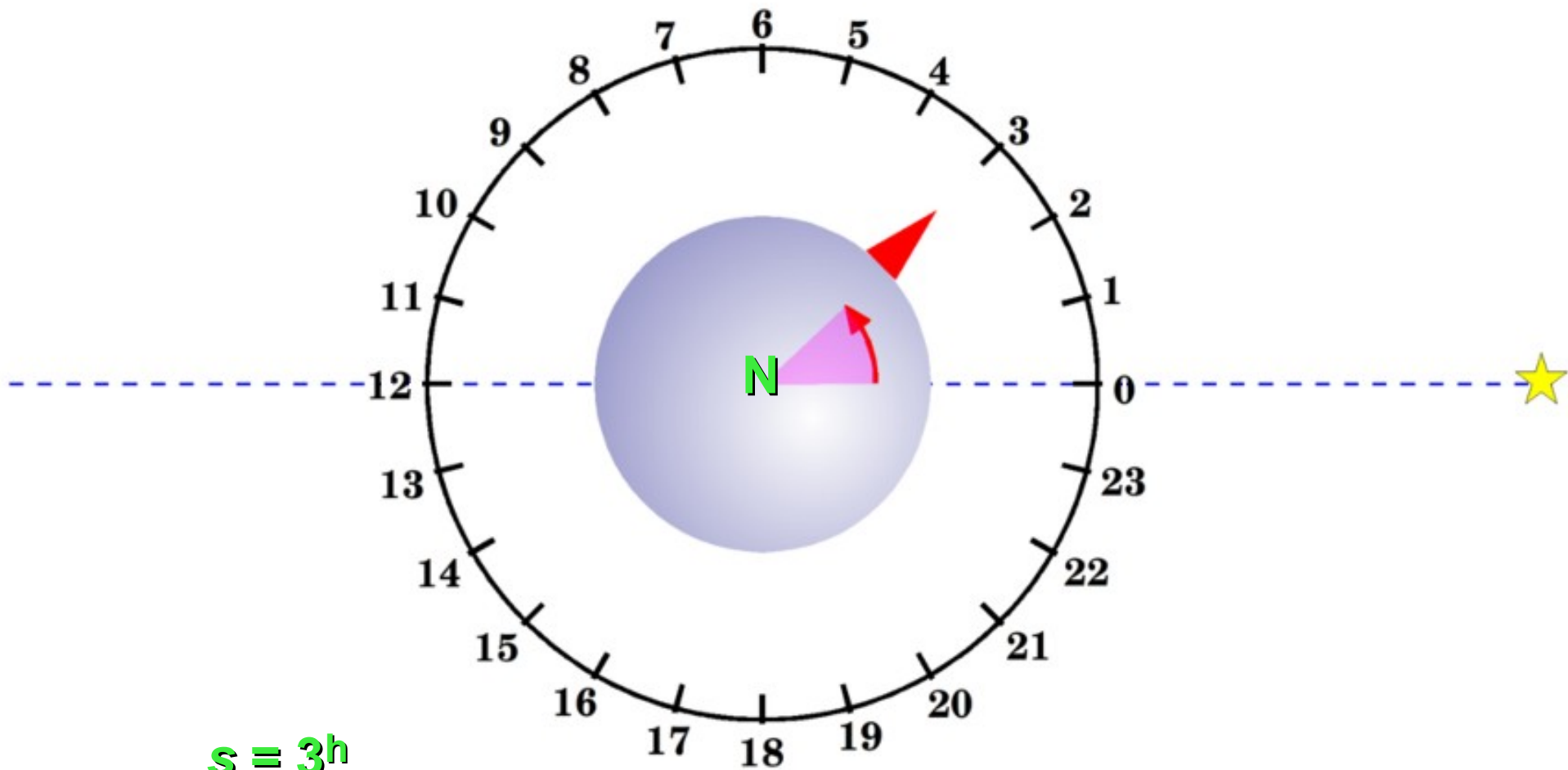
# Miara czasowa kątów

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

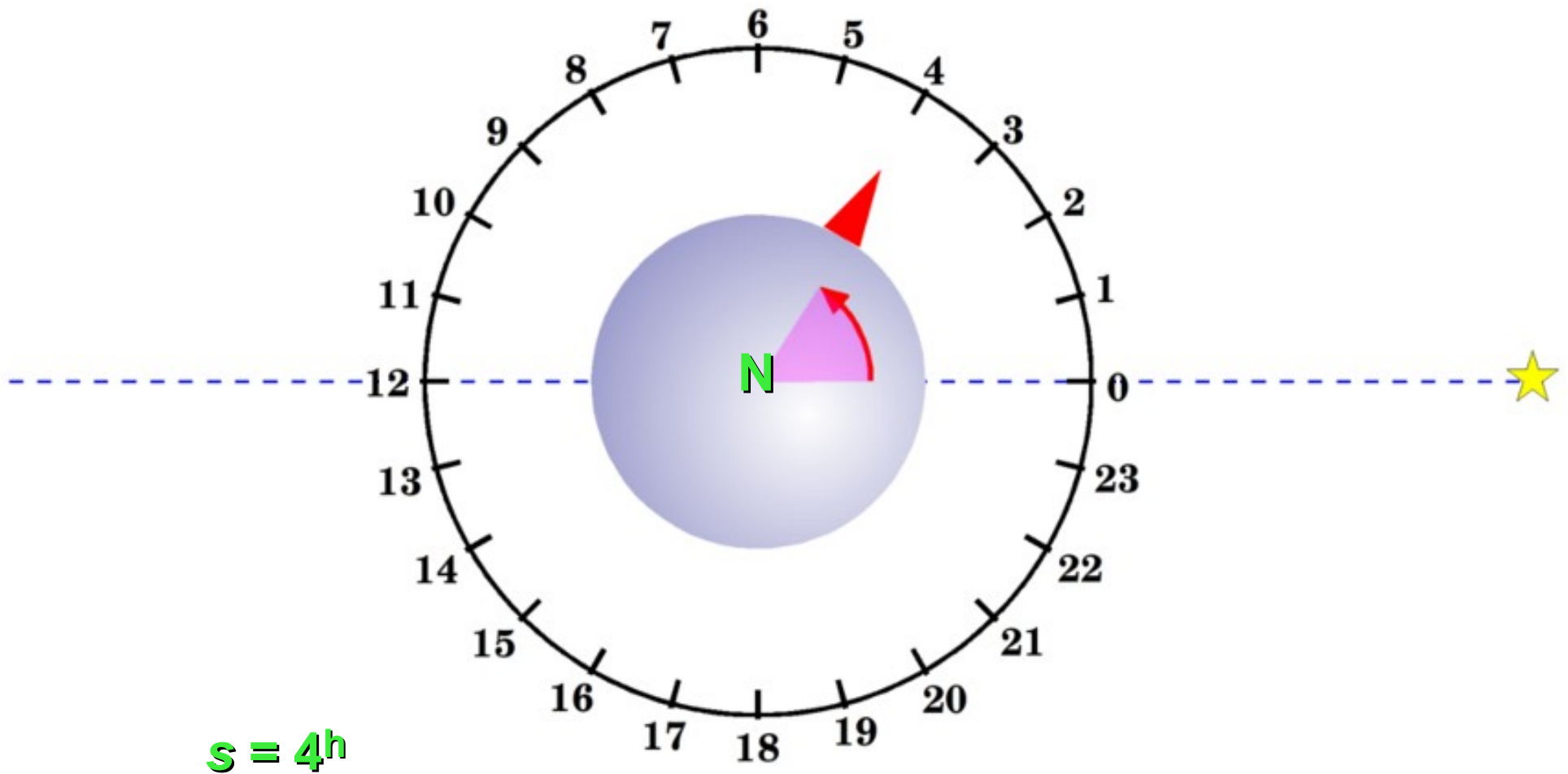


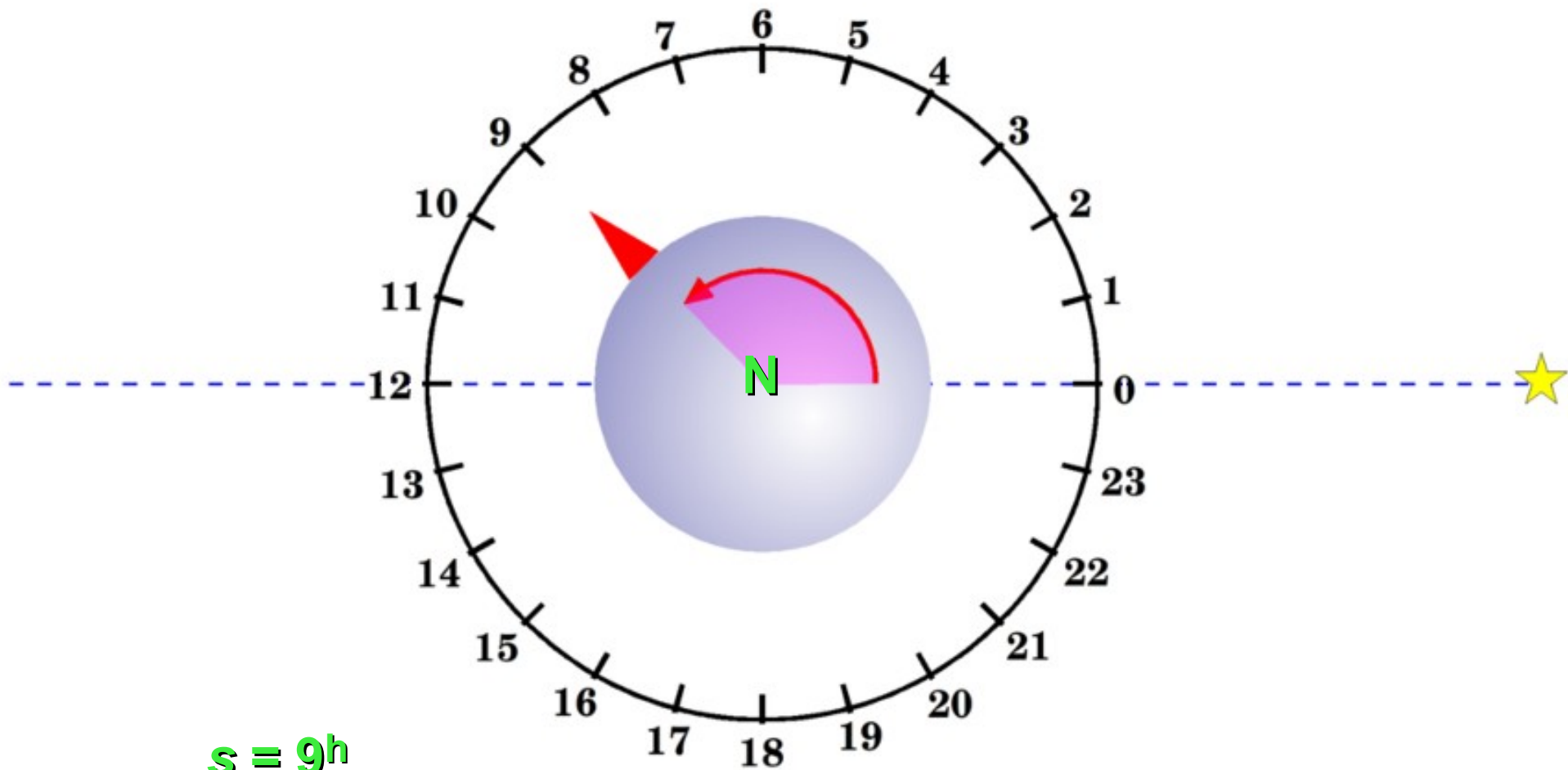


$s = 2h$

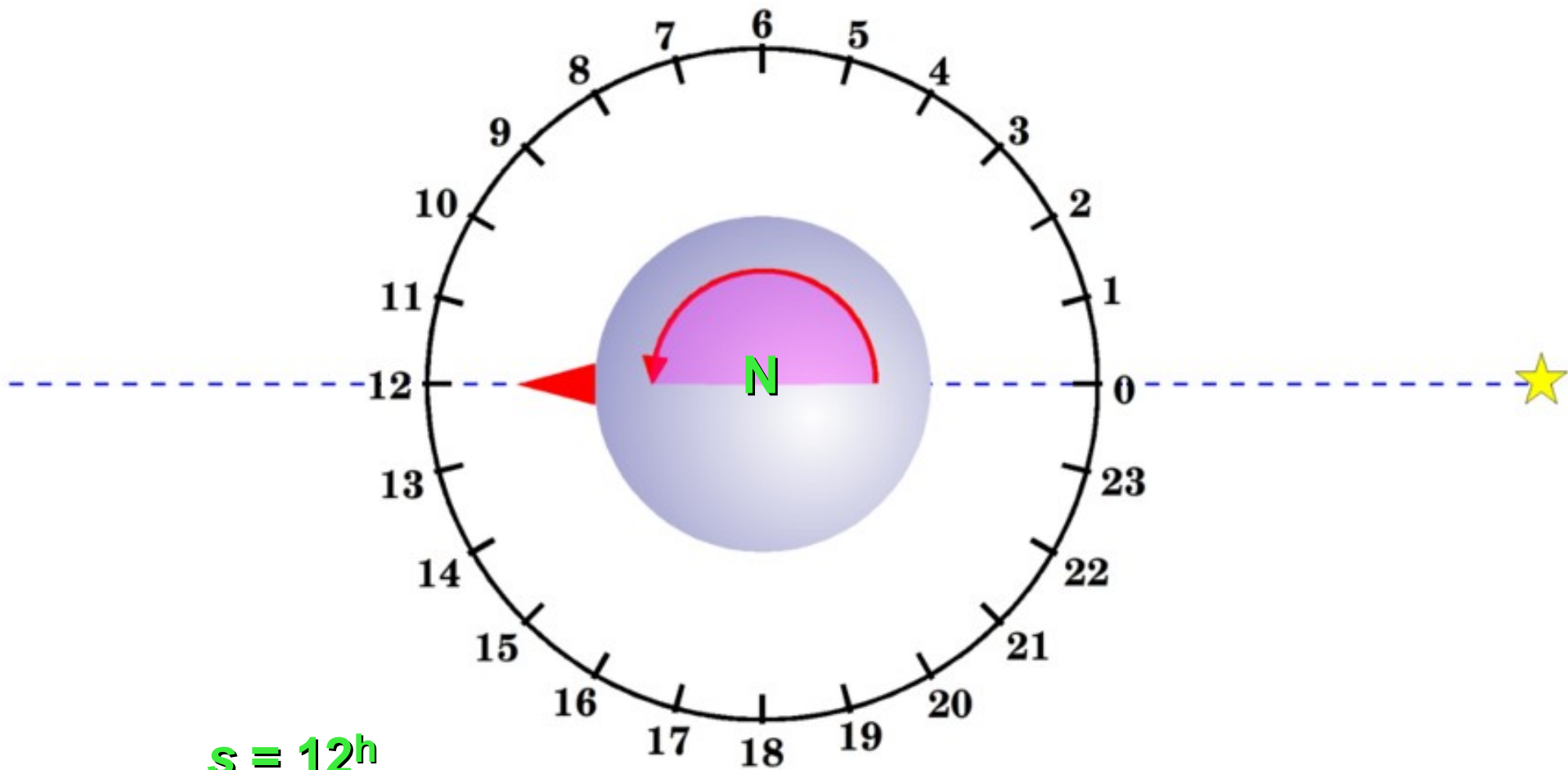


$$s = 3h$$

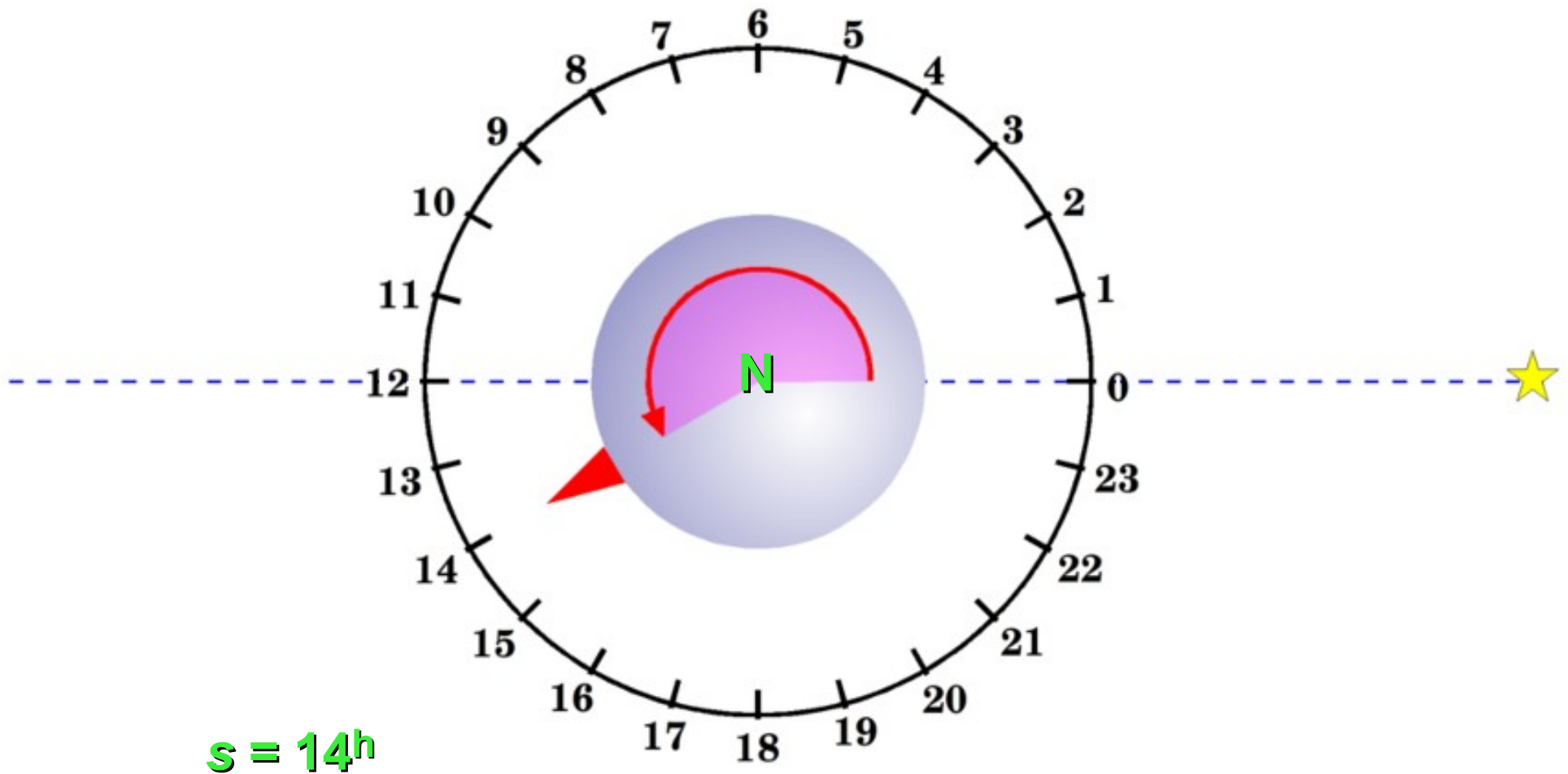




$s = gh$

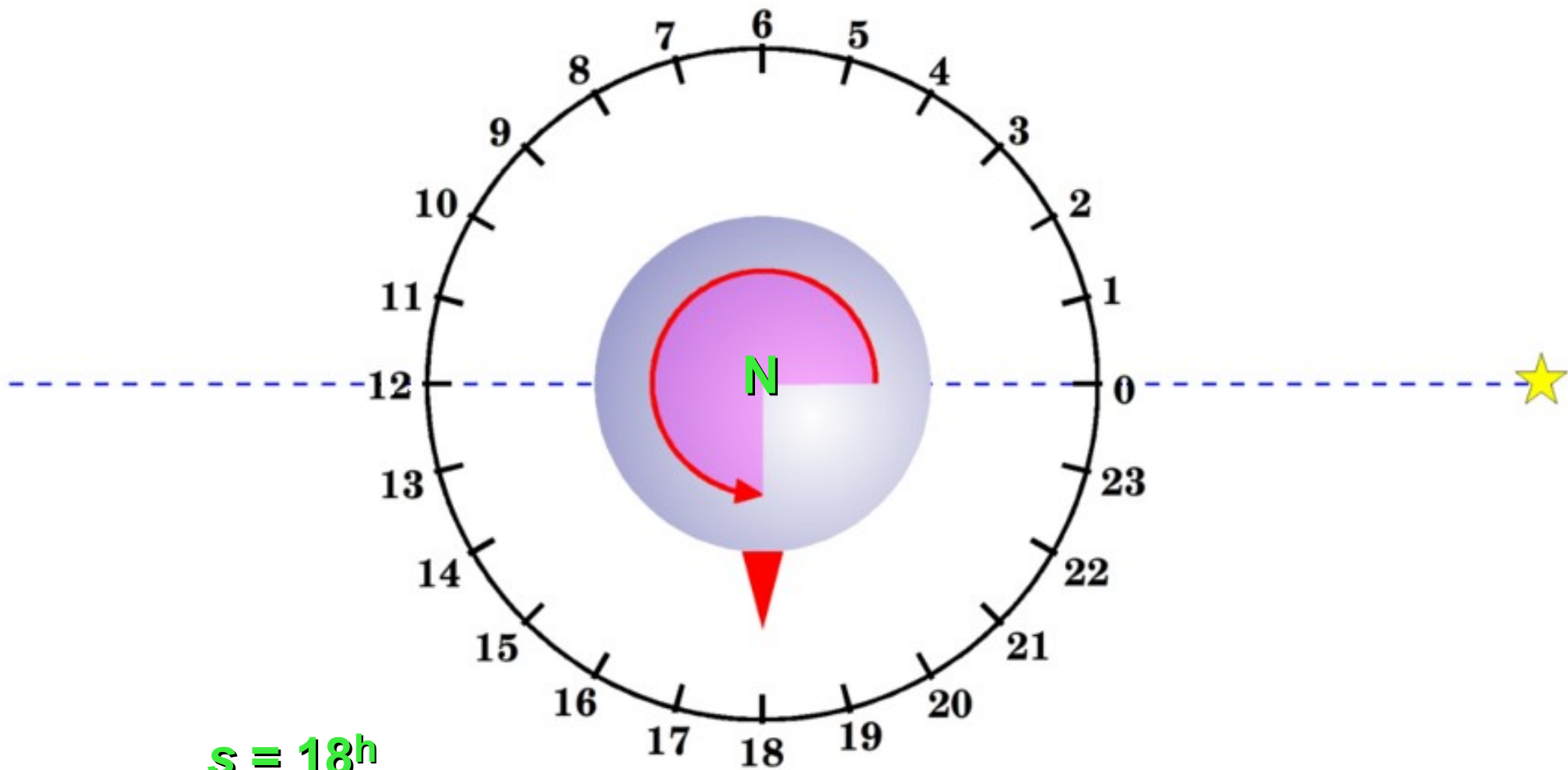


$s = 12^h$

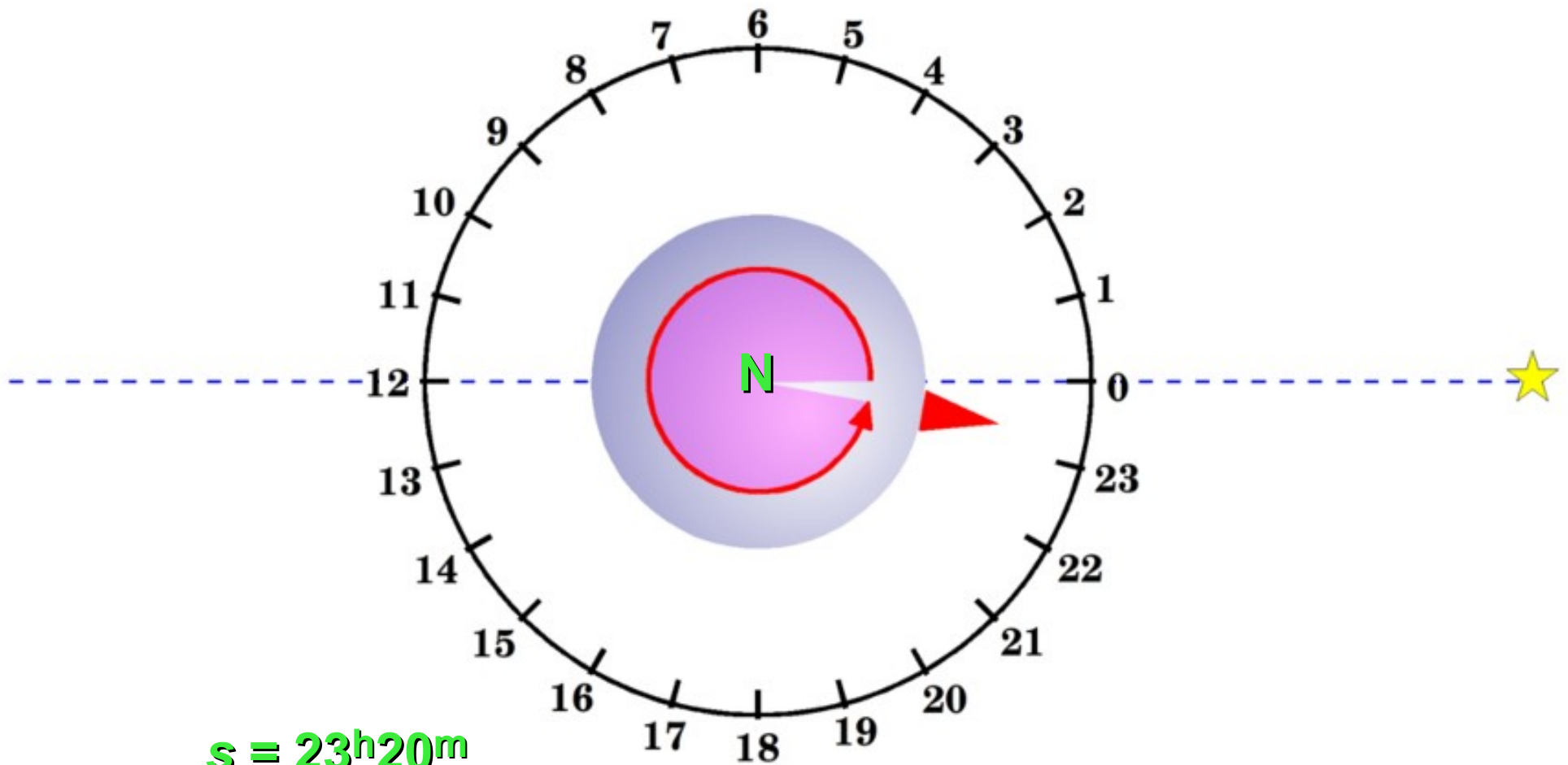


$s = 14^h$



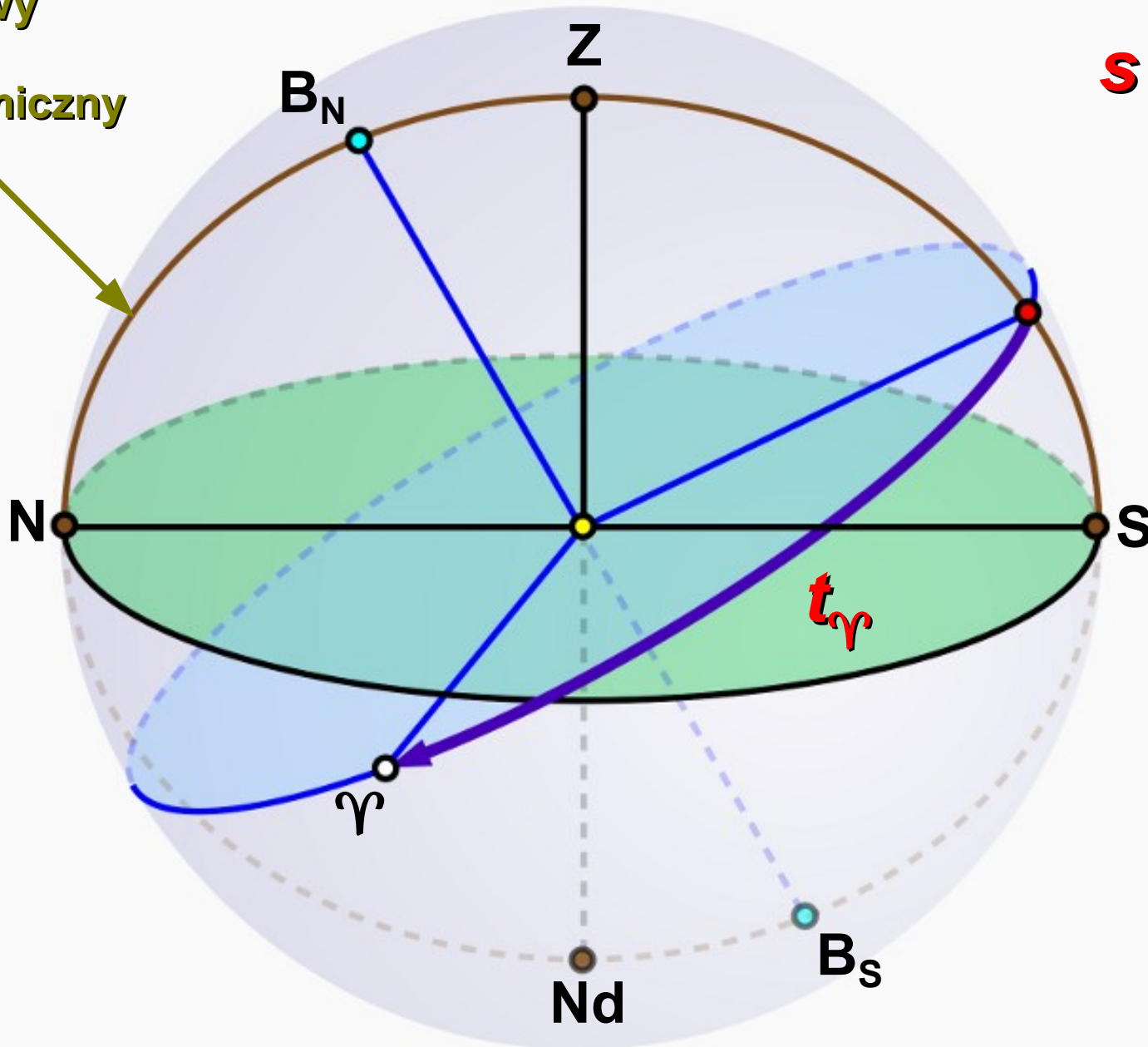


$s = 18^h$



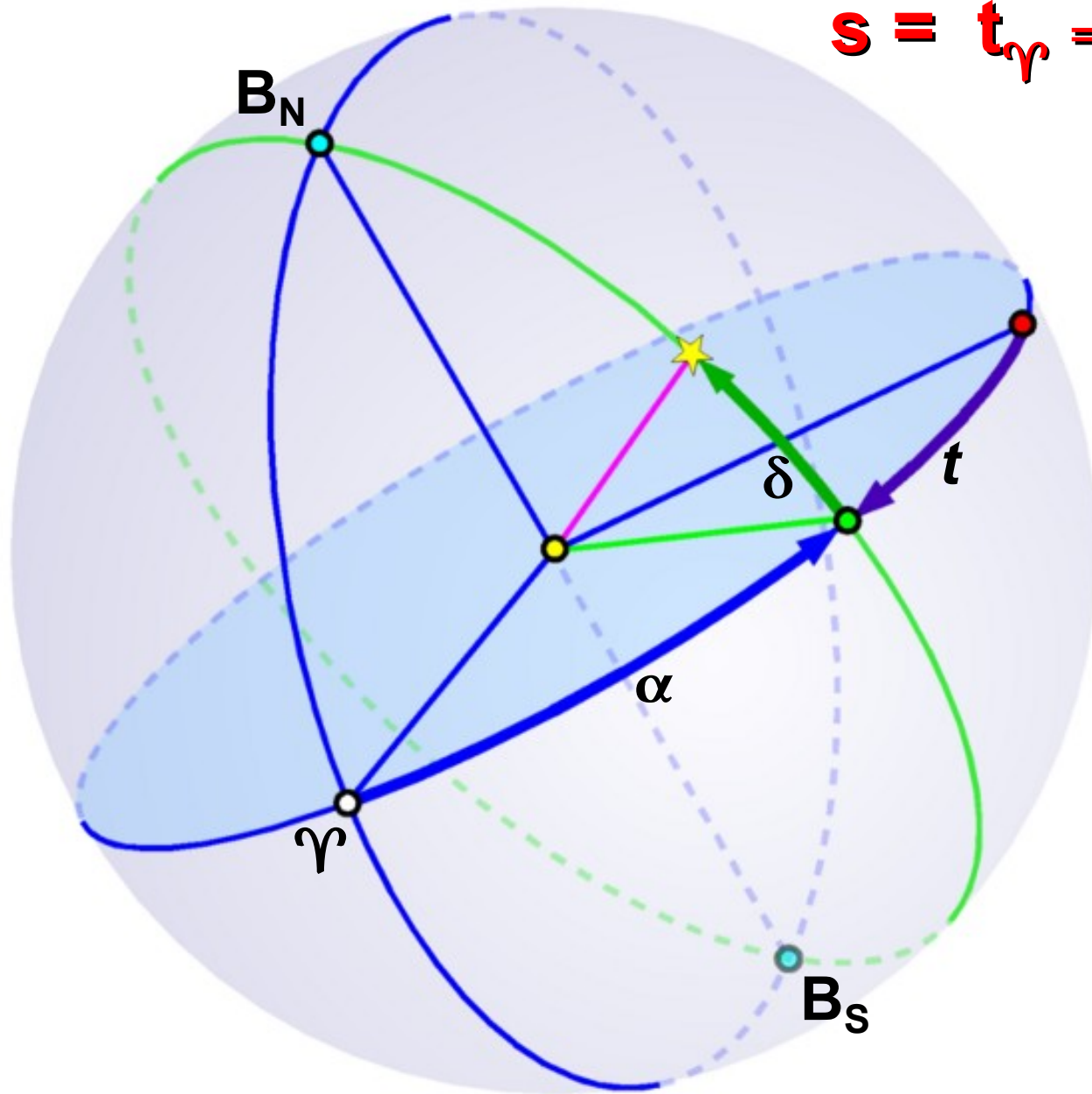
$s = 23^{\text{h}}20^{\text{m}}$

miejscowy  
południk  
astronomiczny



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

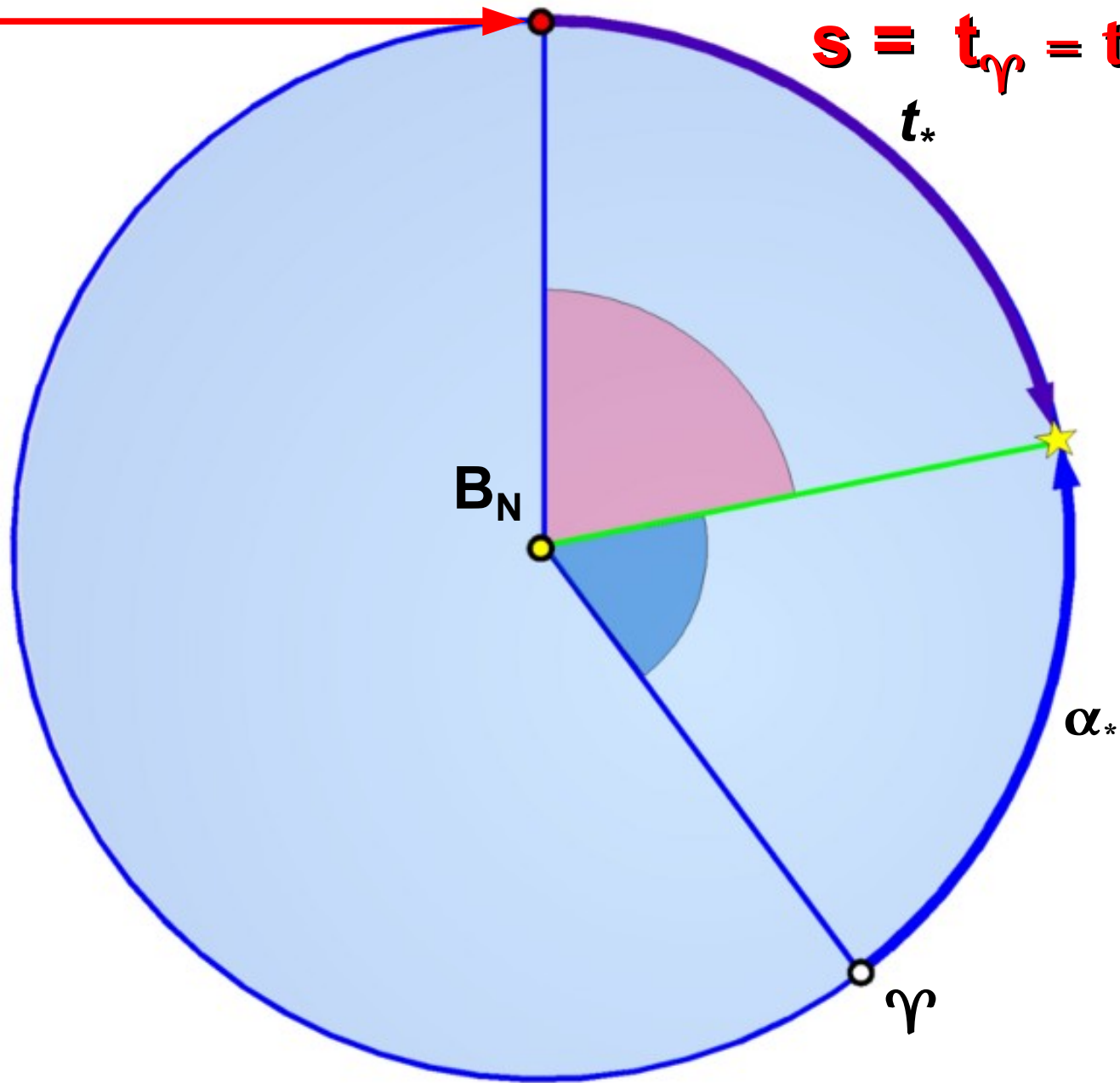
$$\mathbf{s} = \mathbf{t}_\gamma = \mathbf{t}_* + \boldsymbol{\alpha}_*$$



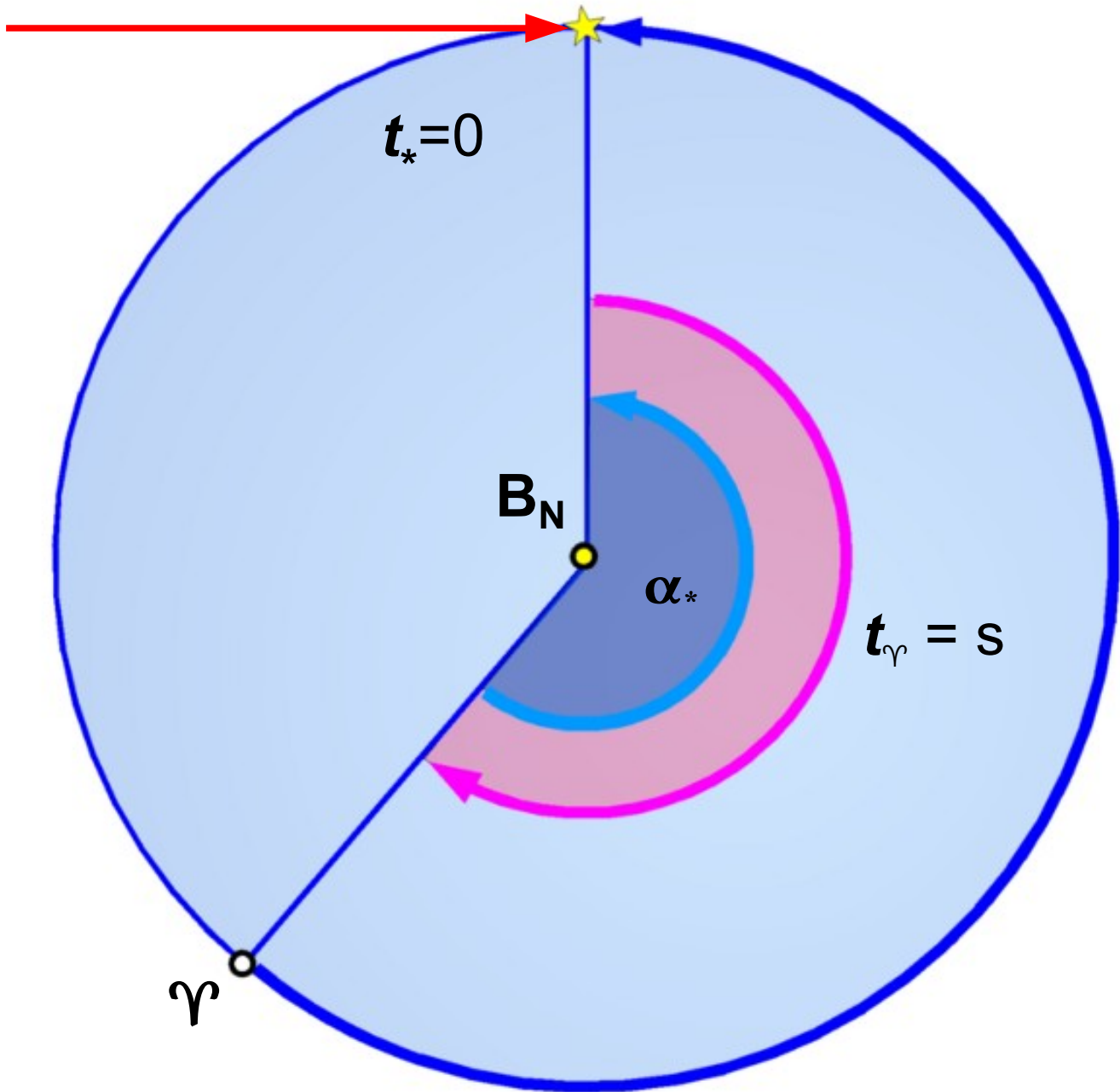
punkt  
górowania  
na równiku



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



punkt  
górowania  
na równiku



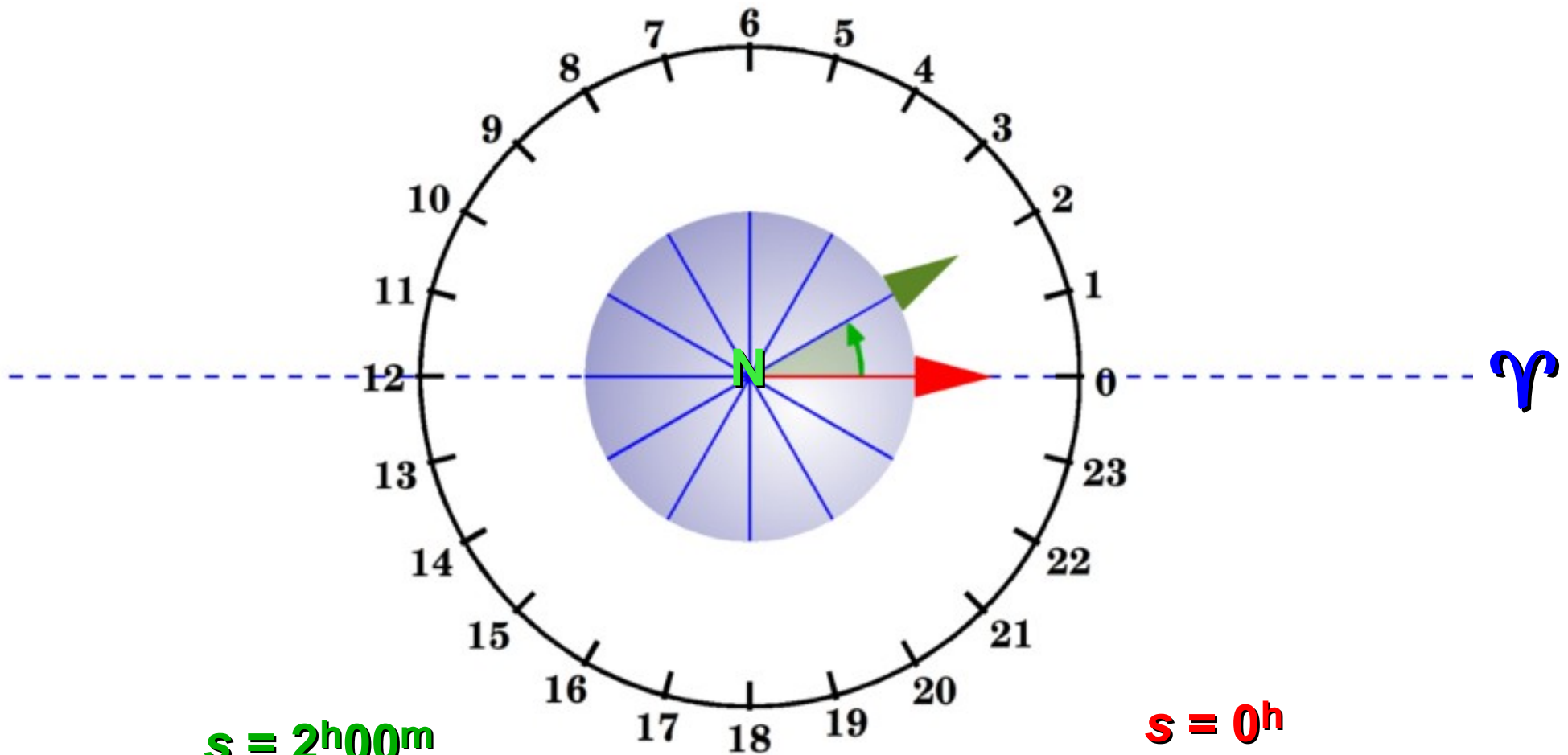
**Czas gwiazdowy ( $t_\gamma$ ) jest zawsze równy rektascensji gwiazd górujących!**

# **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.**

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

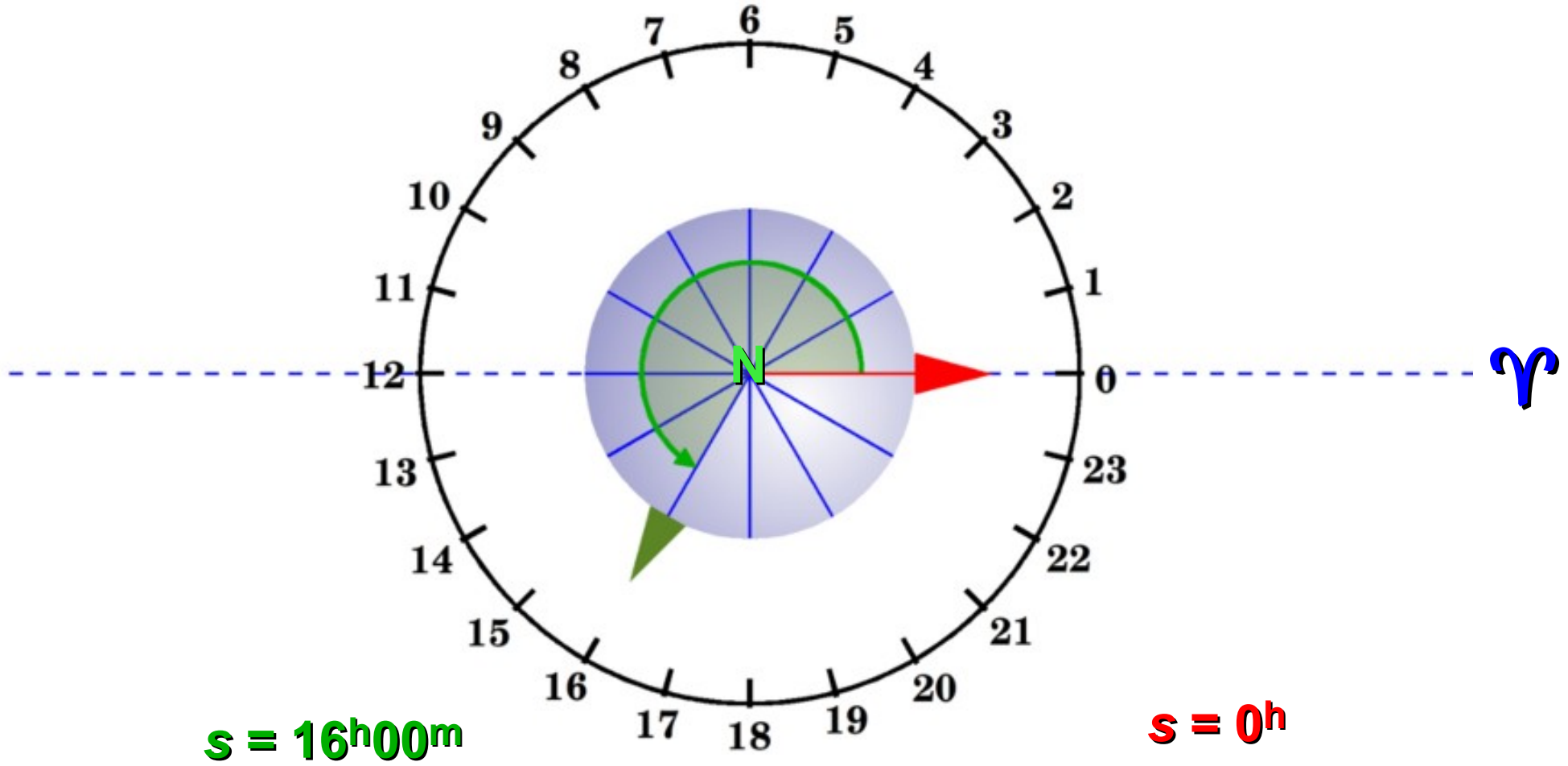


$$s = 2^h00^m$$

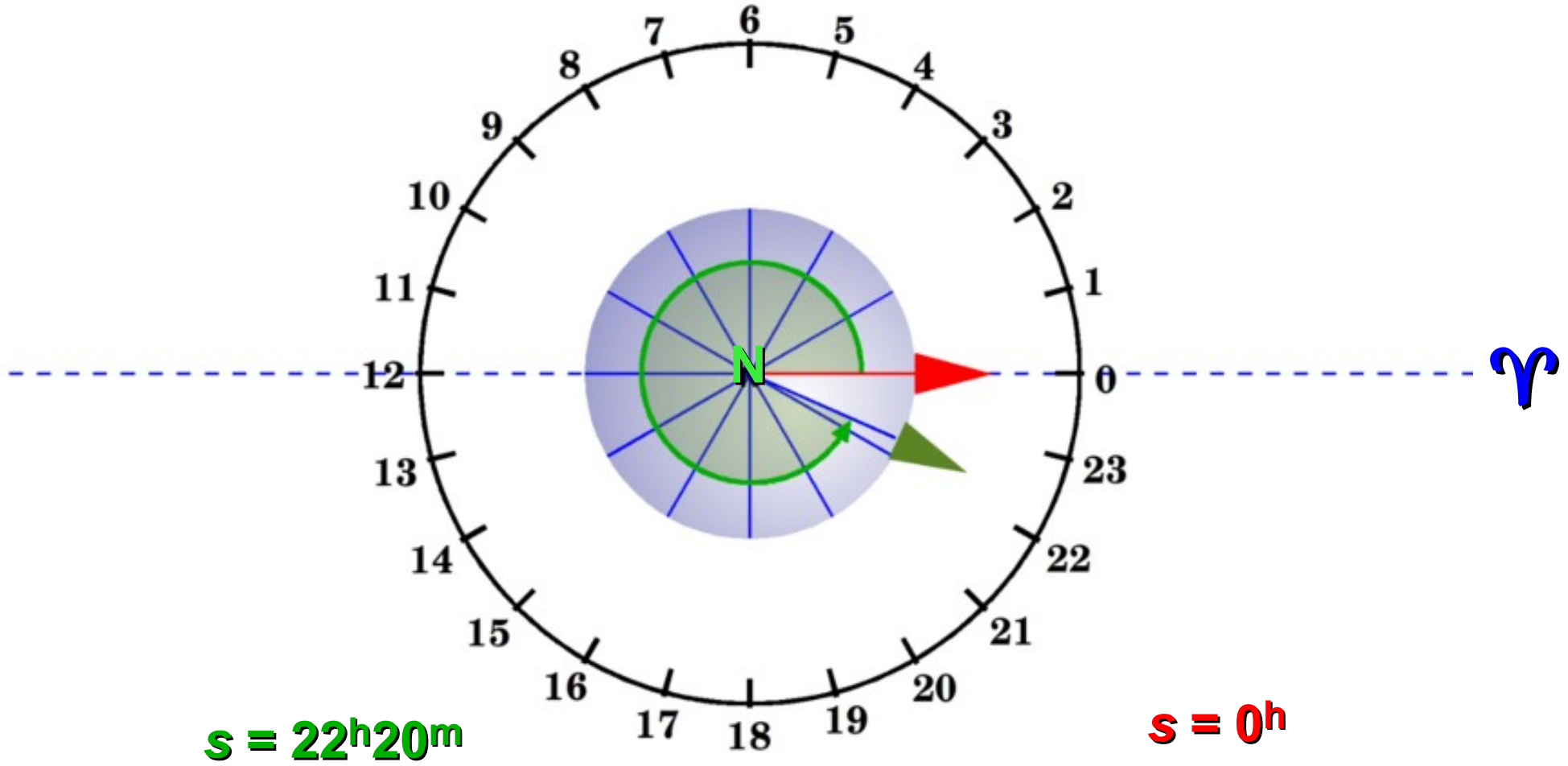
$s = 0^h$   
( czas gwiazdowy  
na południku 0 )



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



$\lambda_E = 335^\circ = 22^h 20^m$



$s = 22^h 20^m$

$s = 0^h$

**Pomiar kąta godzinowego 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**



Słońce

Ziemia

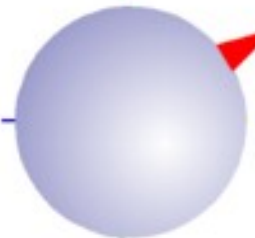
orbita Ziemi

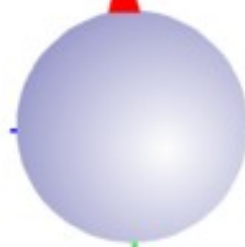


**Definicja: czas słoneczny prawdziwy to kąt godzinny środka tarczy Słońca powiększony o 12<sup>h</sup>.**

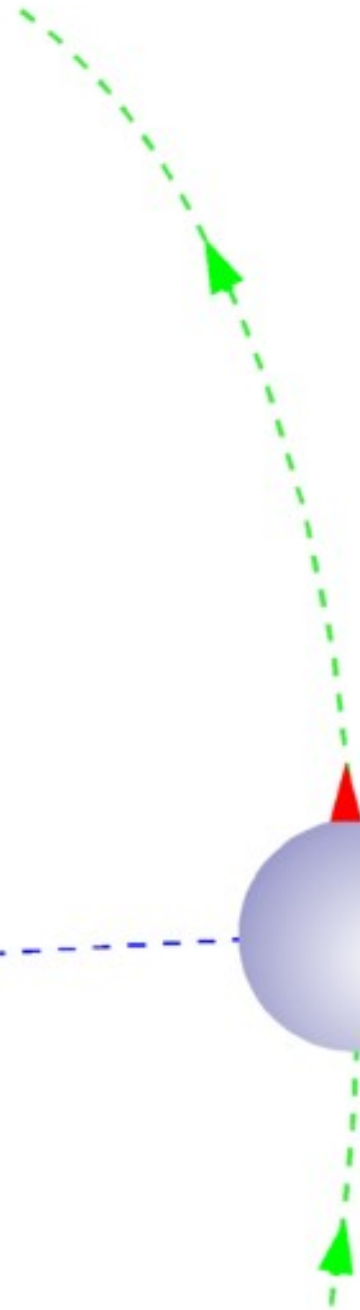
**Chodzi o to by początek doby ( godzina 0 ) był o północy.**



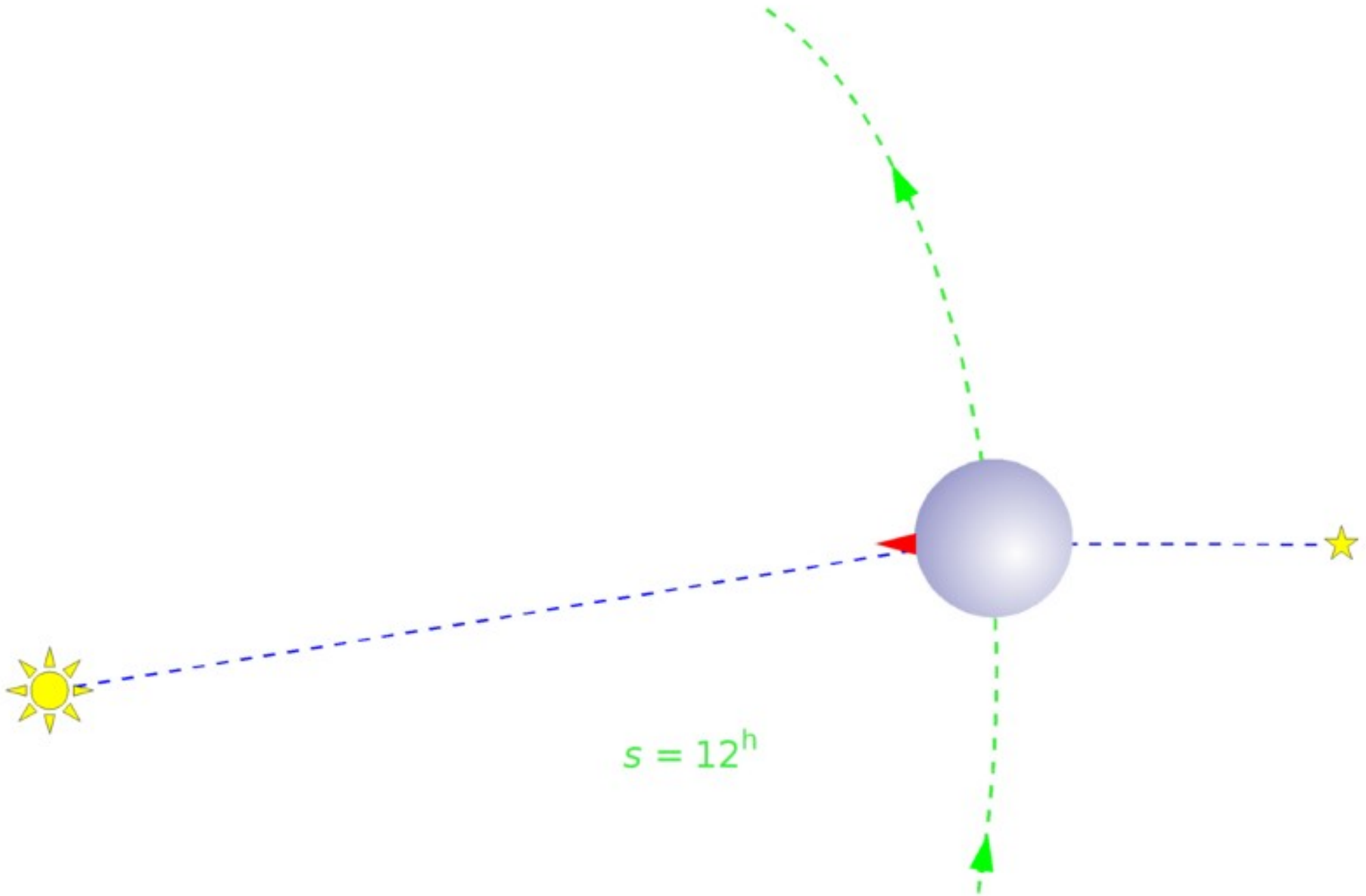




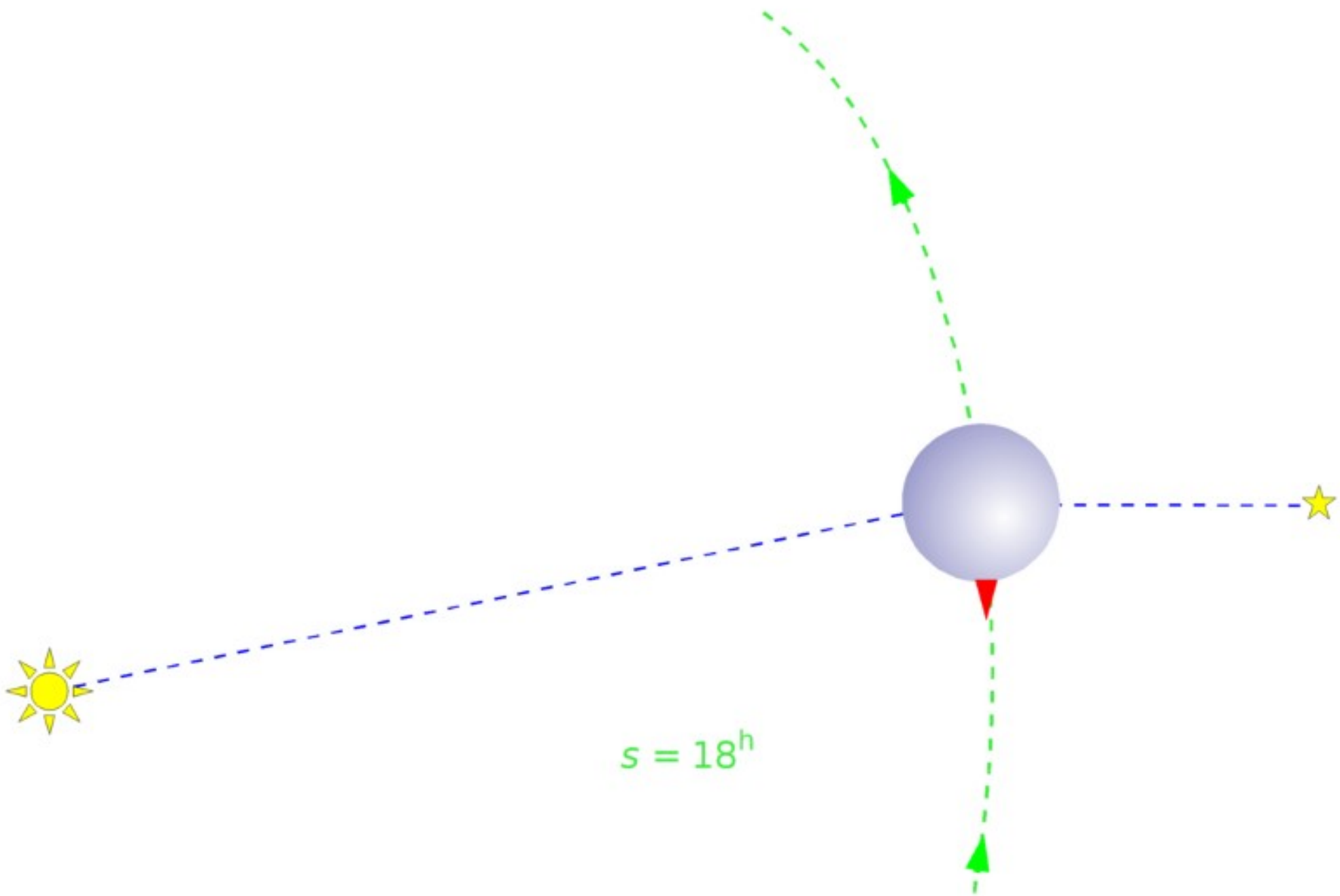
$s = 6^h$



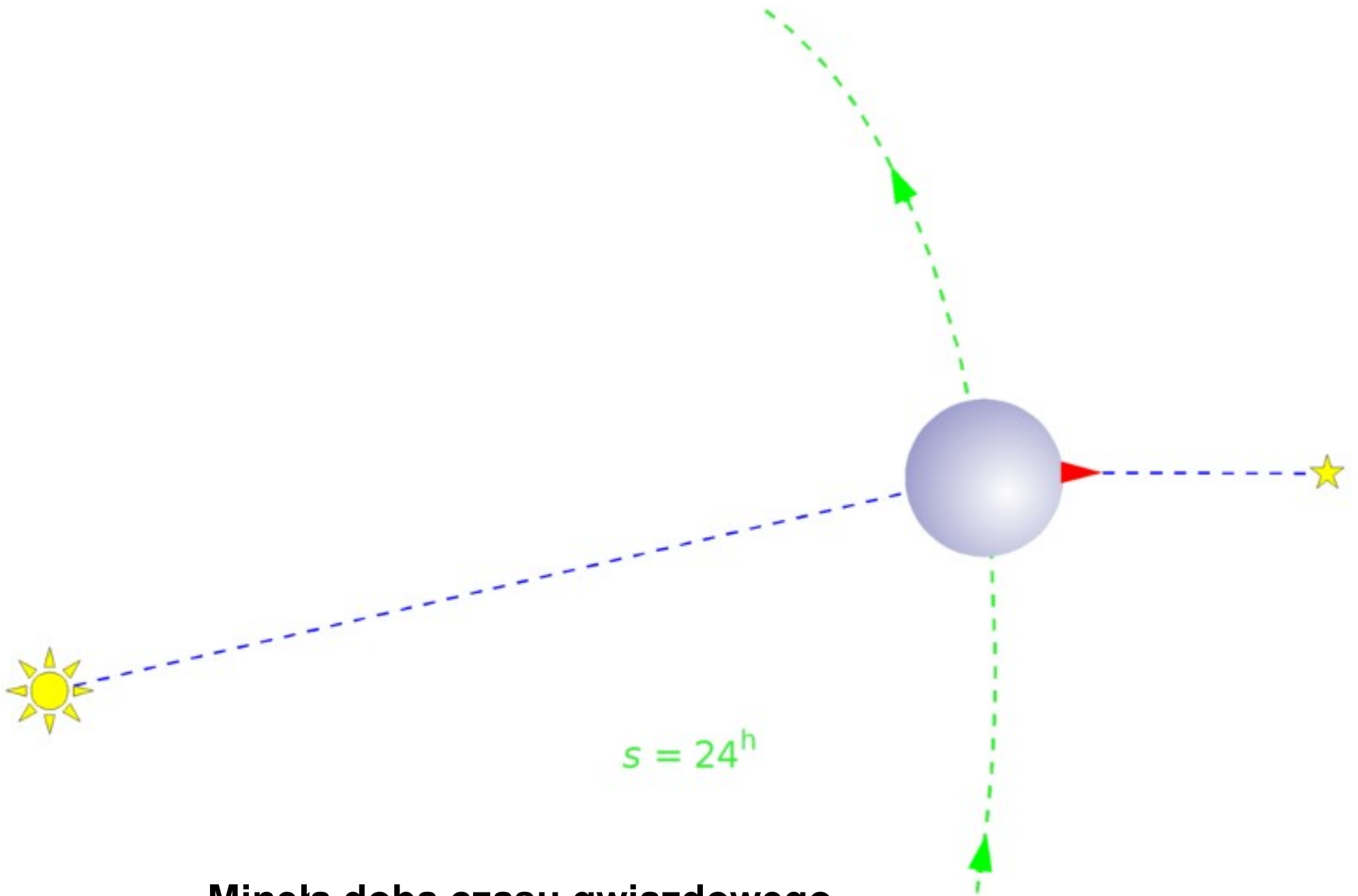




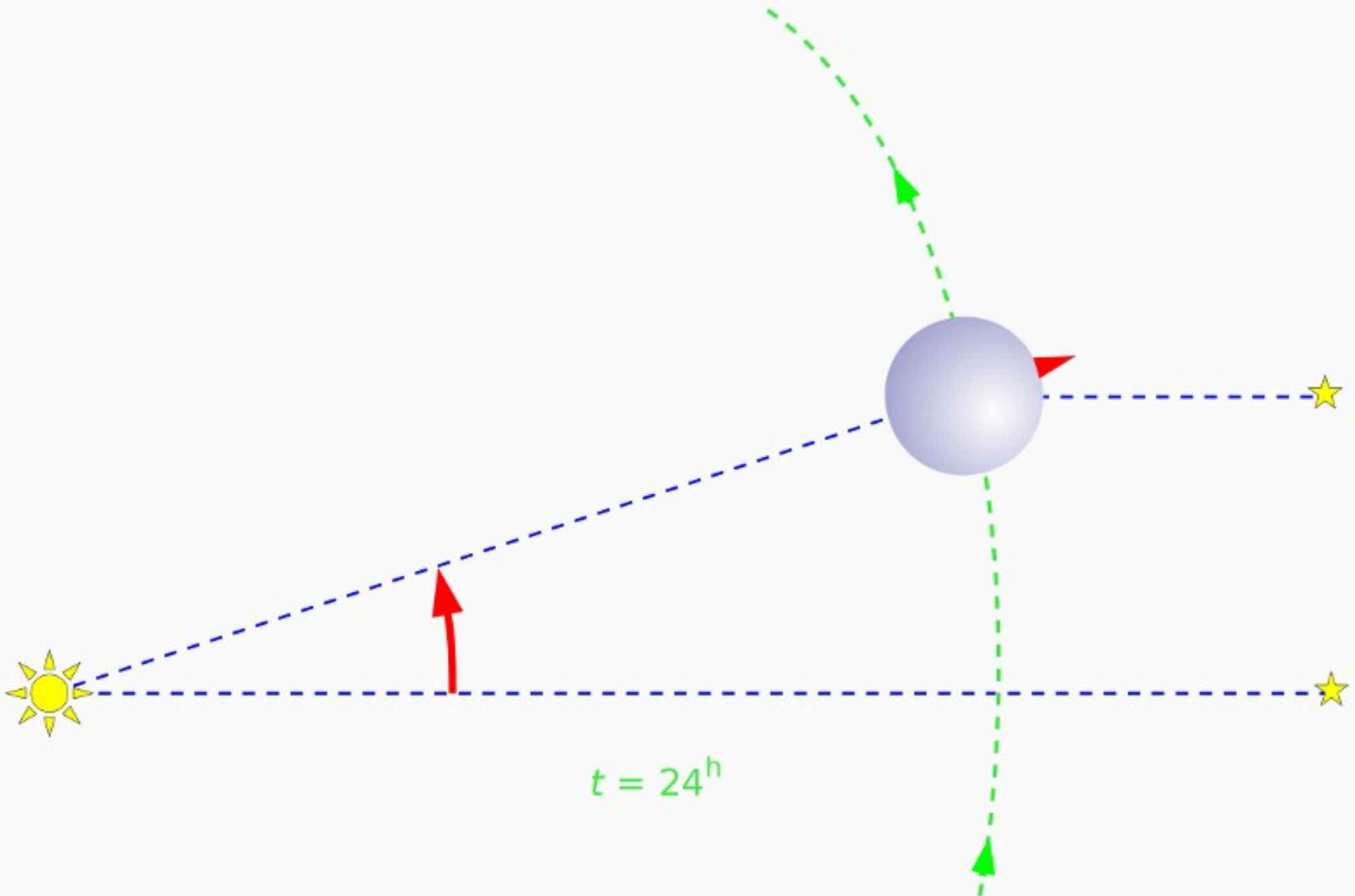
$s = 12^h$



$s = 18^h$

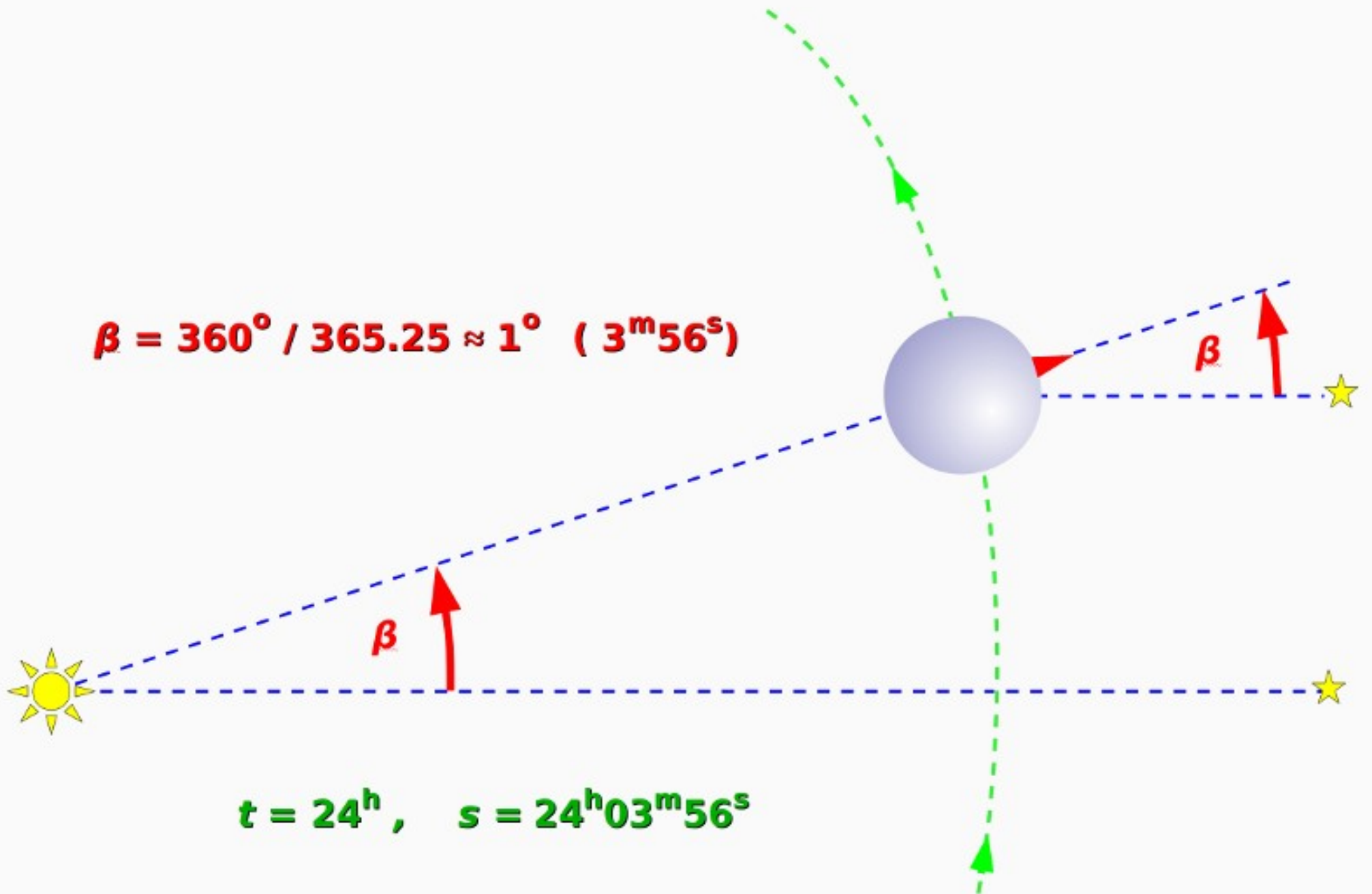


Minęła doba czasu gwiazdowego...



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

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

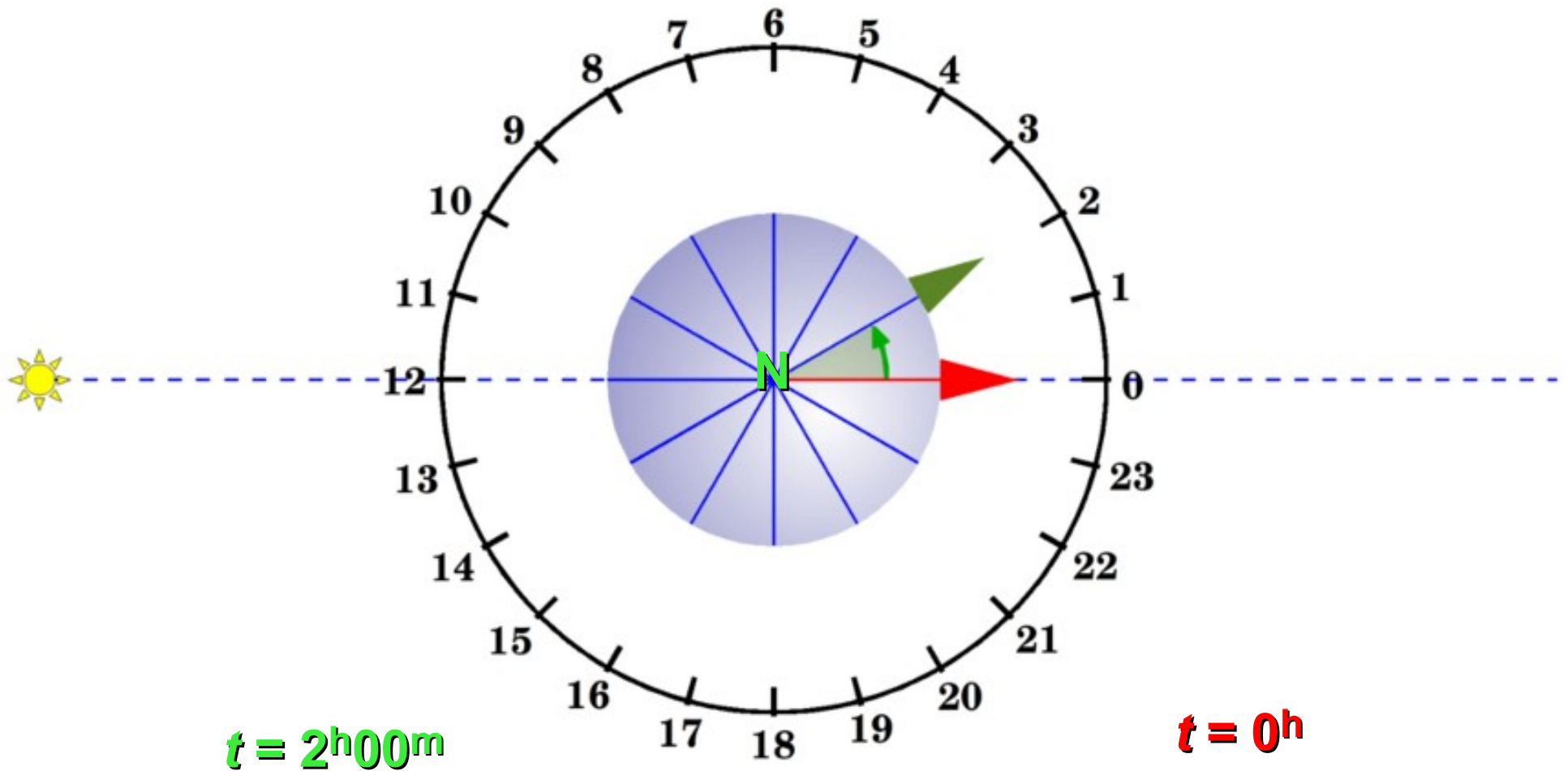


$$t = 24^h, \quad s = 24^h 03^m 56^s$$

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

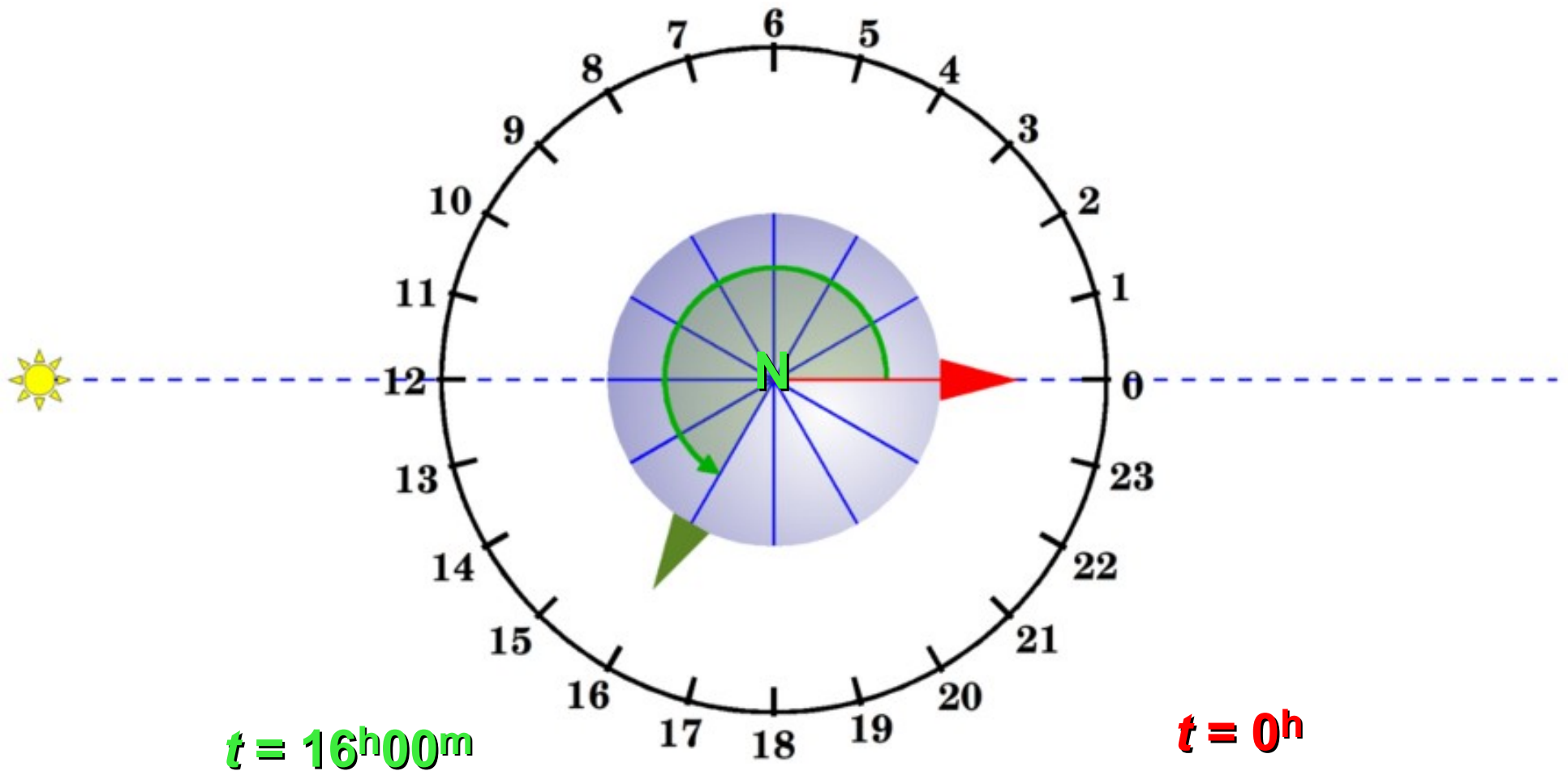
**Wiemy doskonale, że na różnych długościach  
geograficznych jest różny czas.**

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

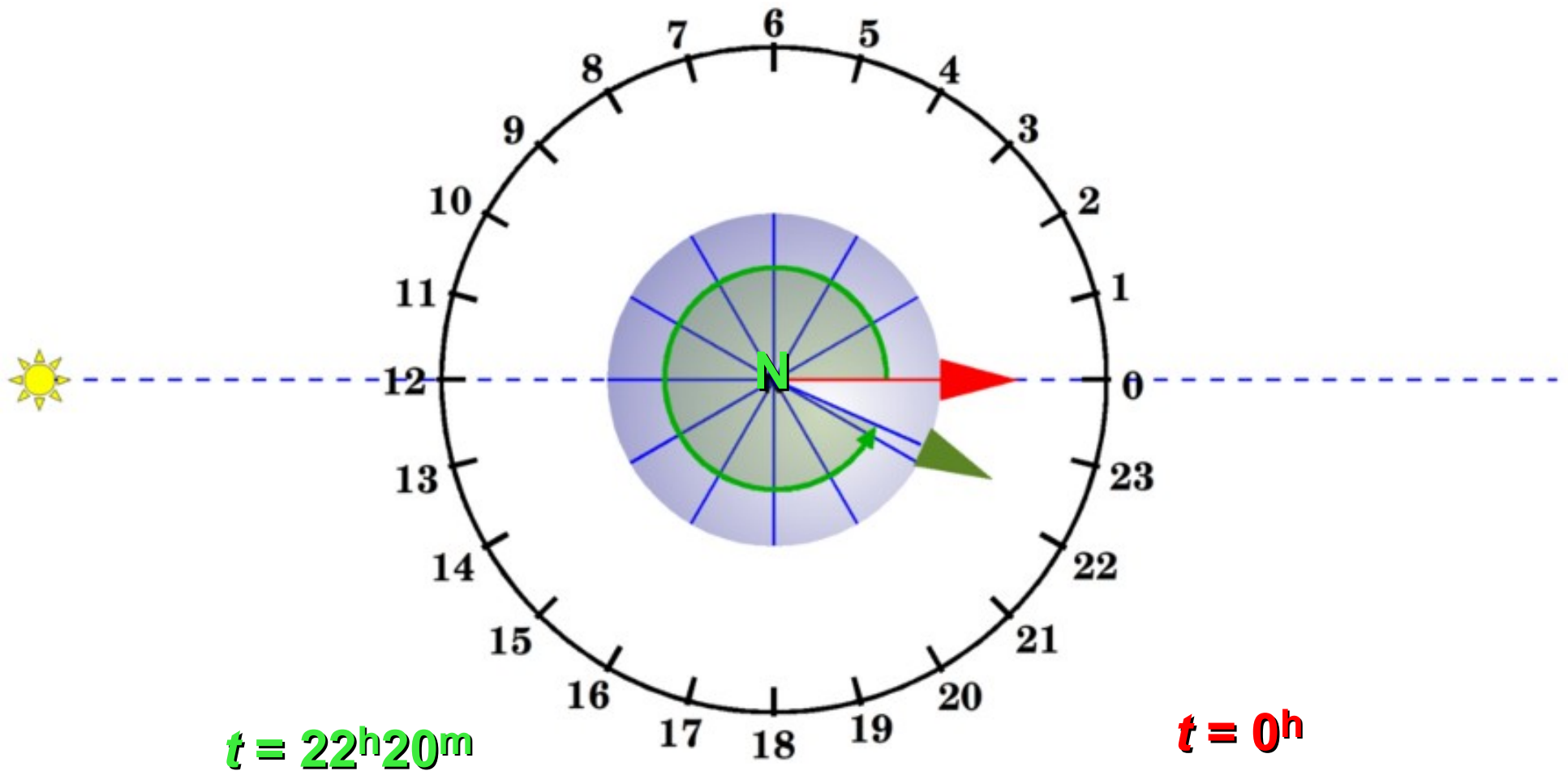




$$\lambda_E = 240^\circ = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$



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



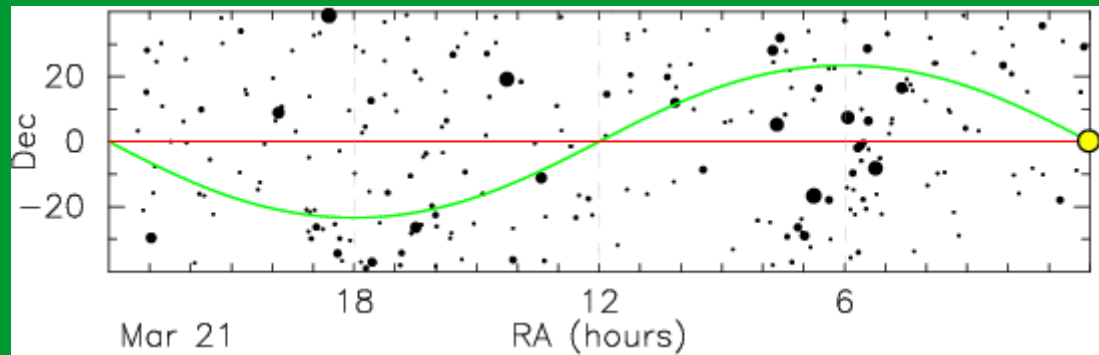
# Czas słoneczny prawdziwy



też umiemy mierzyć...

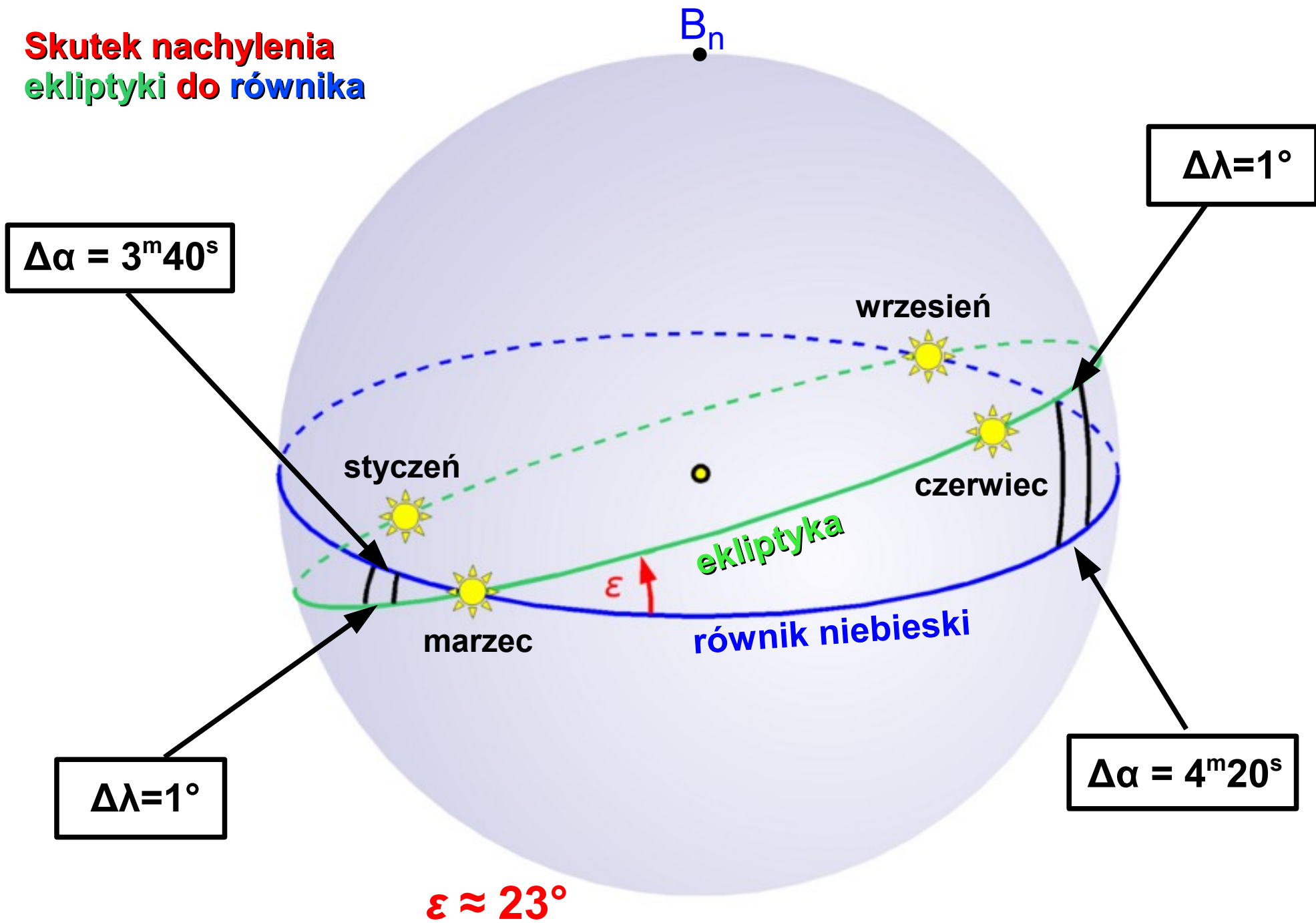
**Na skutek ruchu orbitalnego Ziemi  
Słońce zmienia swoją pozycję na tle  
gwiazd nierównomiernie.**

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



[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**



$\Delta\alpha = 3^m 40^s$

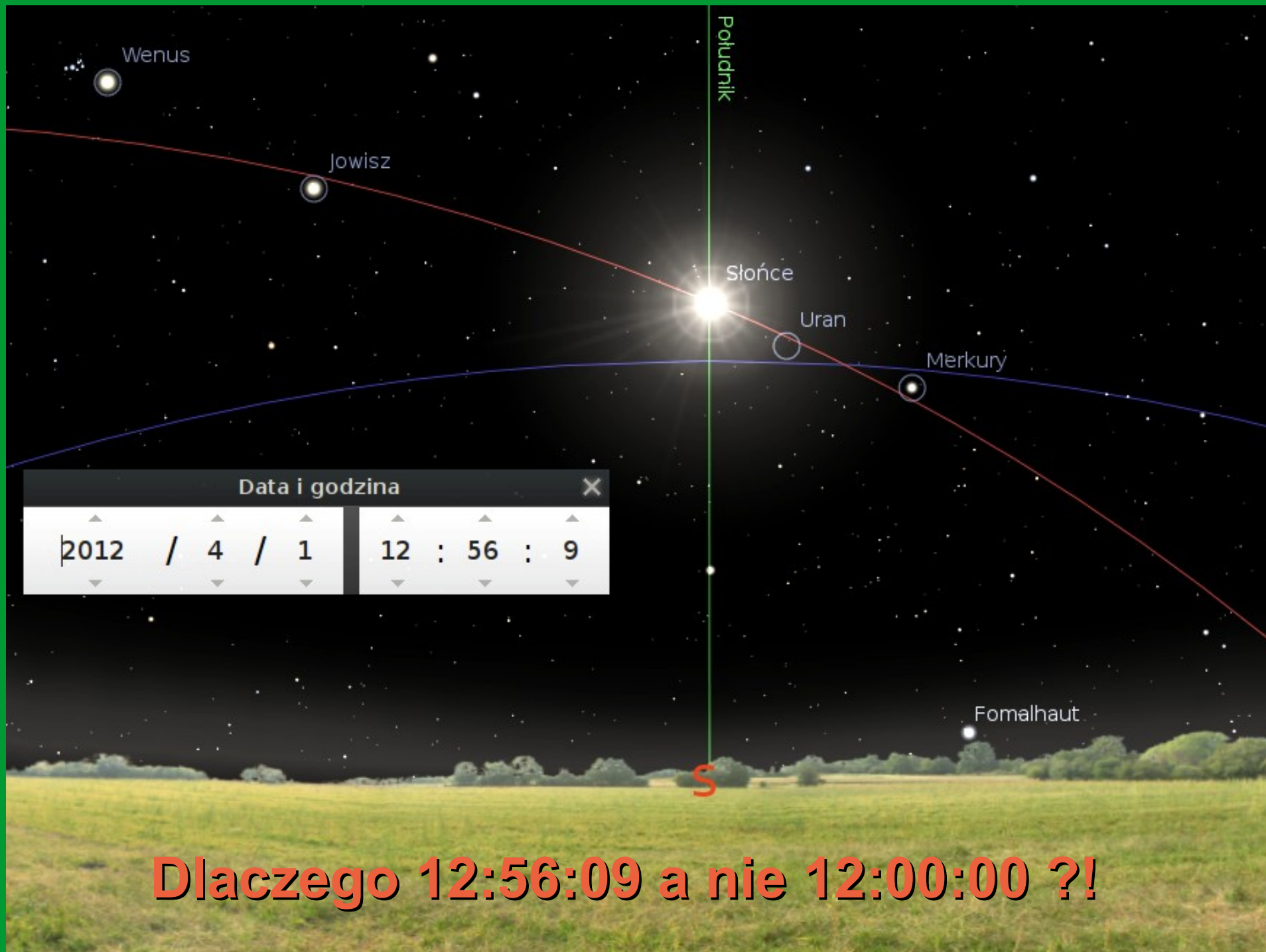
$\Delta\lambda = 1^\circ$

$\Delta\lambda = 1^\circ$

$\Delta\alpha = 4^m 20^s$

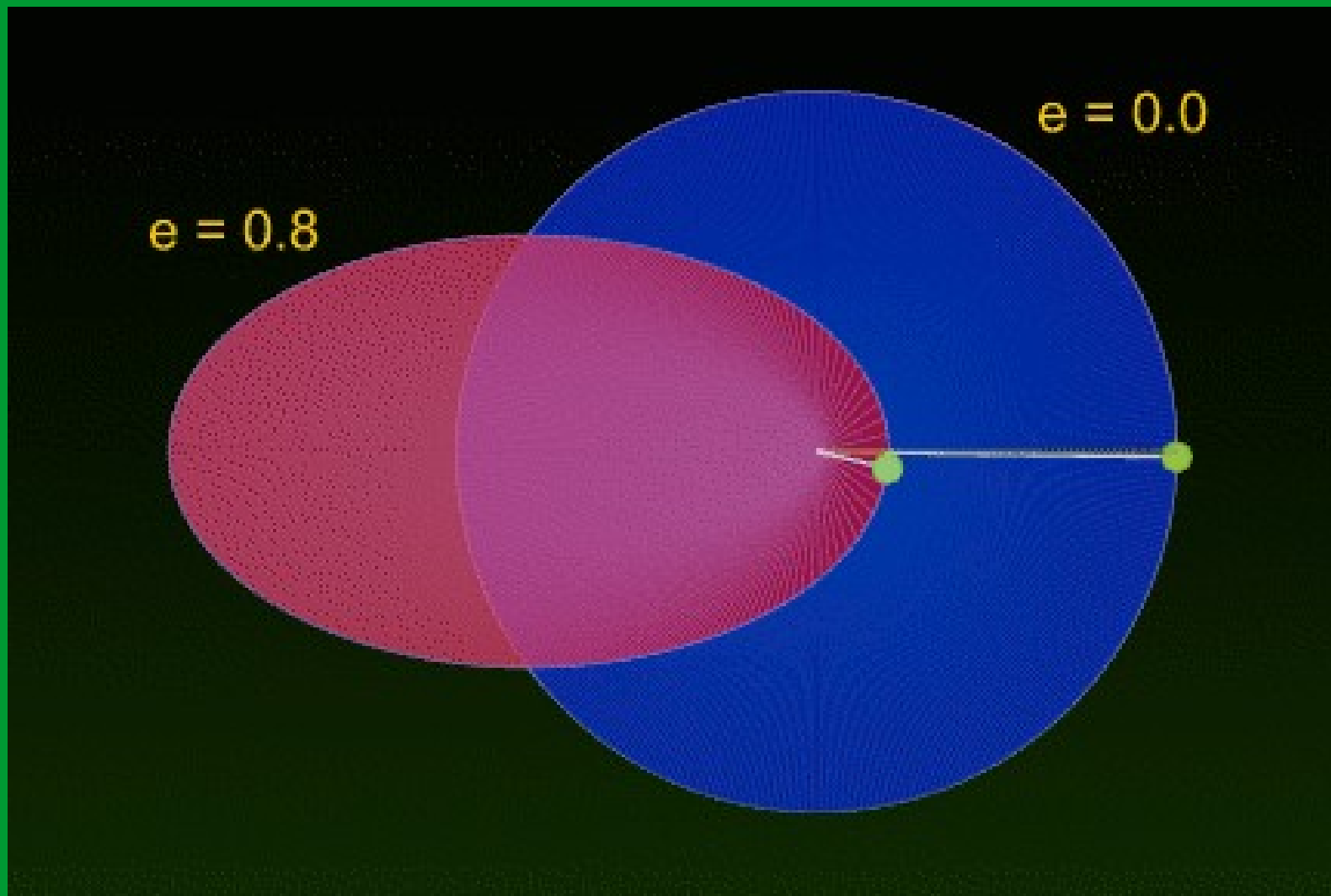
$\epsilon \approx 23^\circ$





**Dlaczego 12:56:09 a nie 12:00:00 ?!**

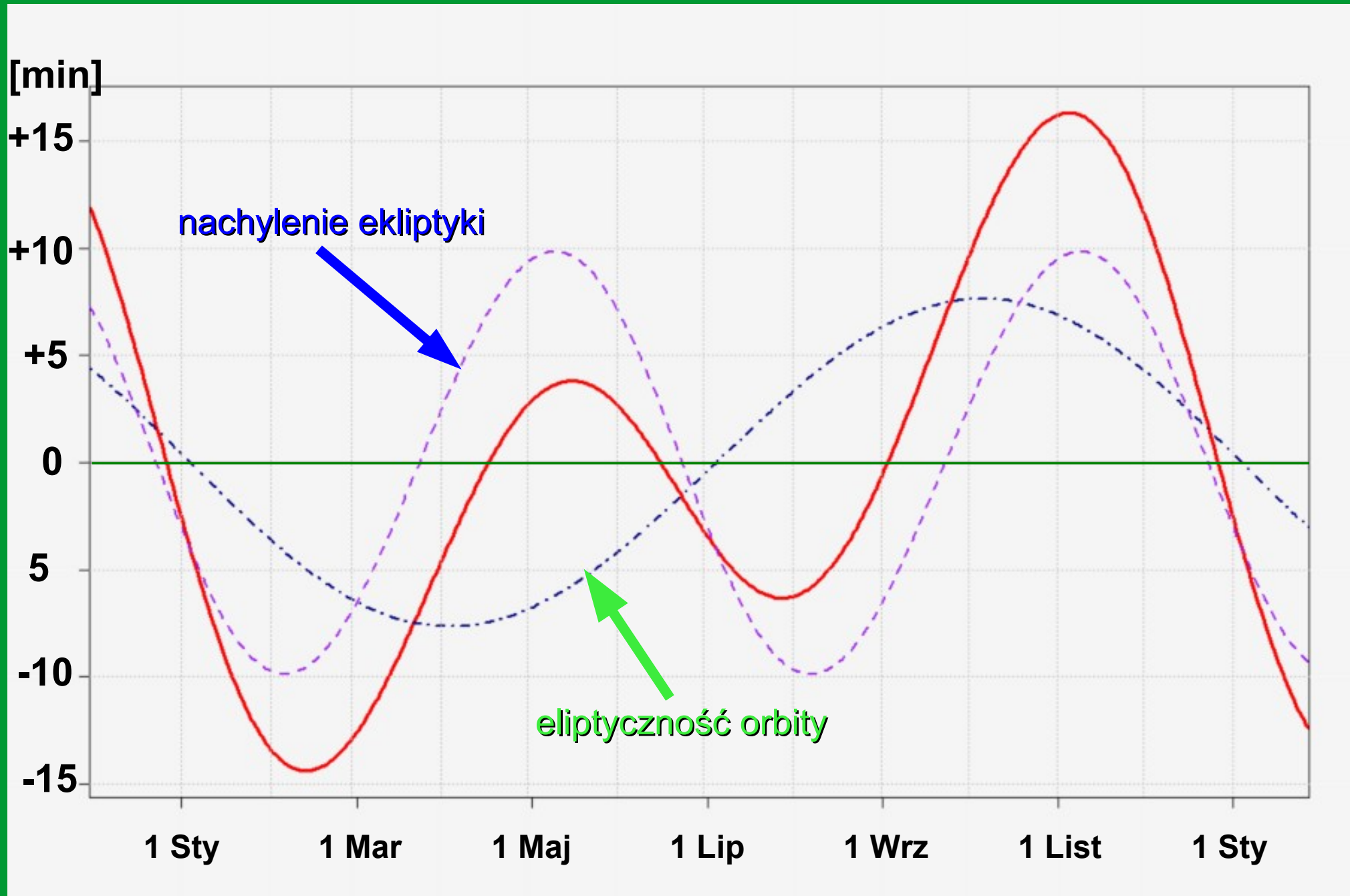




By Garry R. Osgood

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

# Równanie czasu ( $\Delta T = \text{prawdziwy} - \text{średni}$ )



**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**

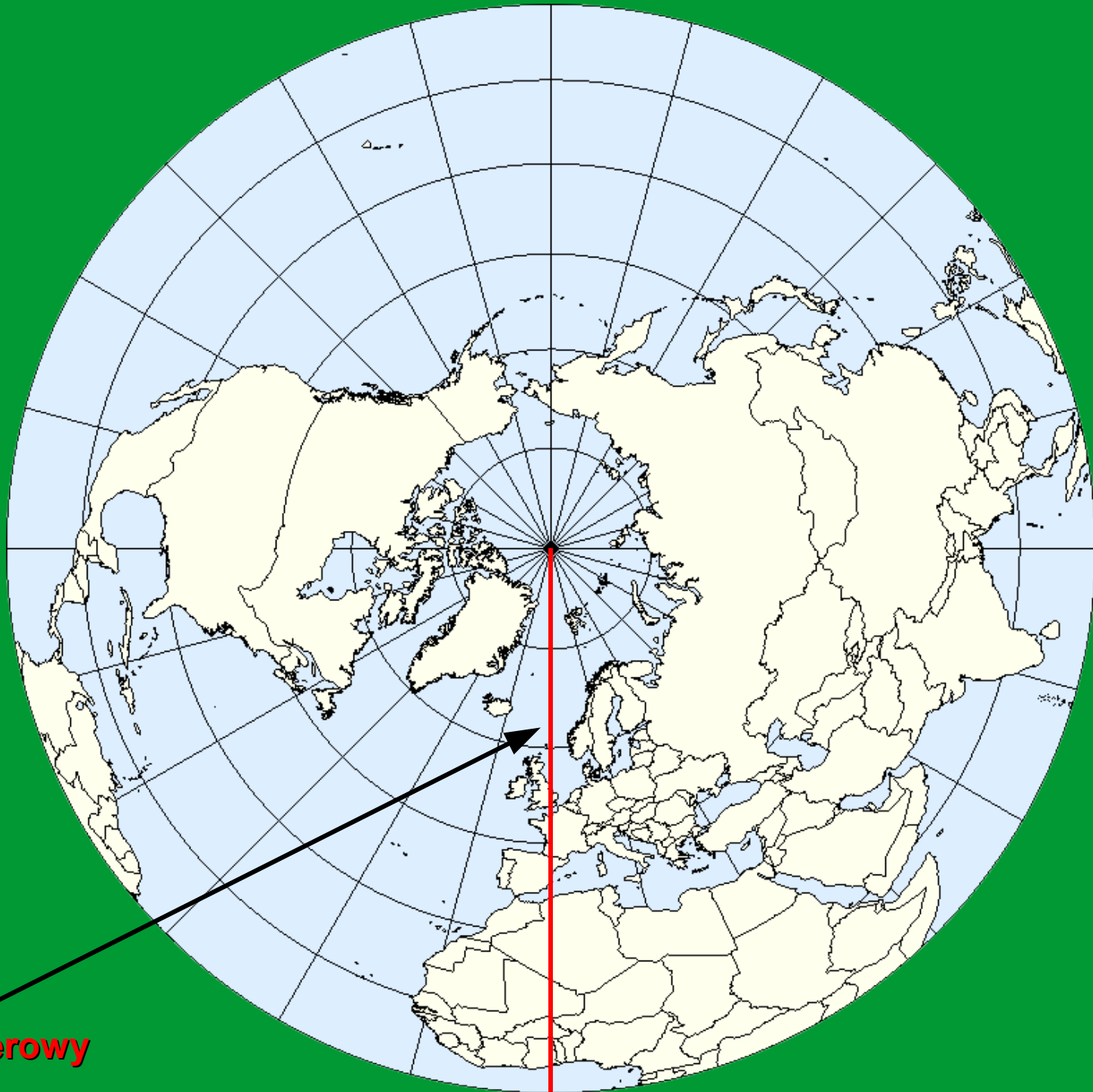




fot. Takasunrise0921

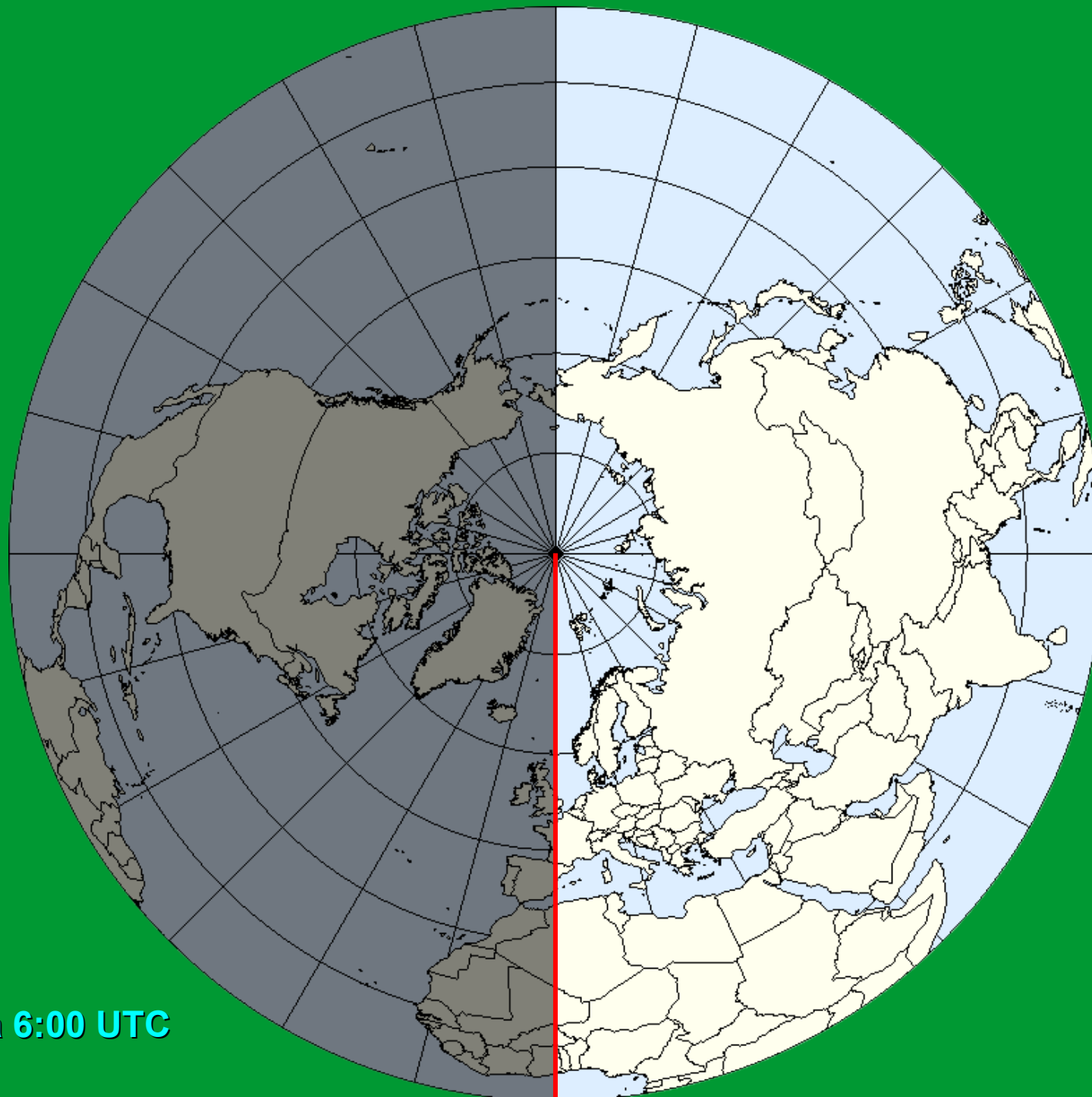


fot. Zlatko Krastev



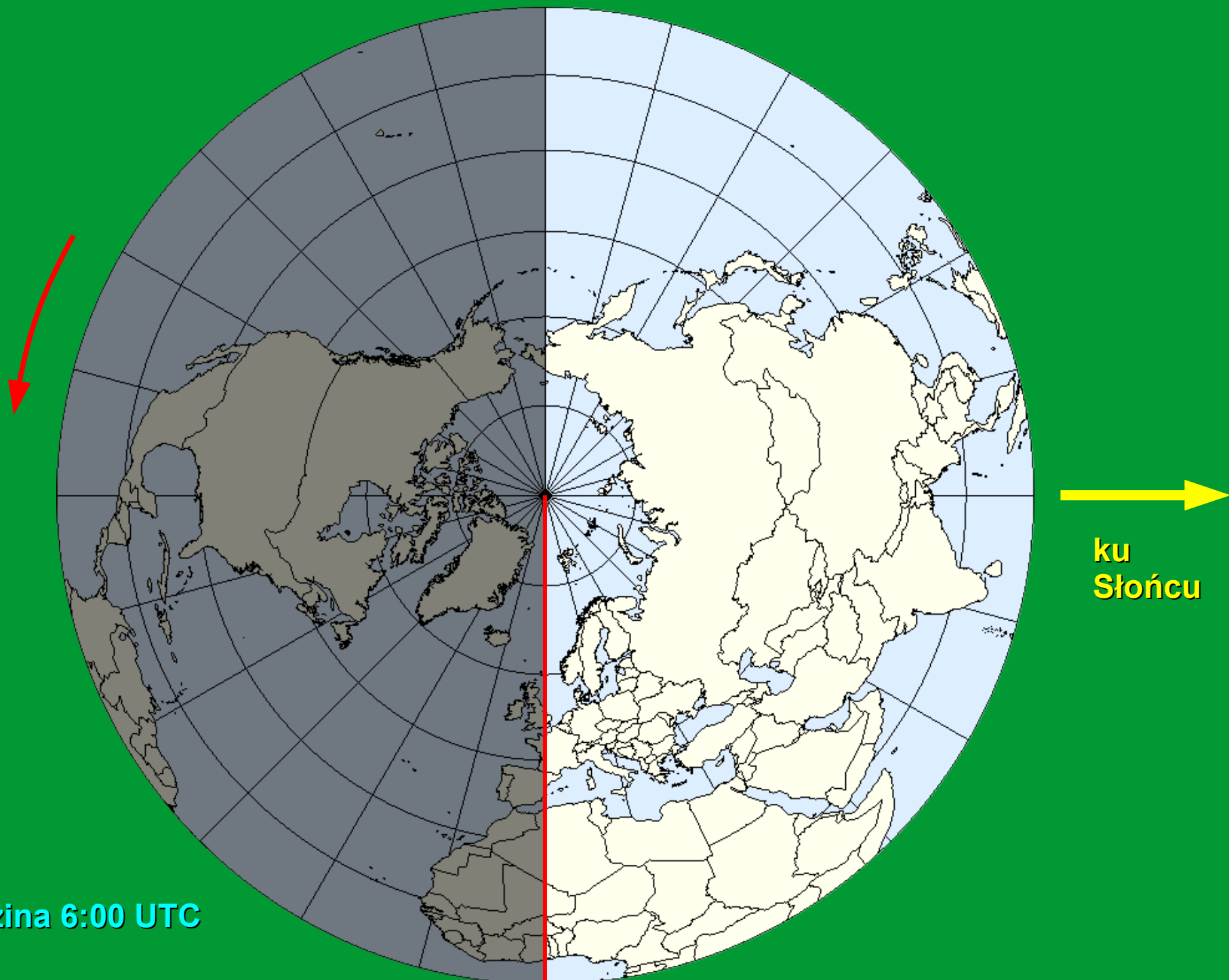
**południk zerowy**





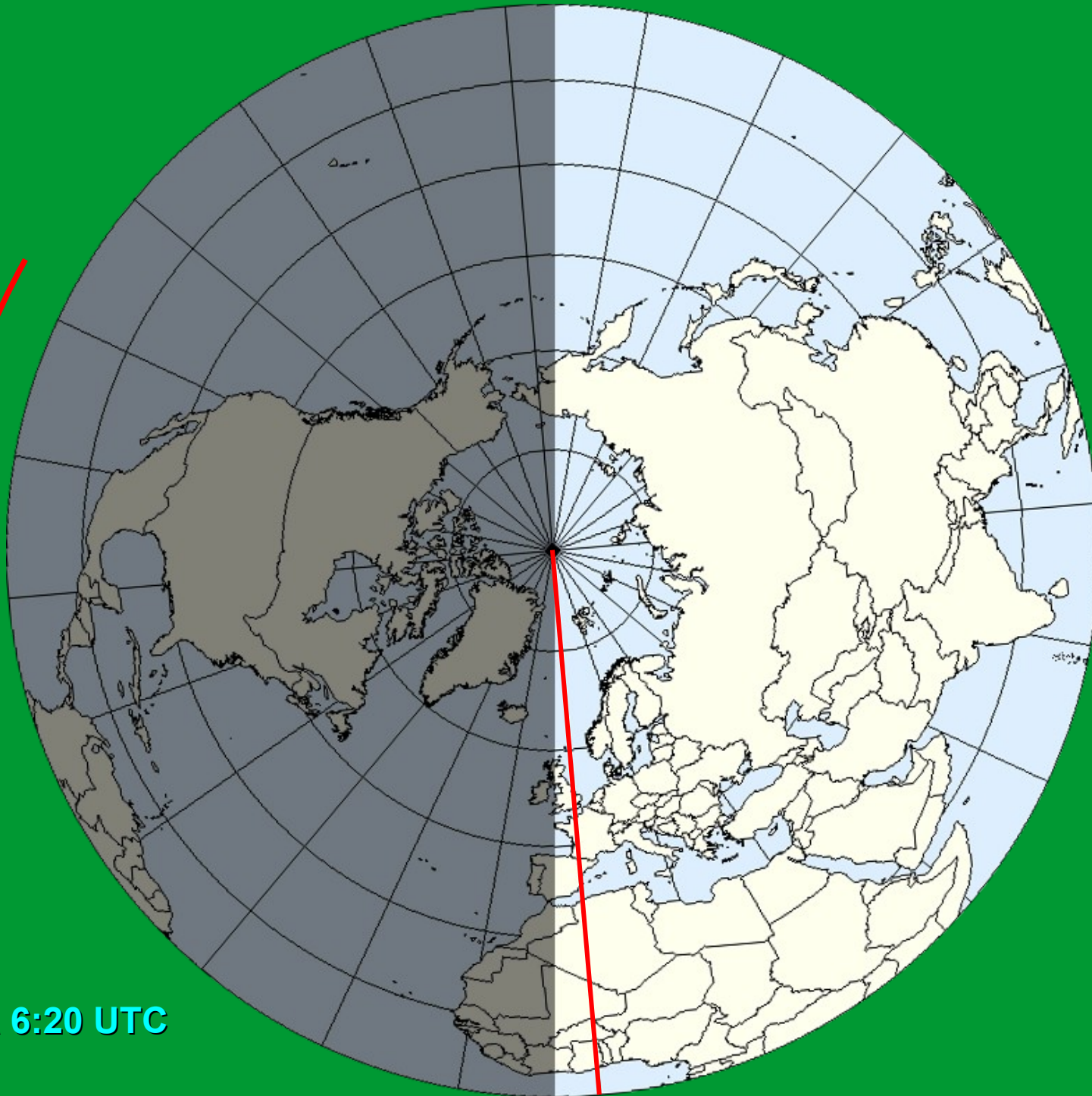
godzina 6:00 UTC

Dla uproszczenia rysunek wykonano dla dnia równonocy wiosennej lub jesiennej.



godzina 6:00 UTC

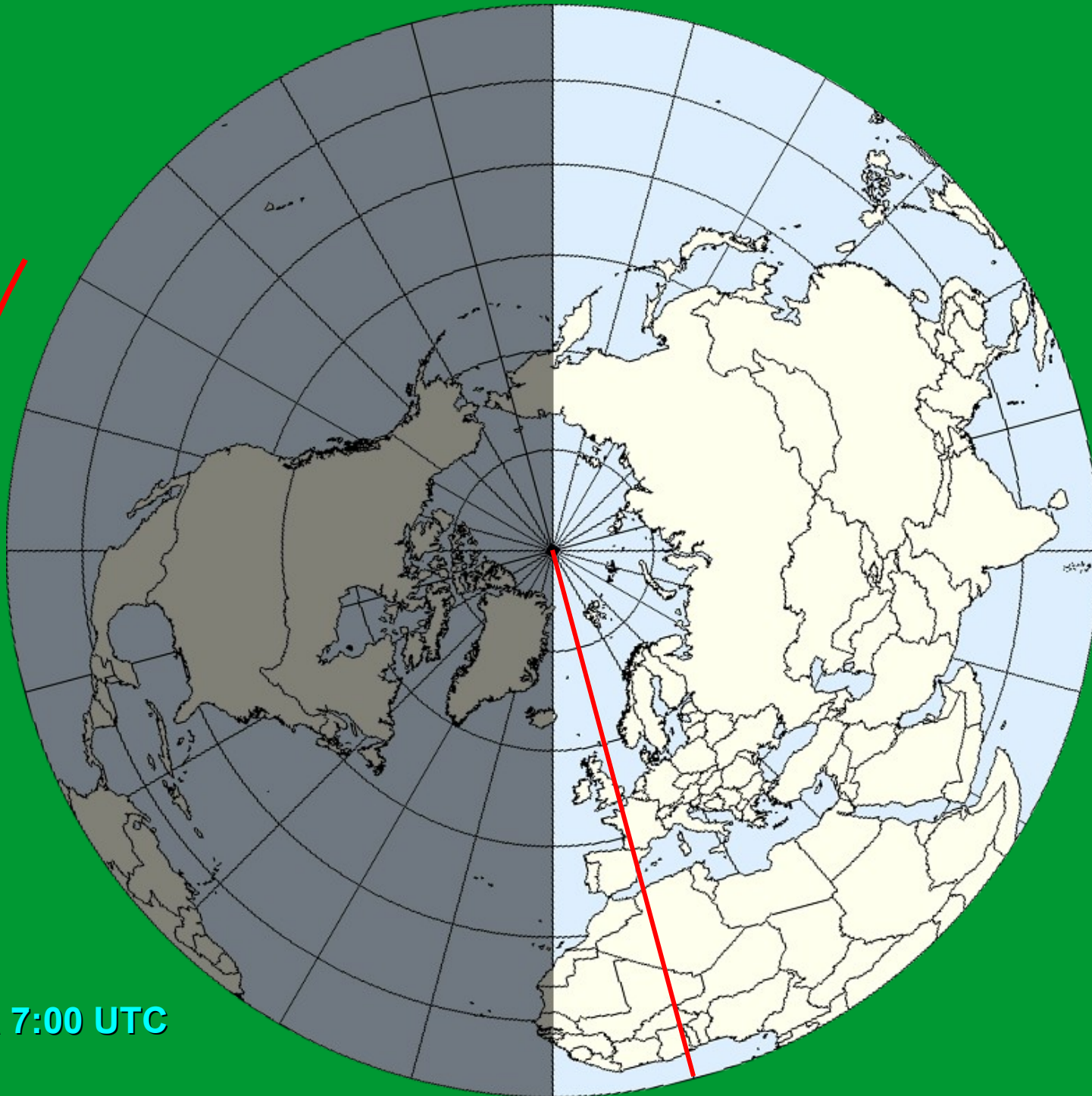
ku  
Słońcu



ku  
Słońcu

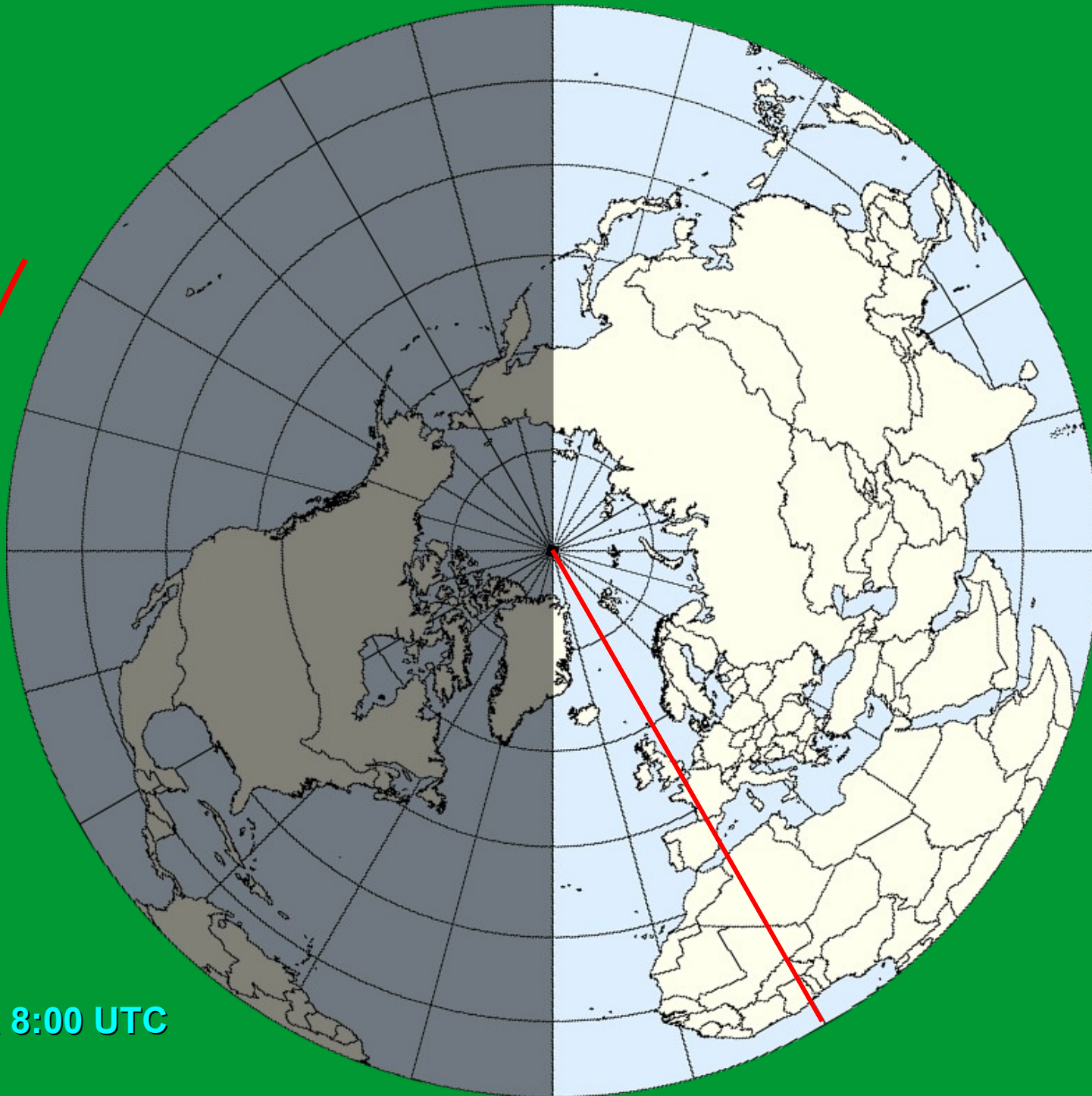
godzina 6:20 UTC





ku  
Słońcu

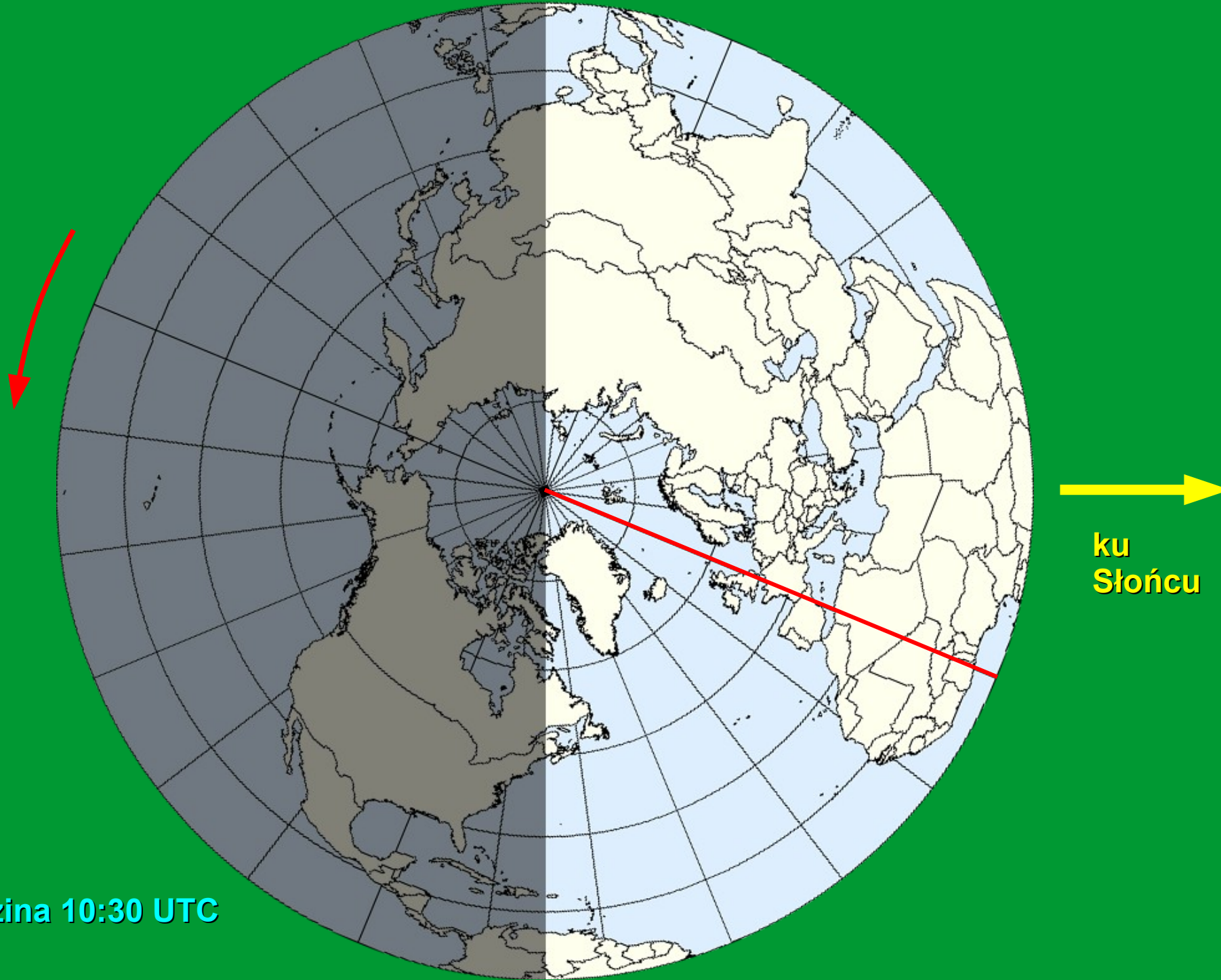
godzina 7:00 UTC



ku  
Słońcu

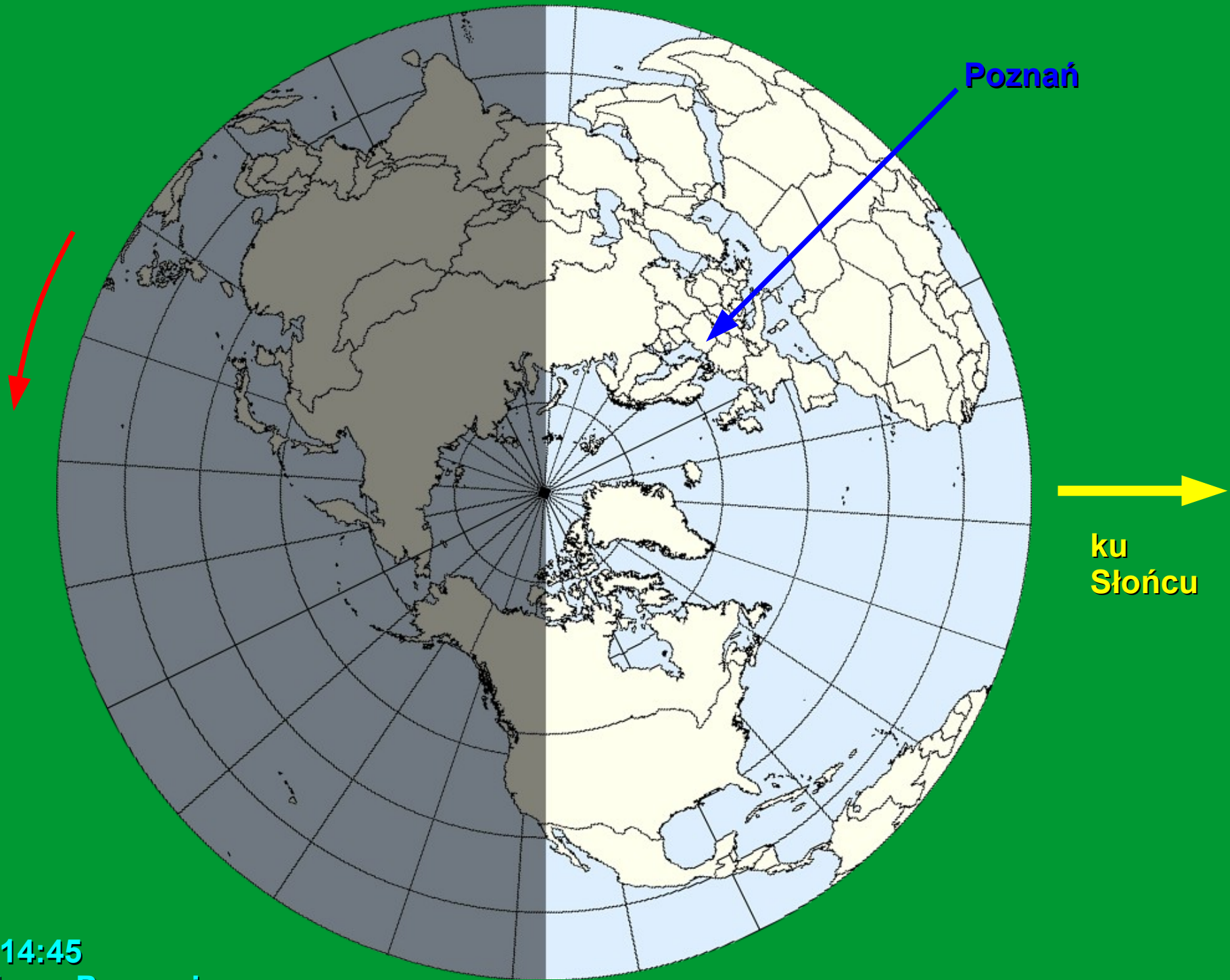
godzina 8:00 UTC





godzina 10:30 UTC

ku  
Słońcu



Poznań

ku  
Słońcu

Godzina 14:45  
na zegarku w Poznaniu



**czas zimowy !**

**Tokio, 22:45**

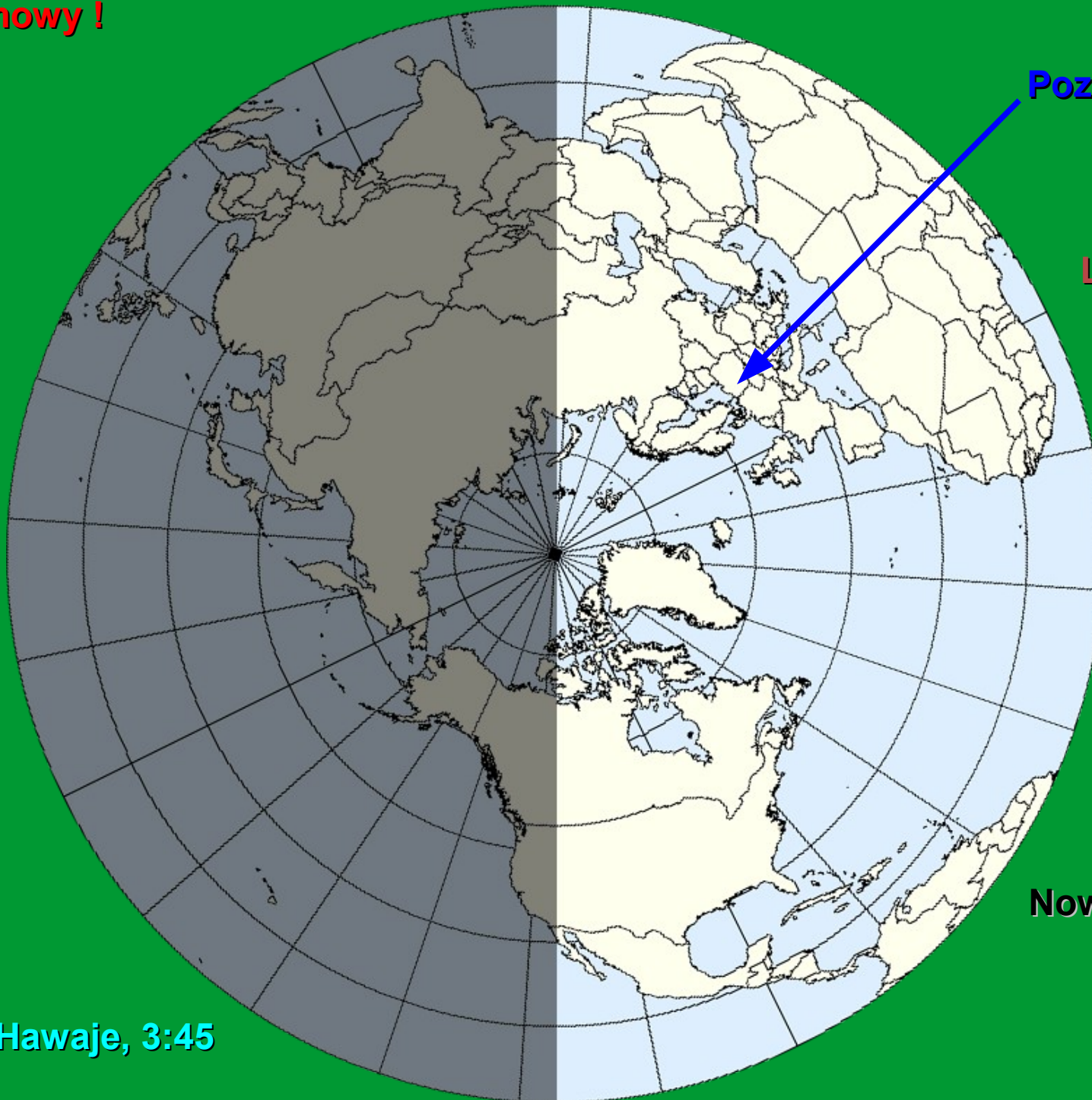
**Hawaje, 3:45**

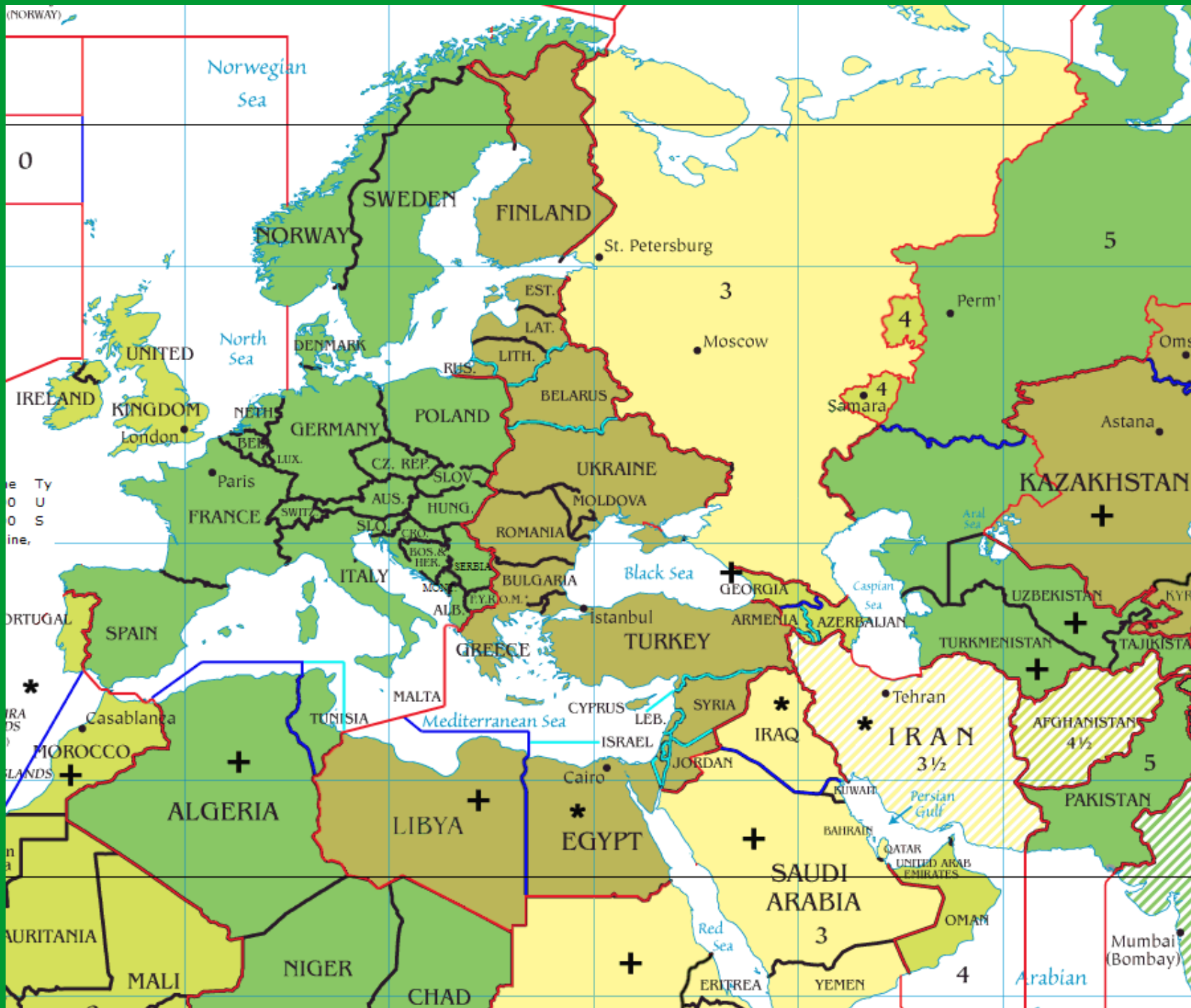
**Poznań, 14:45**

**Londyn, 13:45**

**Nowy Jork, 9:45**

**ku  
Słońcu**





## 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***

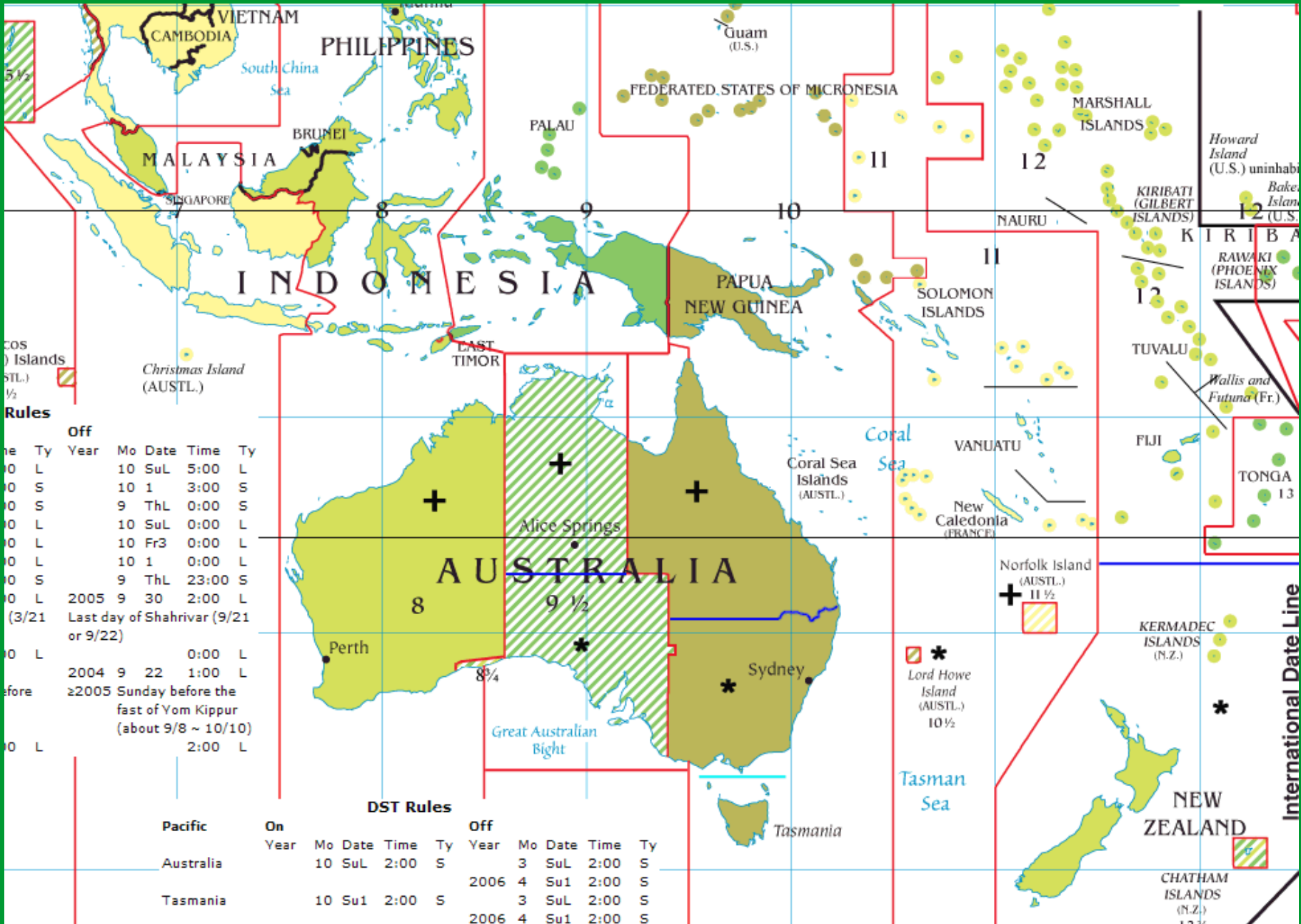
L = Local (Wall Clock Time)

S = Standard (Winter Time)

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







**Rules**

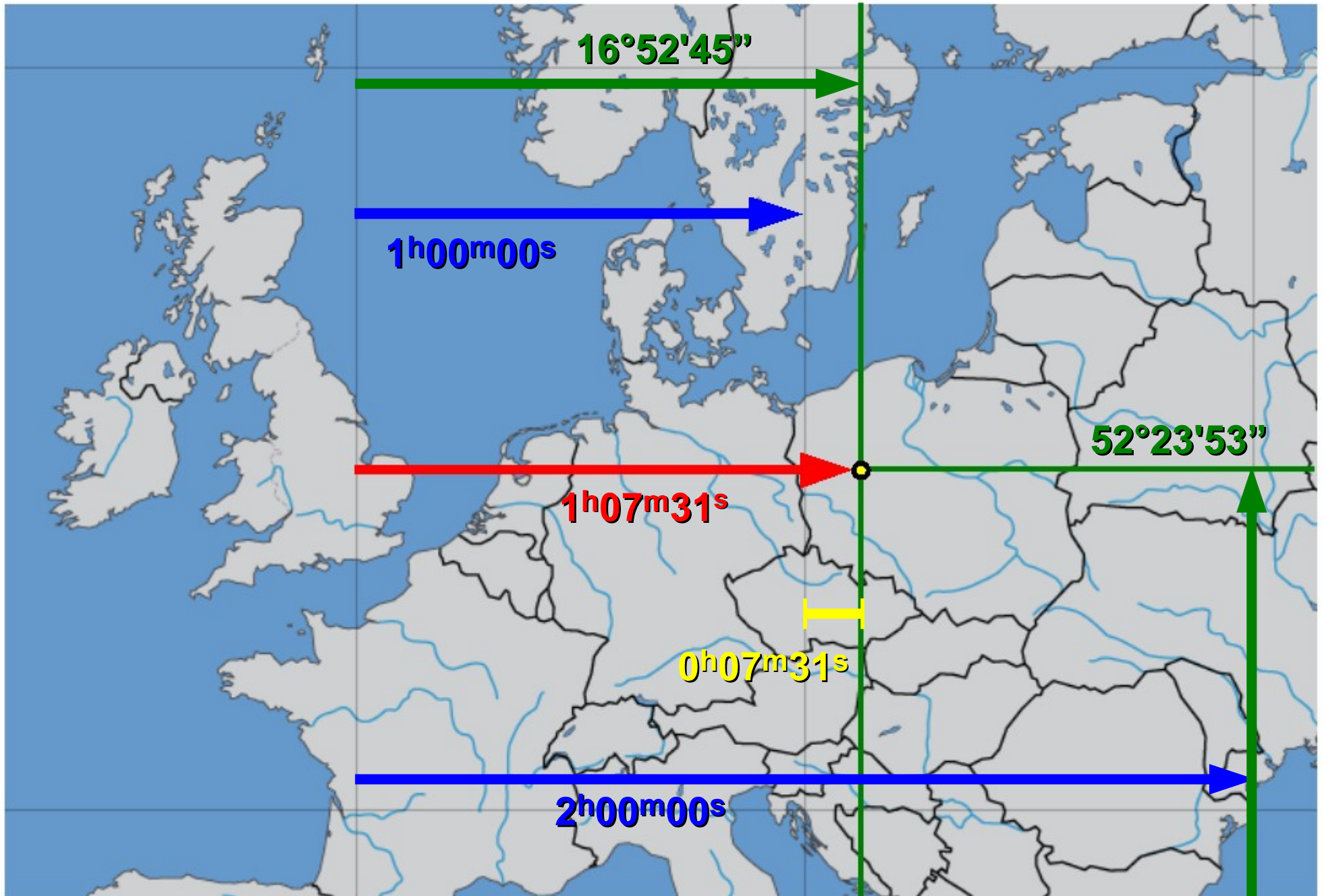
Off	Year	Mo	Date	Time	Ty
0 L	10	Su	1	5:00	L
0 S	10	1		3:00	S
0 S	9	Th	L	0:00	S
0 L	10	Su	L	0:00	L
0 L	10	Fr	3	0:00	L
0 L	10	1		0:00	L
0 S	9	Th	L	23:00	S
0 L	2005	9	30	2:00	L
(3/21 Last day of Shahrivar (9/21 or 9/22))					
0 L				0:00	L
before	≥2005	Sunday	before the fast of Yom Kippur (about 9/8 ~ 10/10)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

**DST Rules**

Pacific	On	Year	Mo	Date	Time	Ty	Off	Year	Mo	Date	Time	Ty	
Australia		10	Su	1	2:00	S		3	Su	L	2:00	S	
Tasmania		10	Su	1	2:00	S		2006	4	Su	1	2:00	S
								2006	3	Su	L	2:00	S
								2006	4	Su	1	2:00	S

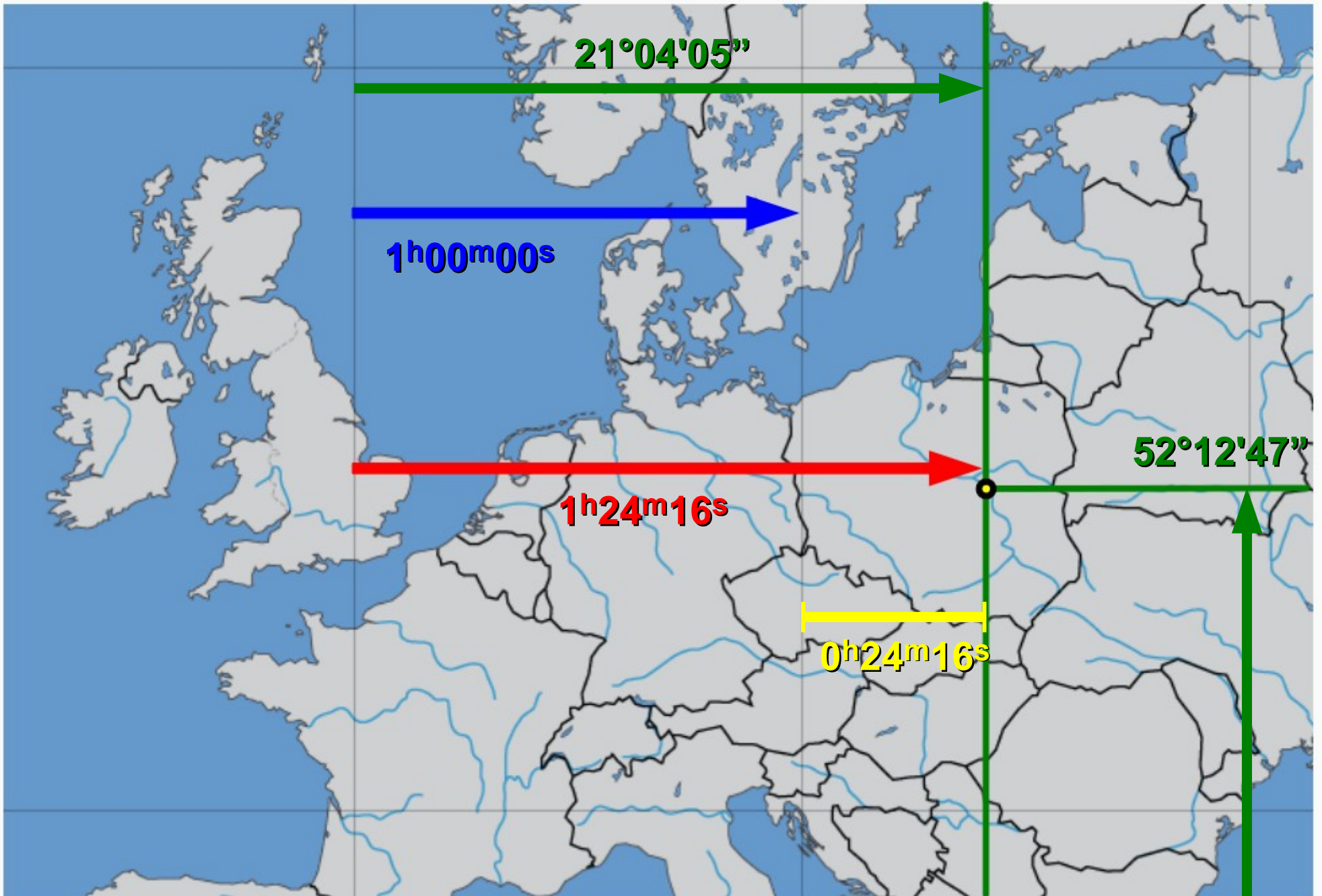
# Czas letni i zimowy

- W Polsce utrzymywana jest ostatnio praktyka wprowadzania czasu letniego nad ranem w ostatnią niedzielę marca i odwoływania nad ranem w ostatnią niedzielę października.
- W roku 2015 czas letni (wschodnio-europejski) wprowadzony został dnia 29 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) - odbyło się dnia 25 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).
- W roku 2016 będzie to 27 marca i 30 października.



Obserwatorium astronomiczne UAM w Poznaniu





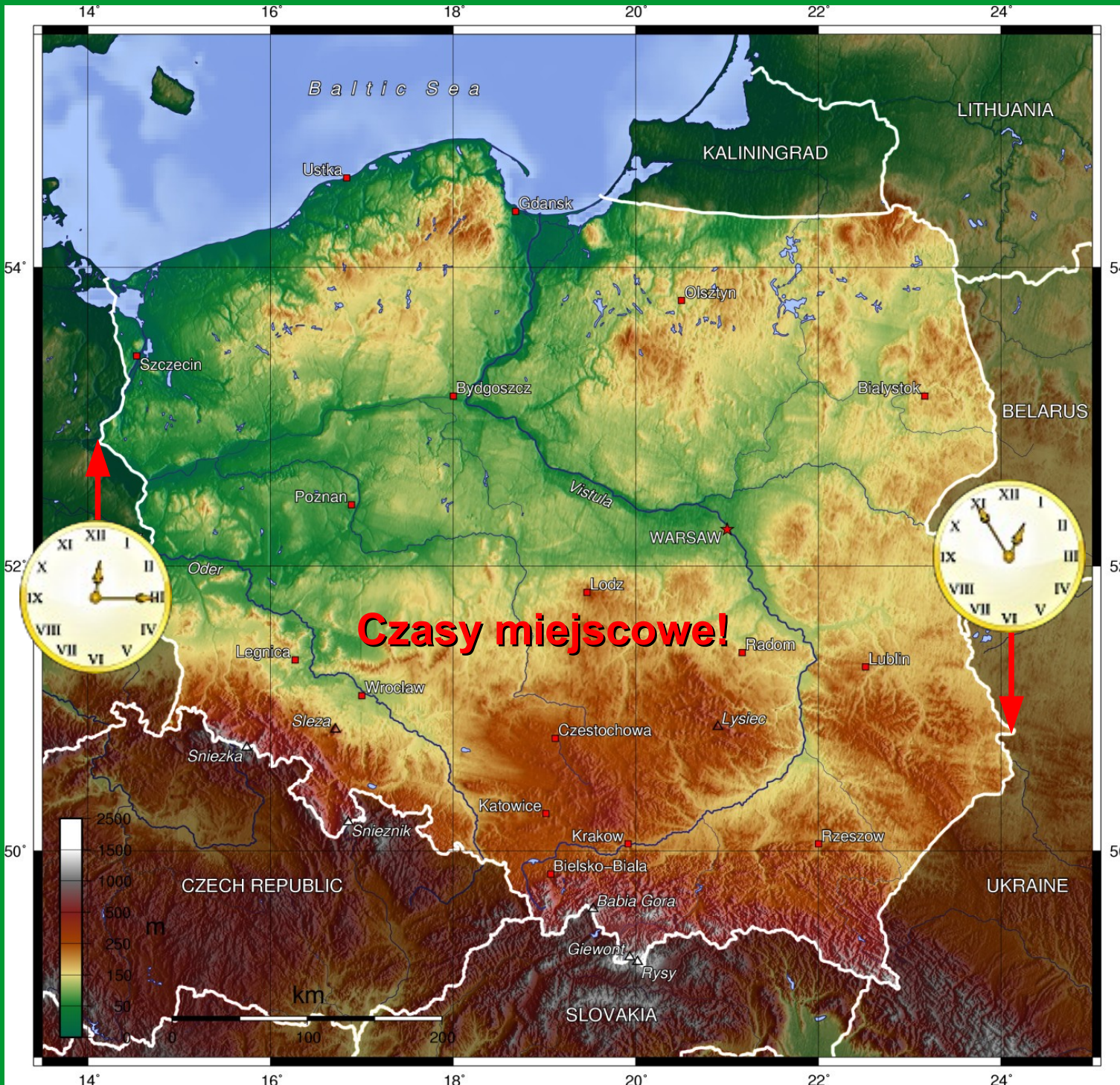
CBK PAN w Warszawie

# Długość geograficzna:

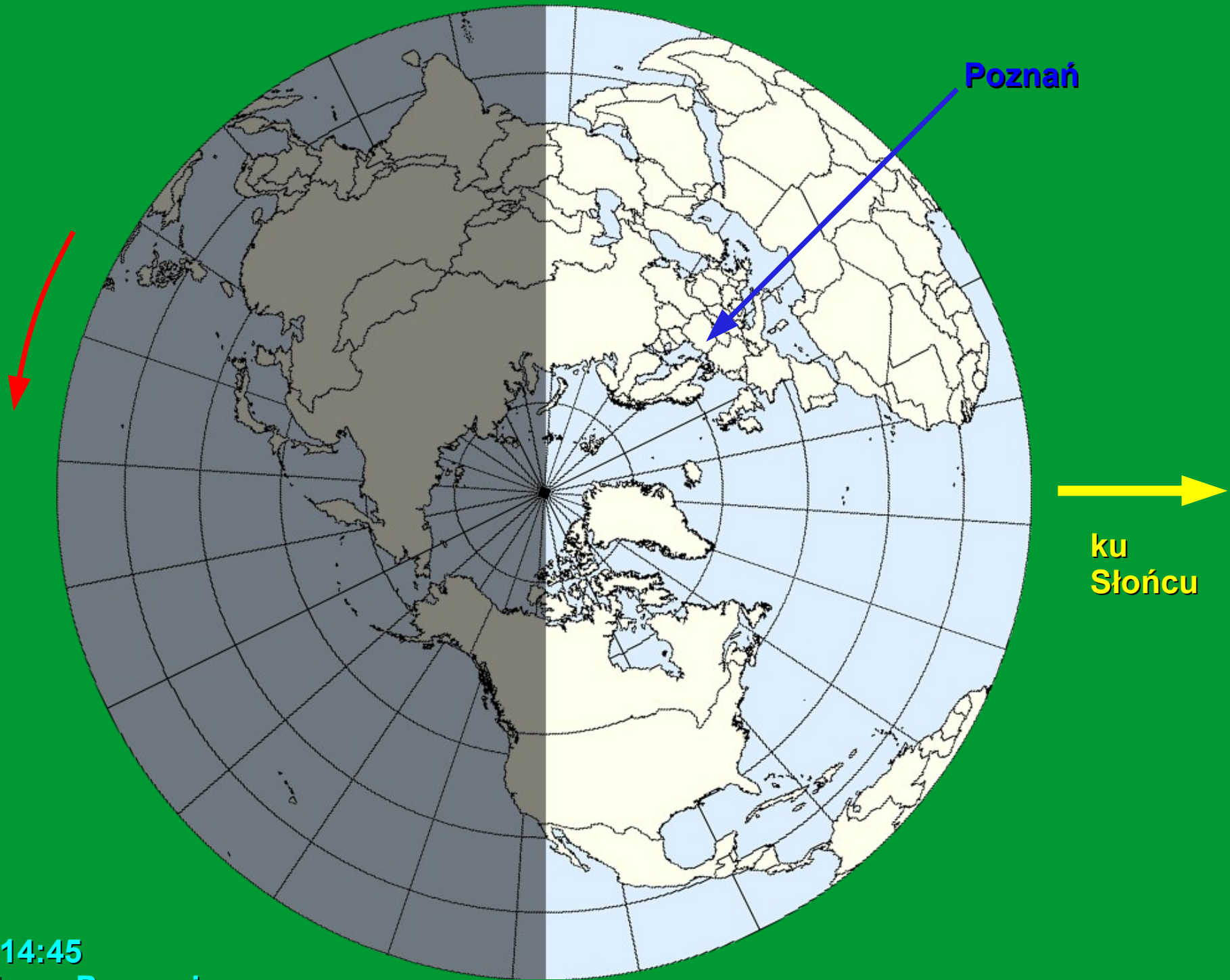
- tej sali:  $16^{\circ} 52' 28.8''$
- mojego domu na Dębcu:  $16^{\circ} 54' 32.4''$
- różnica  $0^{\circ} 02' 3.4''$  oznacza różnicę czasów lokalnych:

**8.23 sekundy !**





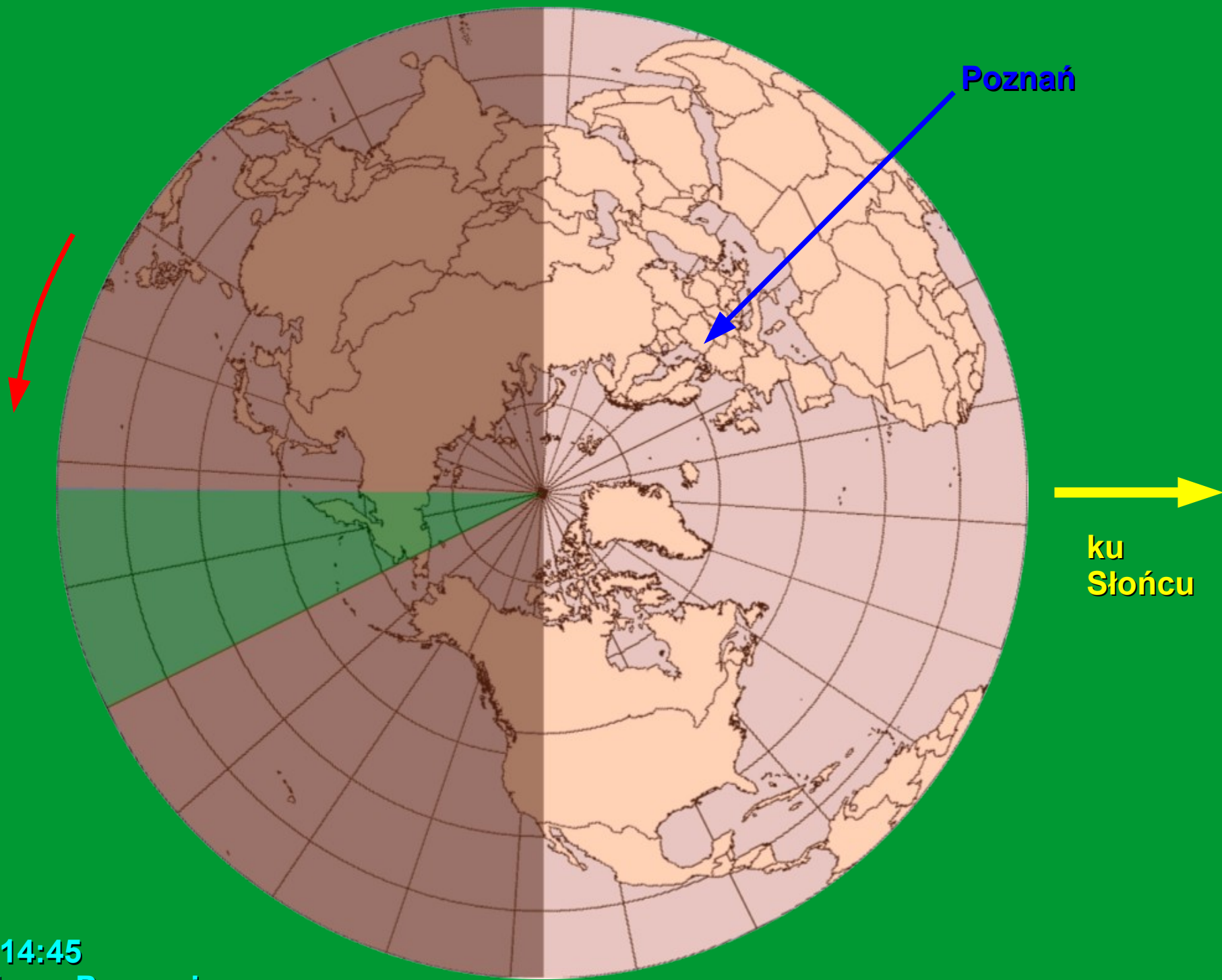




Poznań

ku  
Słońcu

Godzina 14:45  
na zegarku w Poznaniu

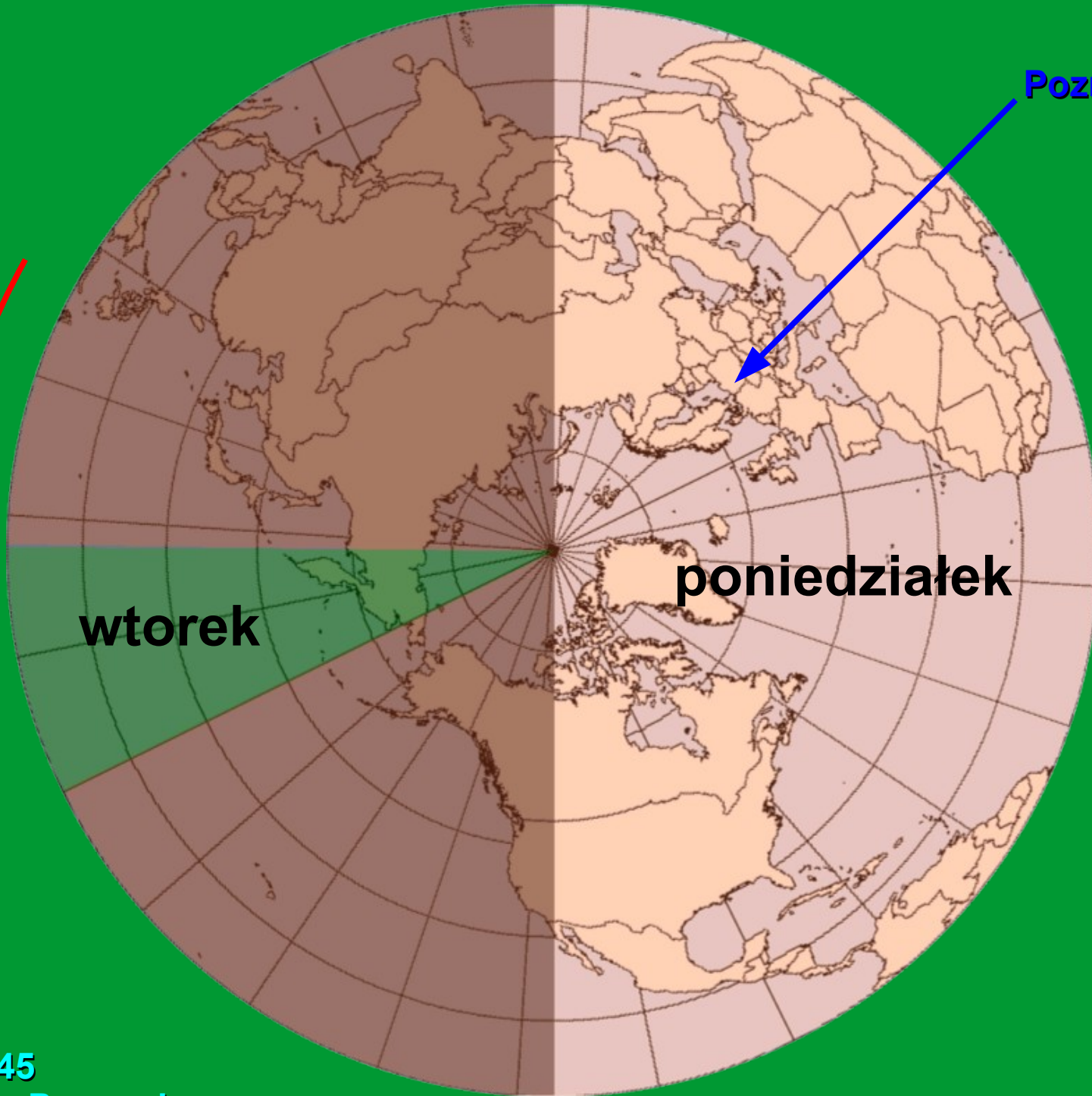


Poznań

ku  
Słońcu

Godzina 14:45  
na zegarku w Poznaniu





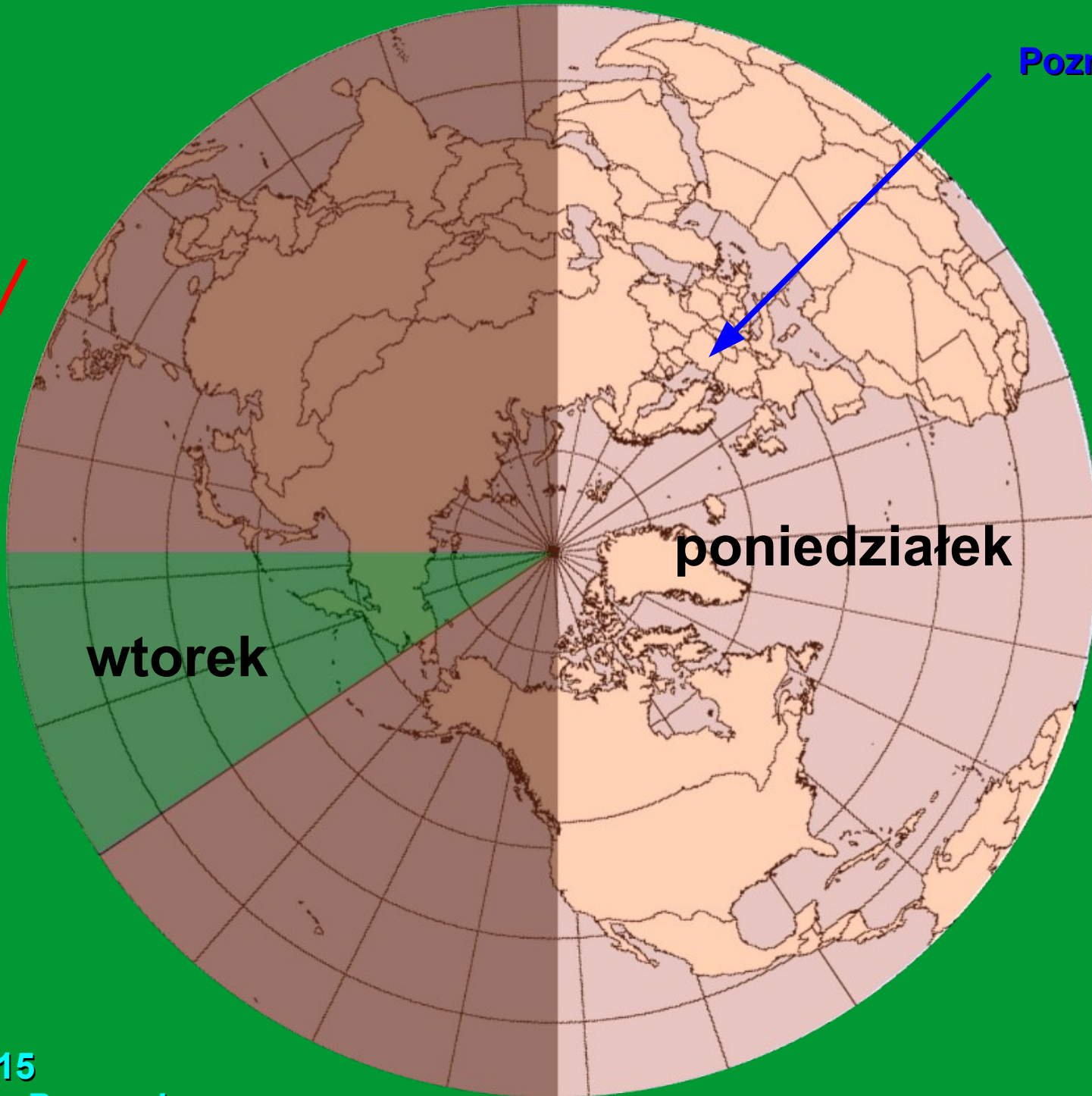
Poznań

wtorek

poniedziałek

ku  
Słońcu

Godzina 14:45  
na zegarku w Poznaniu



Poznań

poniedziałek

wtorek



ku  
Słońcu

Godzina 15:15  
na zegarku w Poznaniu



**czas zimowy !**

**Linia zmiany daty**

**Poznań, 13:00**

**poniedziałek**

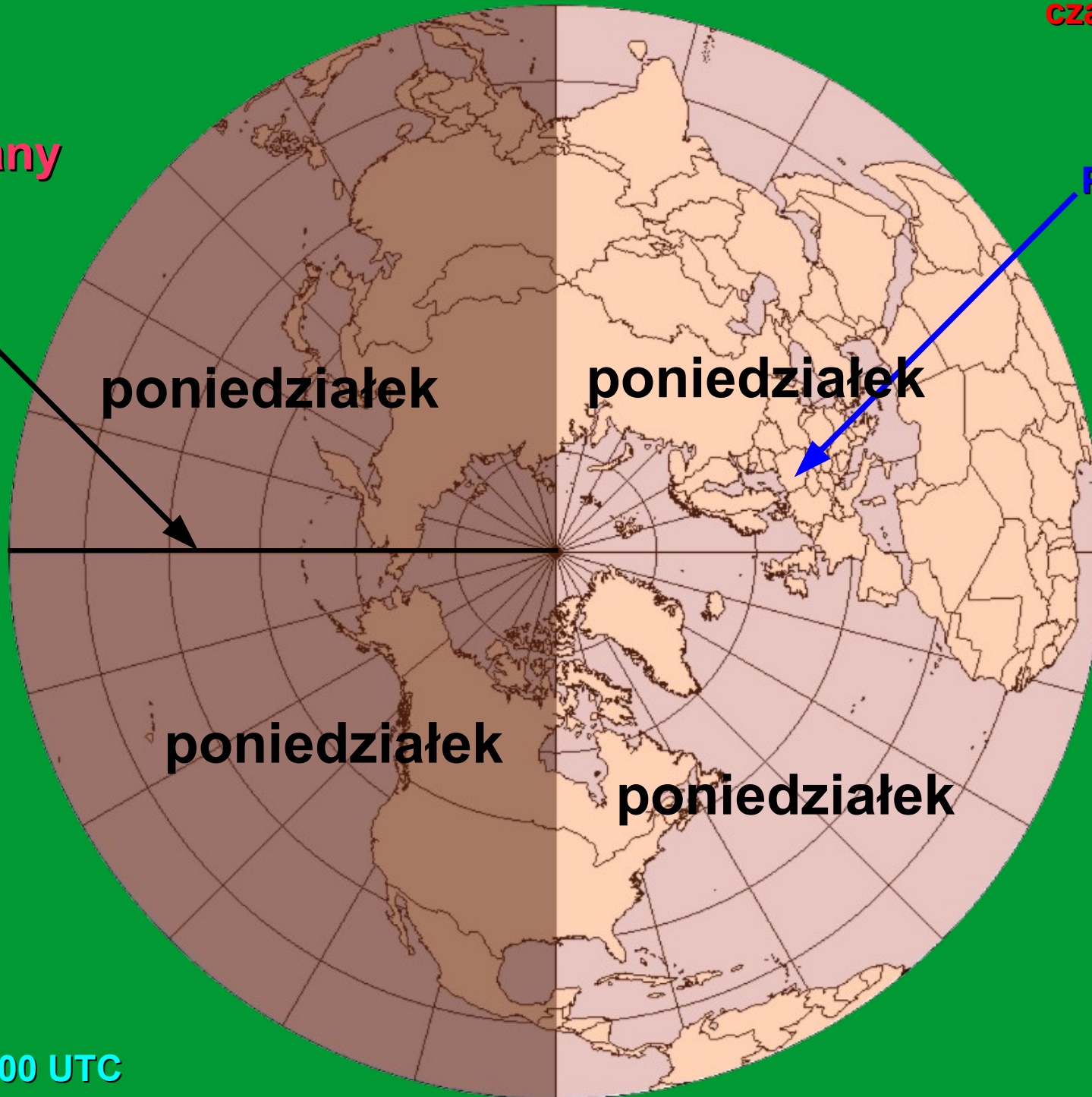
**poniedziałek**

**poniedziałek**

**poniedziałek**

**ku Słońcu**

**Godzina 12:00 UTC**



**Linia zmiany daty**

**Poznań, 15:15**

**poniedziałek**

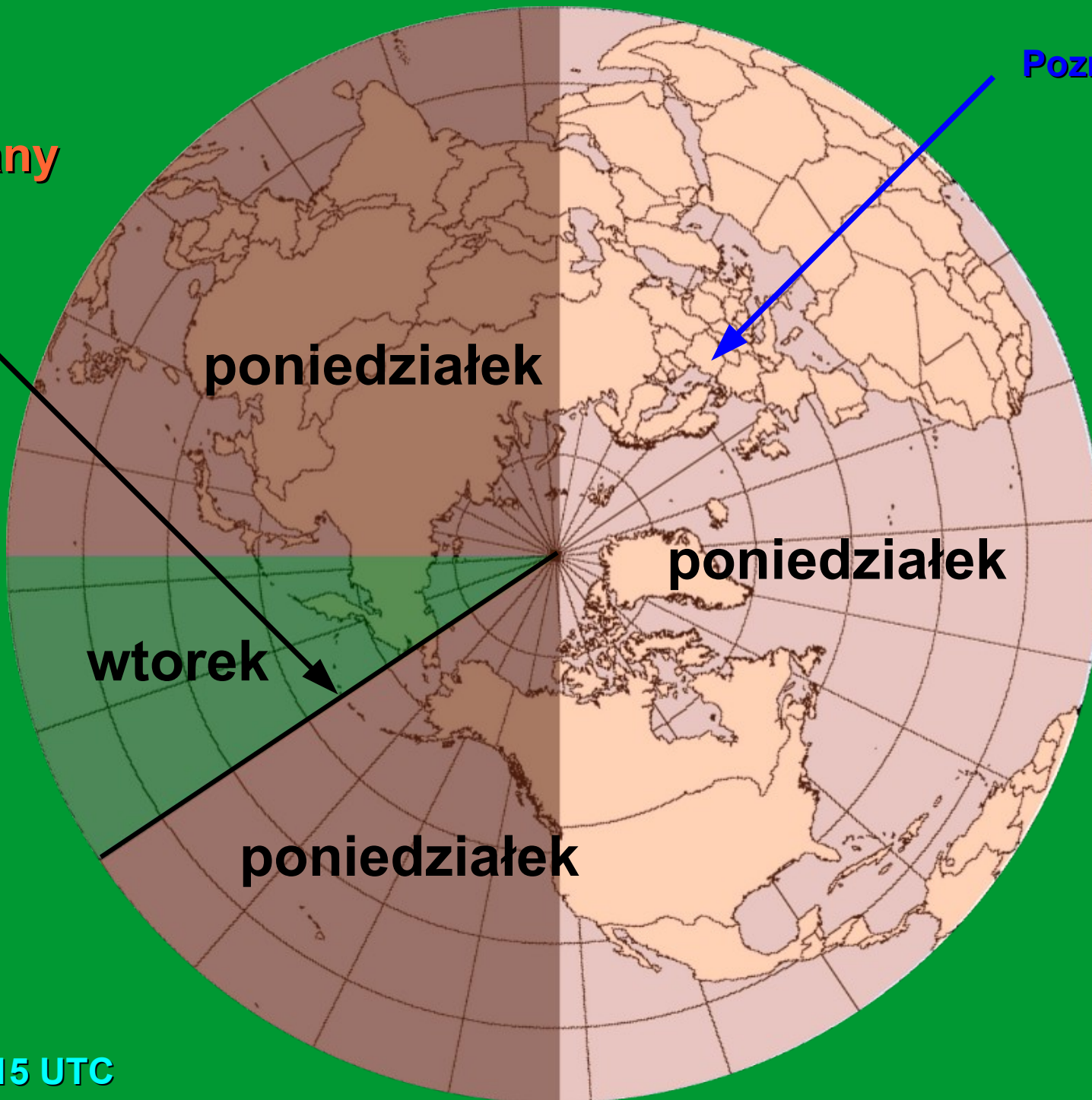
**poniedziałek**

**wtorek**

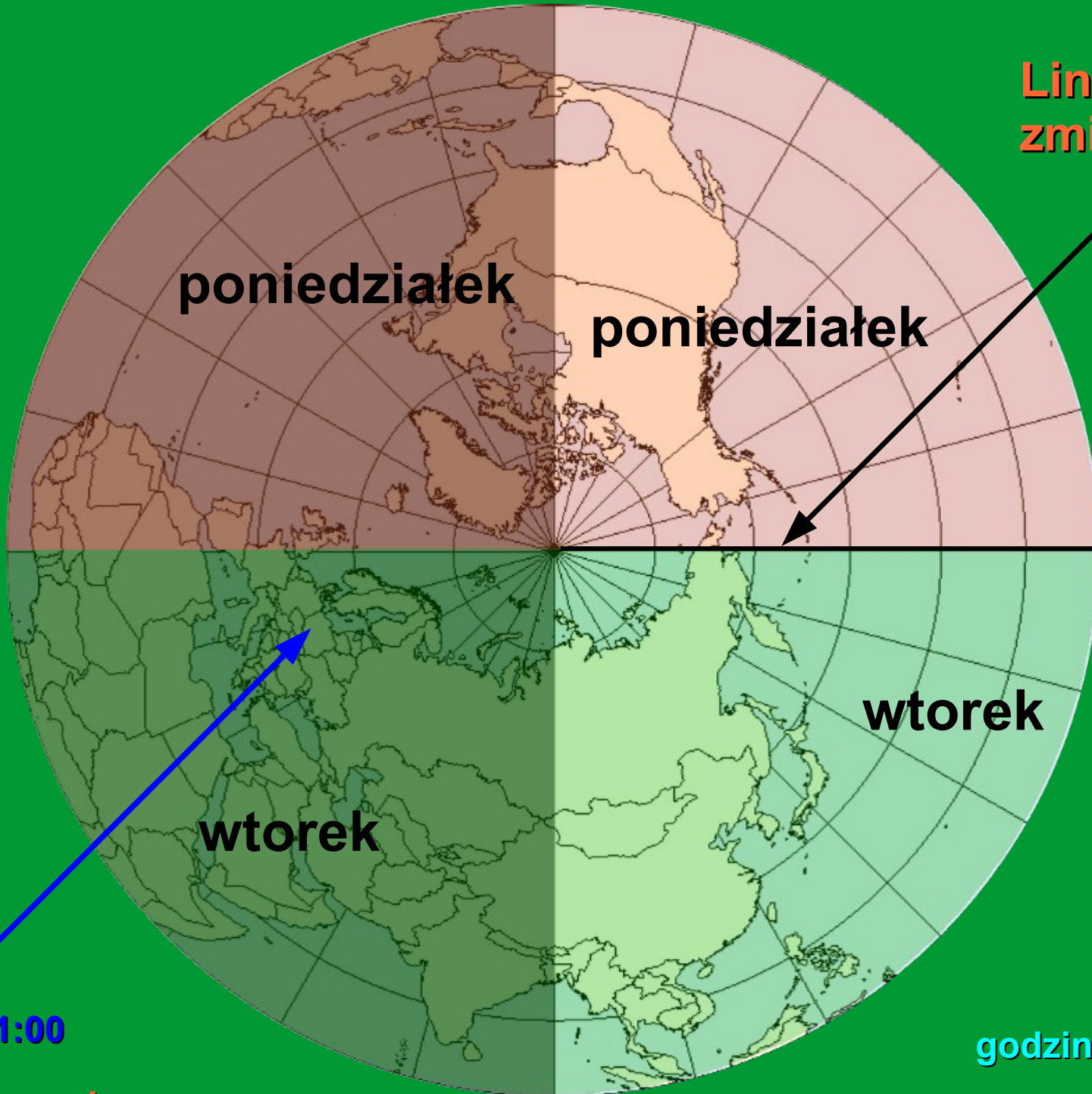
**poniedziałek**

**ku Słońcu**

**godzina 14:15 UTC**







**Linia zmiany daty**

**poniedziałek**

**poniedziałek**

**wtorek**

**wtorek**

**ku Słońcu**

**Poznań, 01:00**

**godzina 00:00 UTC**

**czas zimowy !**

południk zerowy

Linia zmiany daty

poniedziałek

poniedziałek



ku Słońcu

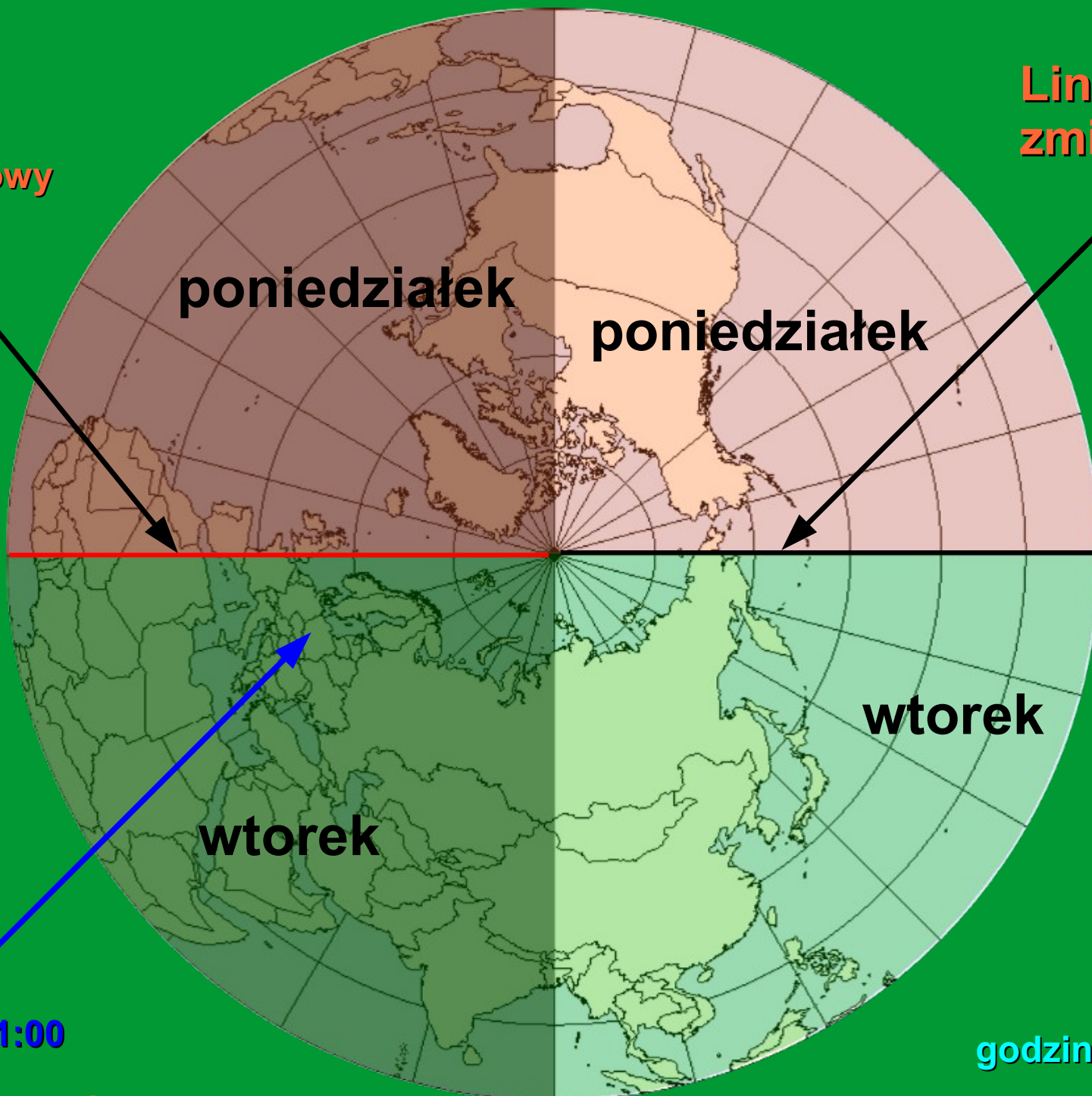
wtorek

wtorek

Poznań, 01:00

godzina 00:00 UTC

czas zimowy !



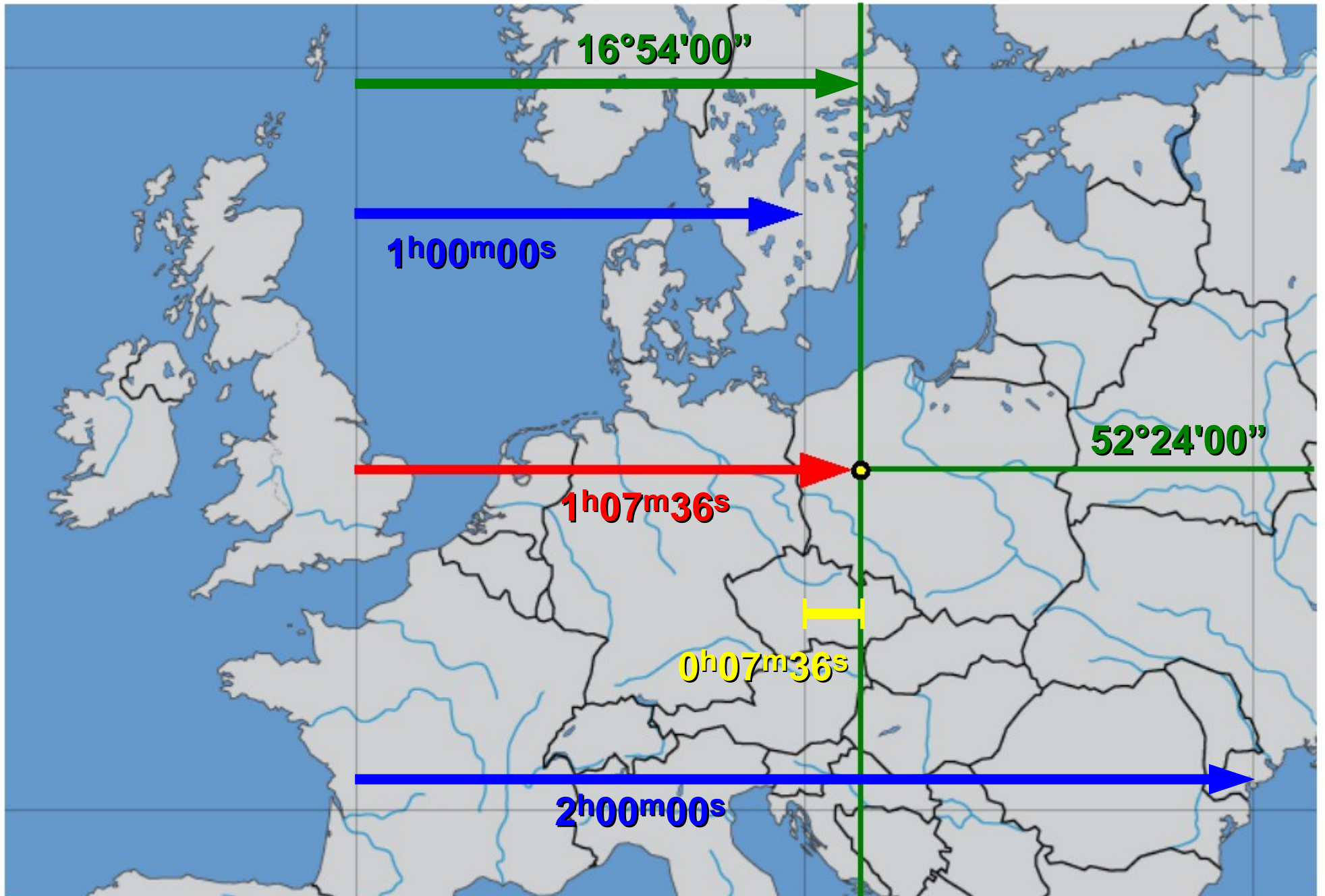


**Wróćmy do pytania:**

**czemu 1 kwietnia 2012  
w prawdziwe słoneczne  
południe zegarki wskazywały**

**12:56:09**





Poznań w Stellarium: okolice parku Wilsona

$$\begin{array}{r} 12:56:09 \\ - 1:00:00 \\ + 0:07:36 \end{array}$$

---

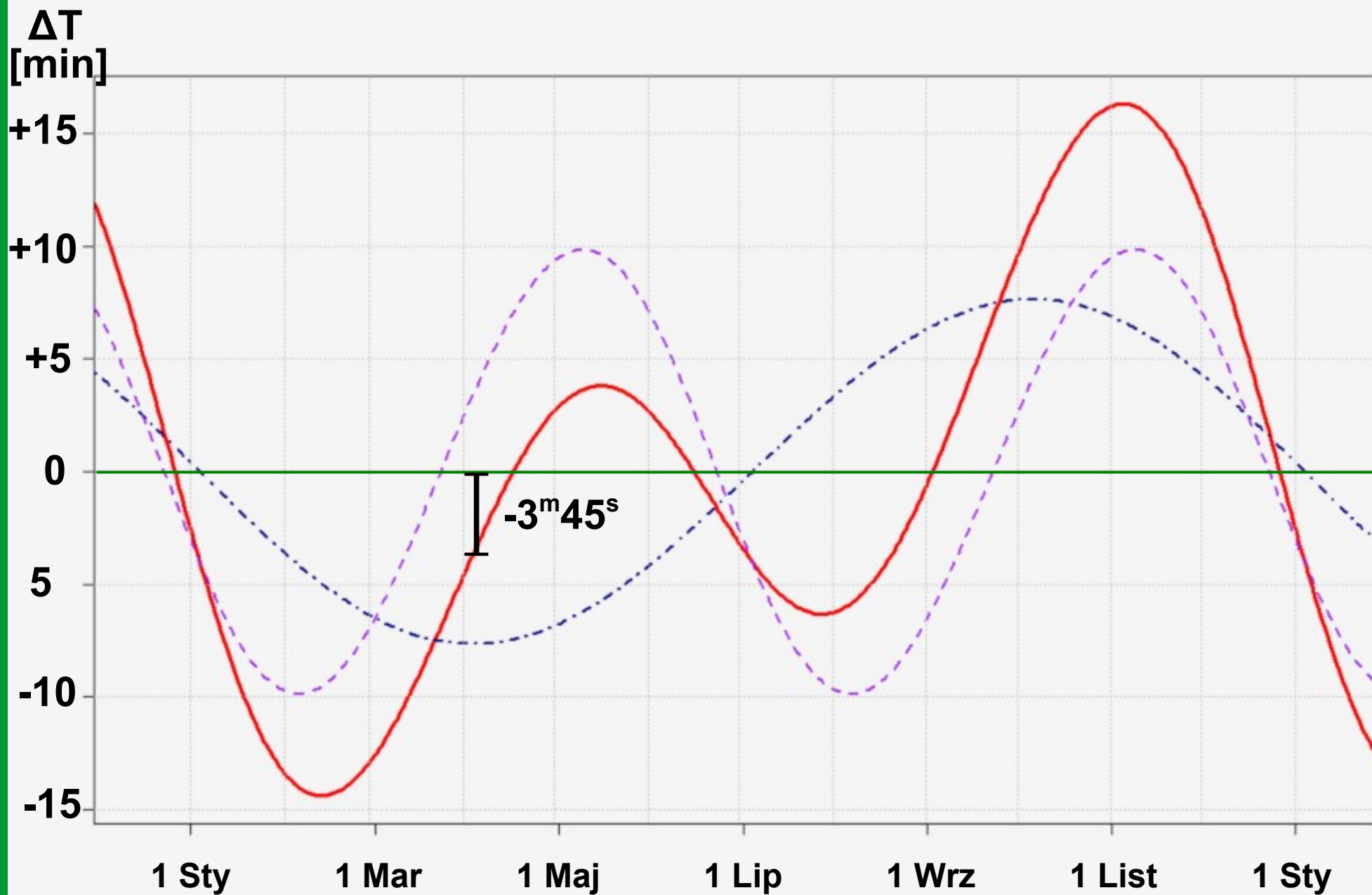
12:03:45

$$\begin{array}{r} 12:56:09 \\ - 1:00:00 \\ + 0:07:36 \\ \hline \end{array}$$

**12:03:45**

**Czyli tyle wynosił średni czas słoneczny  
gdy Słońce było najwyżej na niebie.**

# Równanie czasu (prawdziwy = $\Delta T$ + średni)



**12:03:45**  
**- 0:03:45**

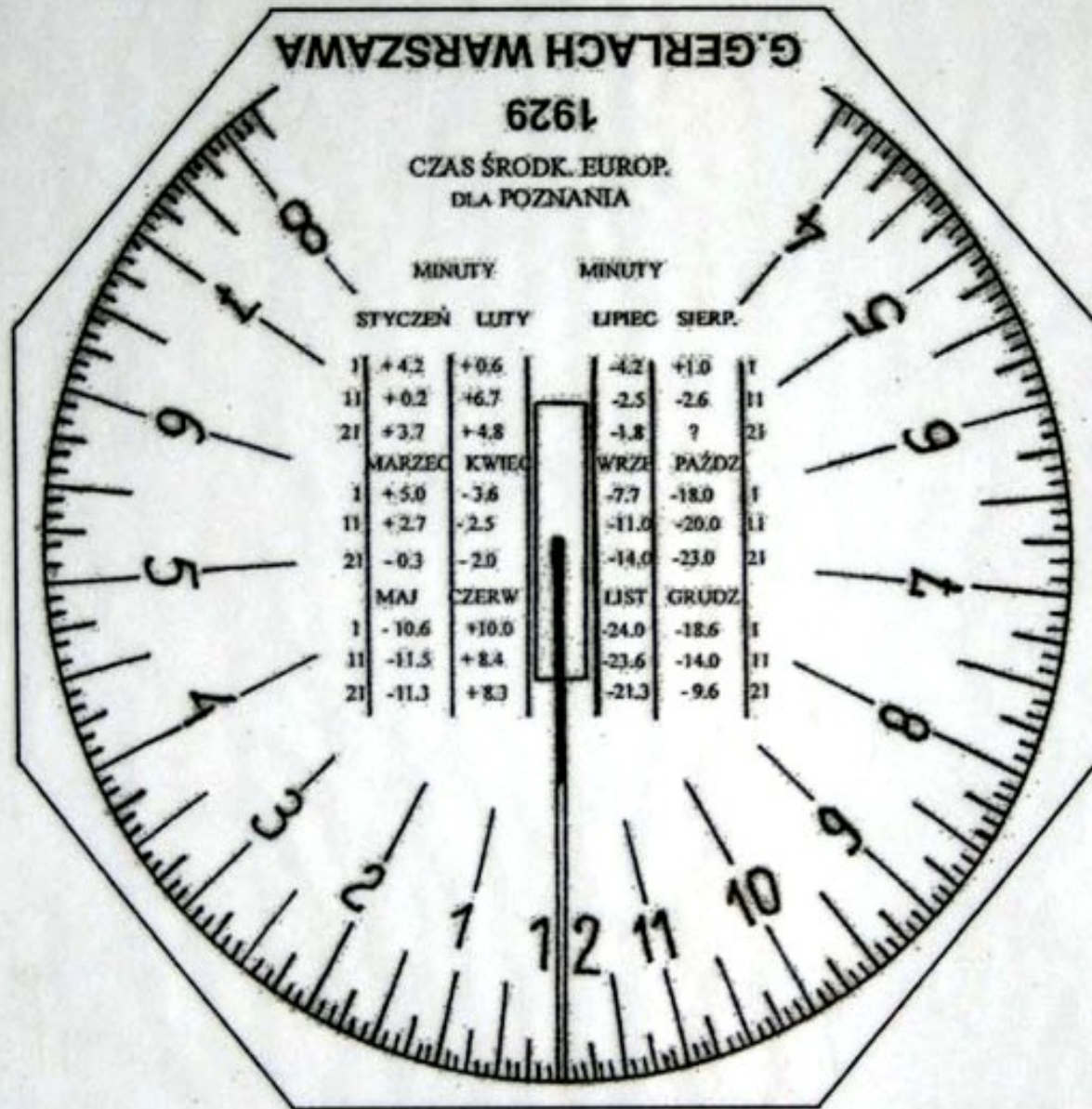
---

**12:00:00**

Zatem gdy Słońce stało w południku 1 kwietnia 2012 na zegarkach mieliśmy godzinę 12:56:09 strefowego, średniego czasu słonecznego (z poprawką na czas letni).

W tym samym momencie prawdziwy czas słoneczny wynosił 12:00:00 jak należało się spodziewać.





Tarcza zegara słonecznego sprzed Palmiarni



