

Wykład udostępniam na licencji Creative Commons:

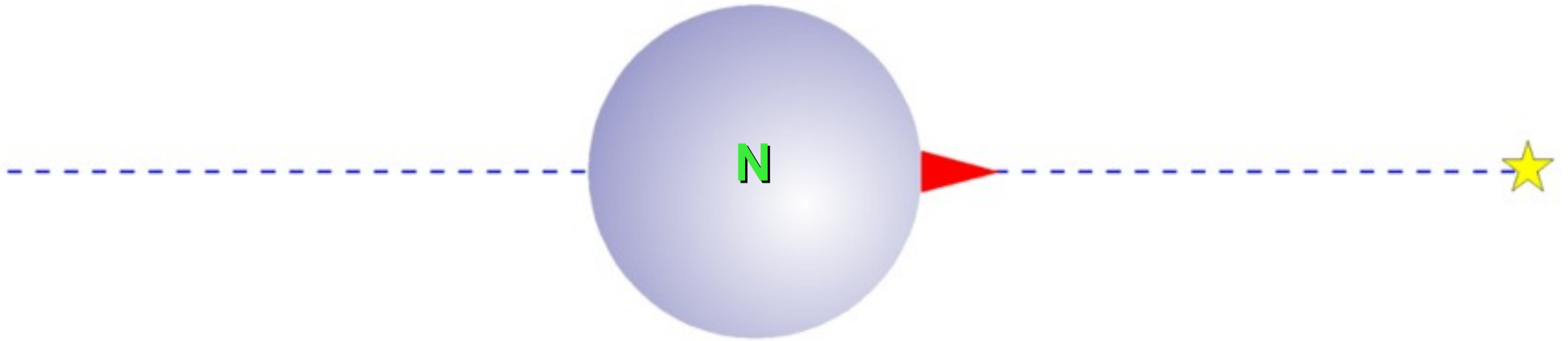


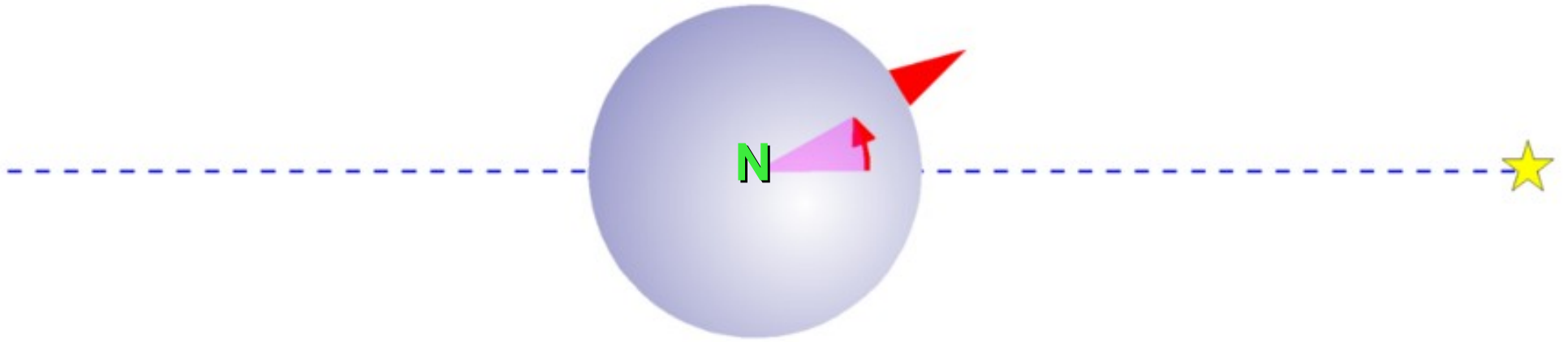
# Ziemia jako zegar

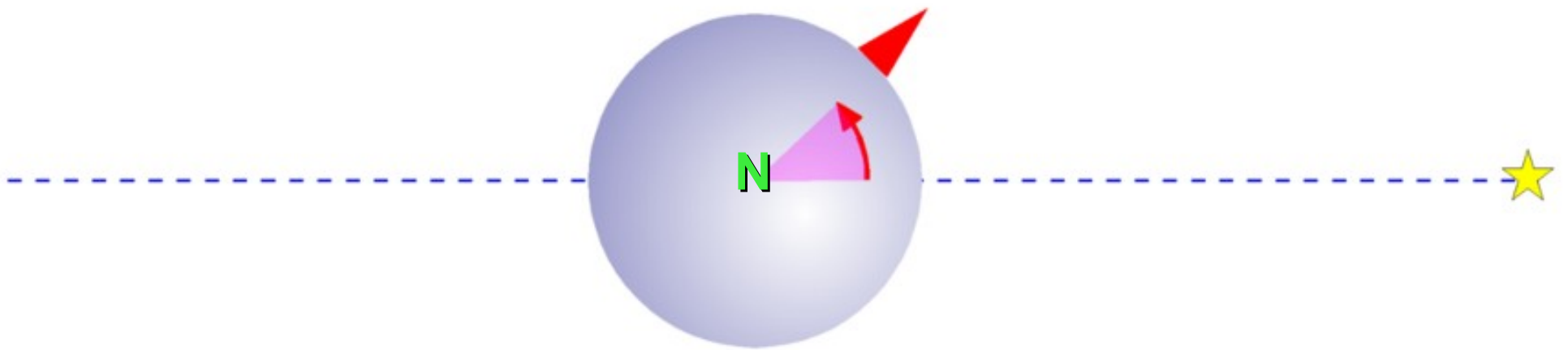
**Piotr A. Dybczyński**

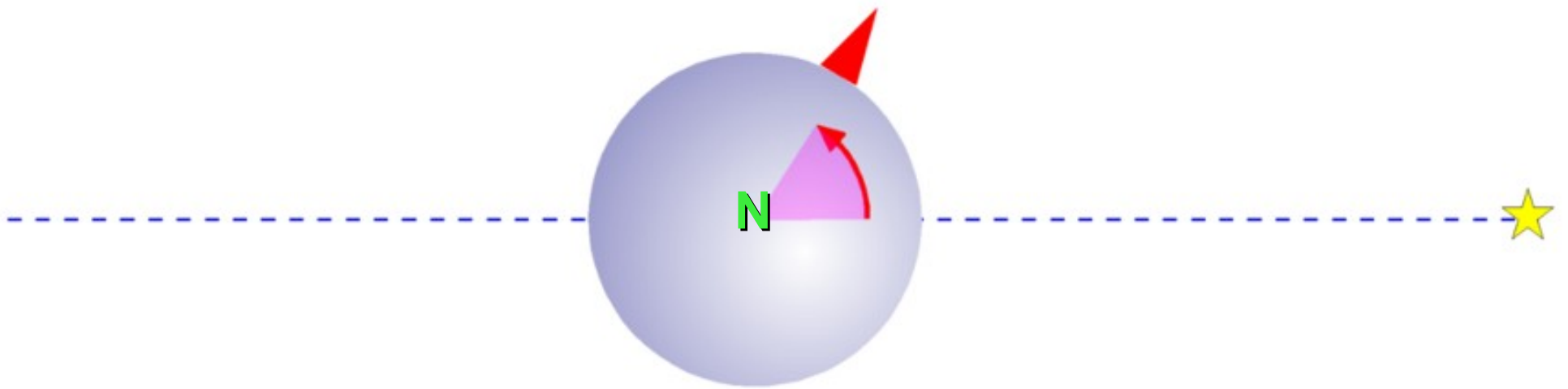


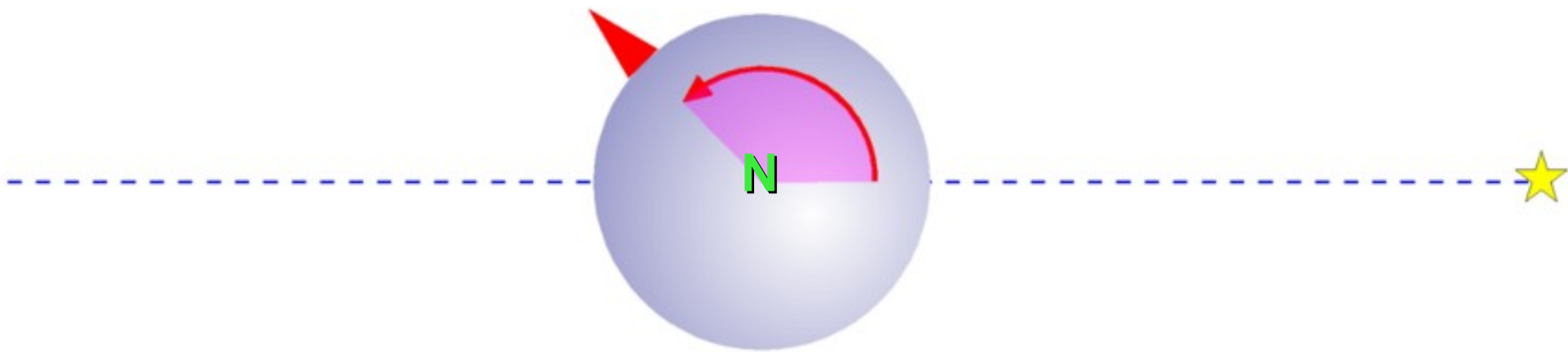
# Czas gwiazdowy



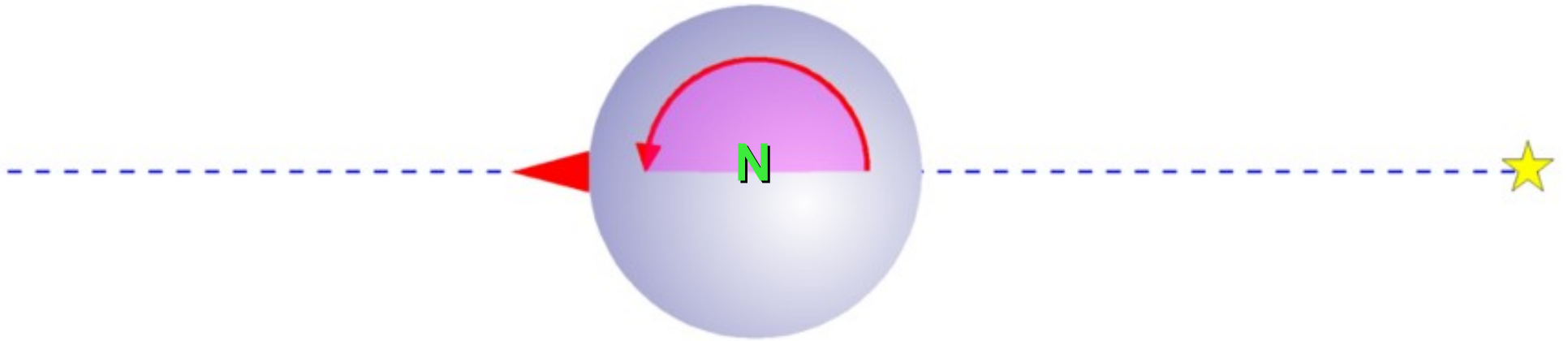


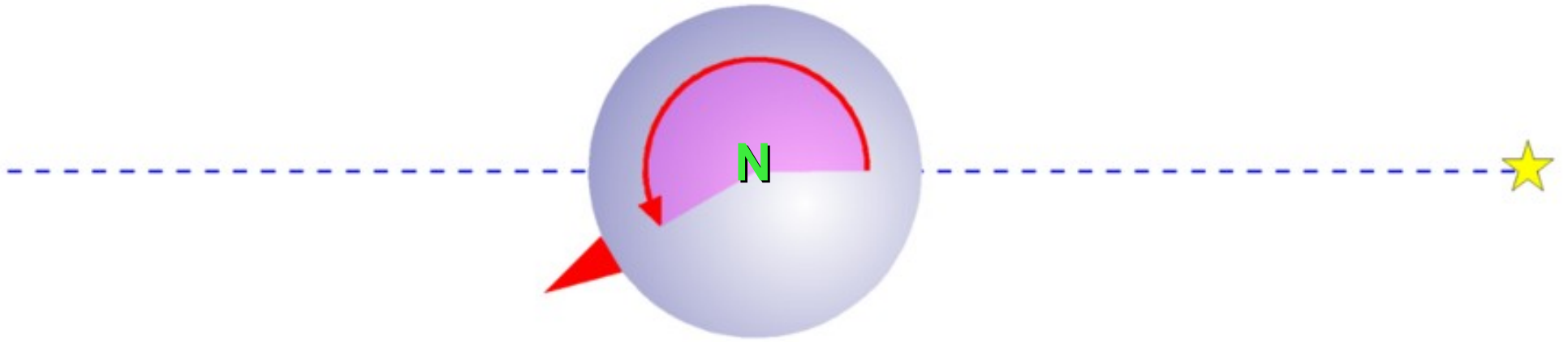


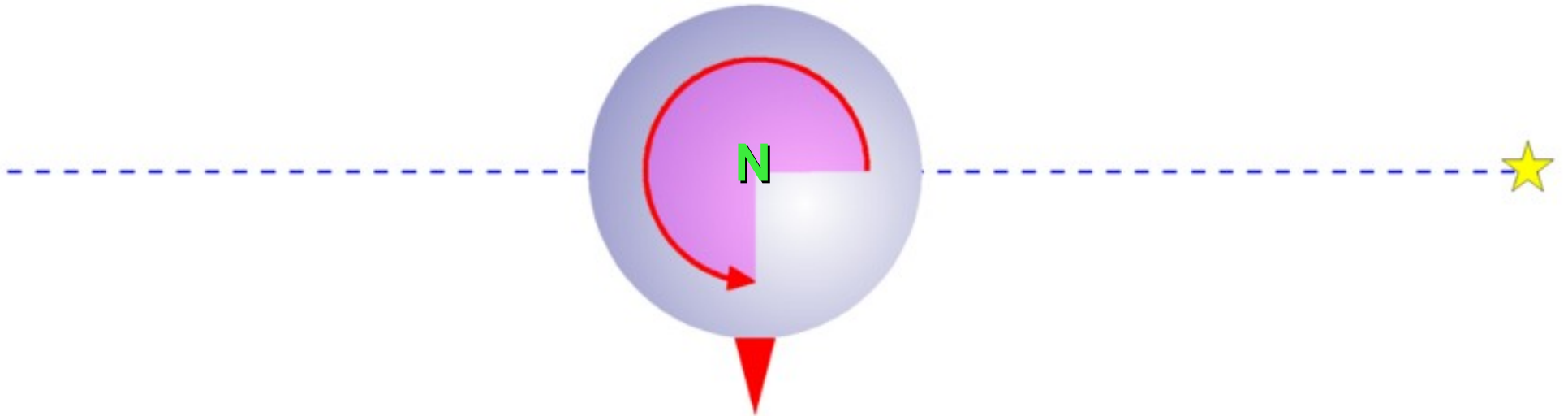


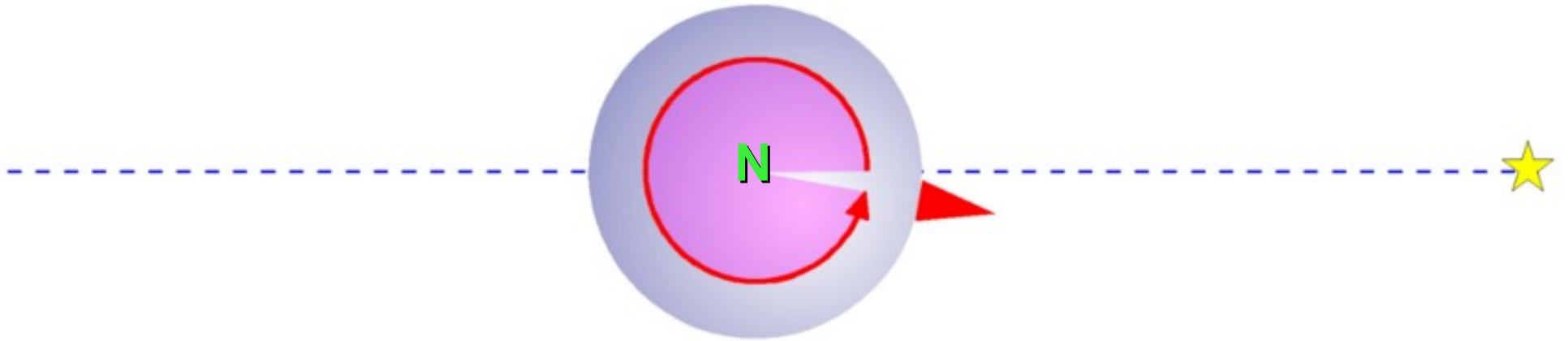


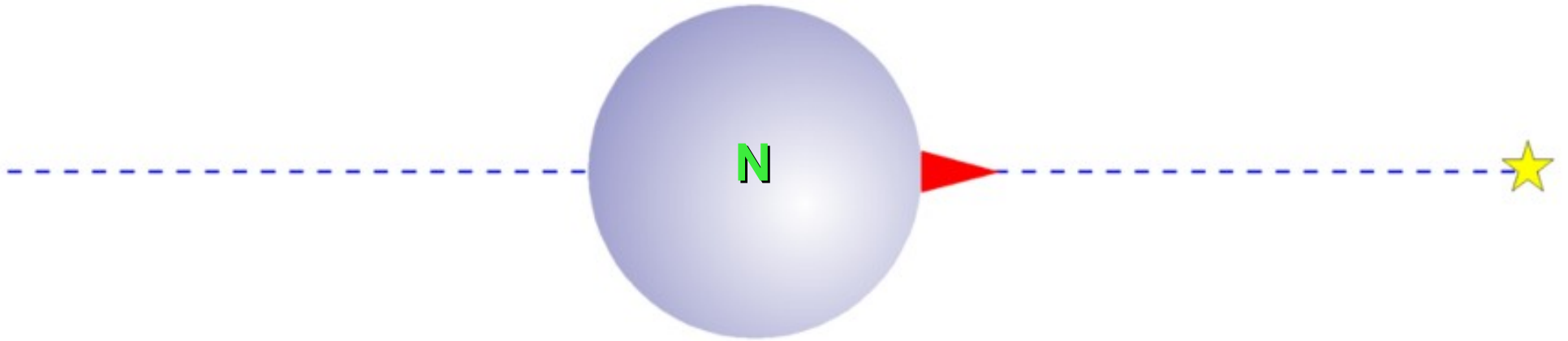


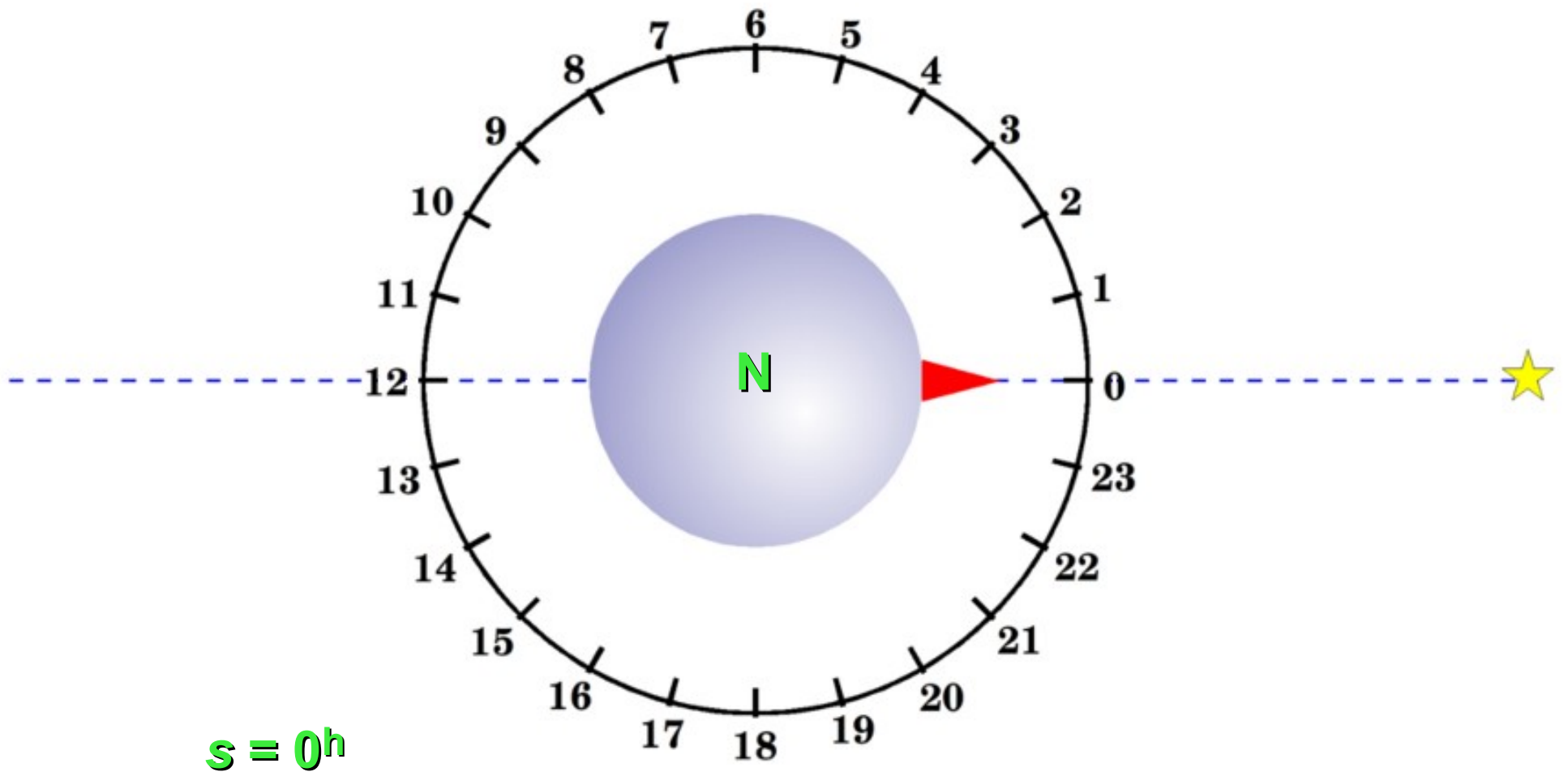




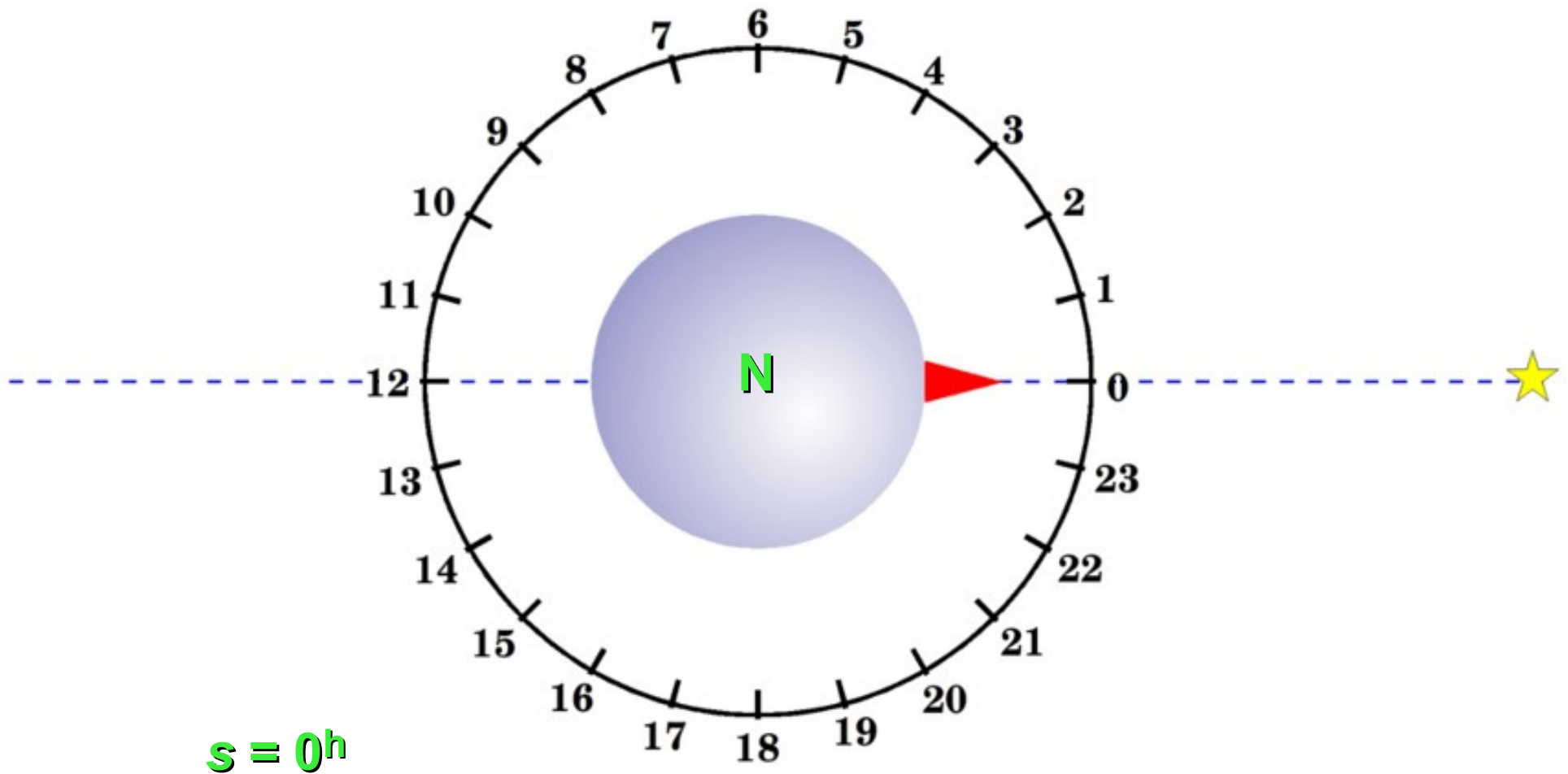




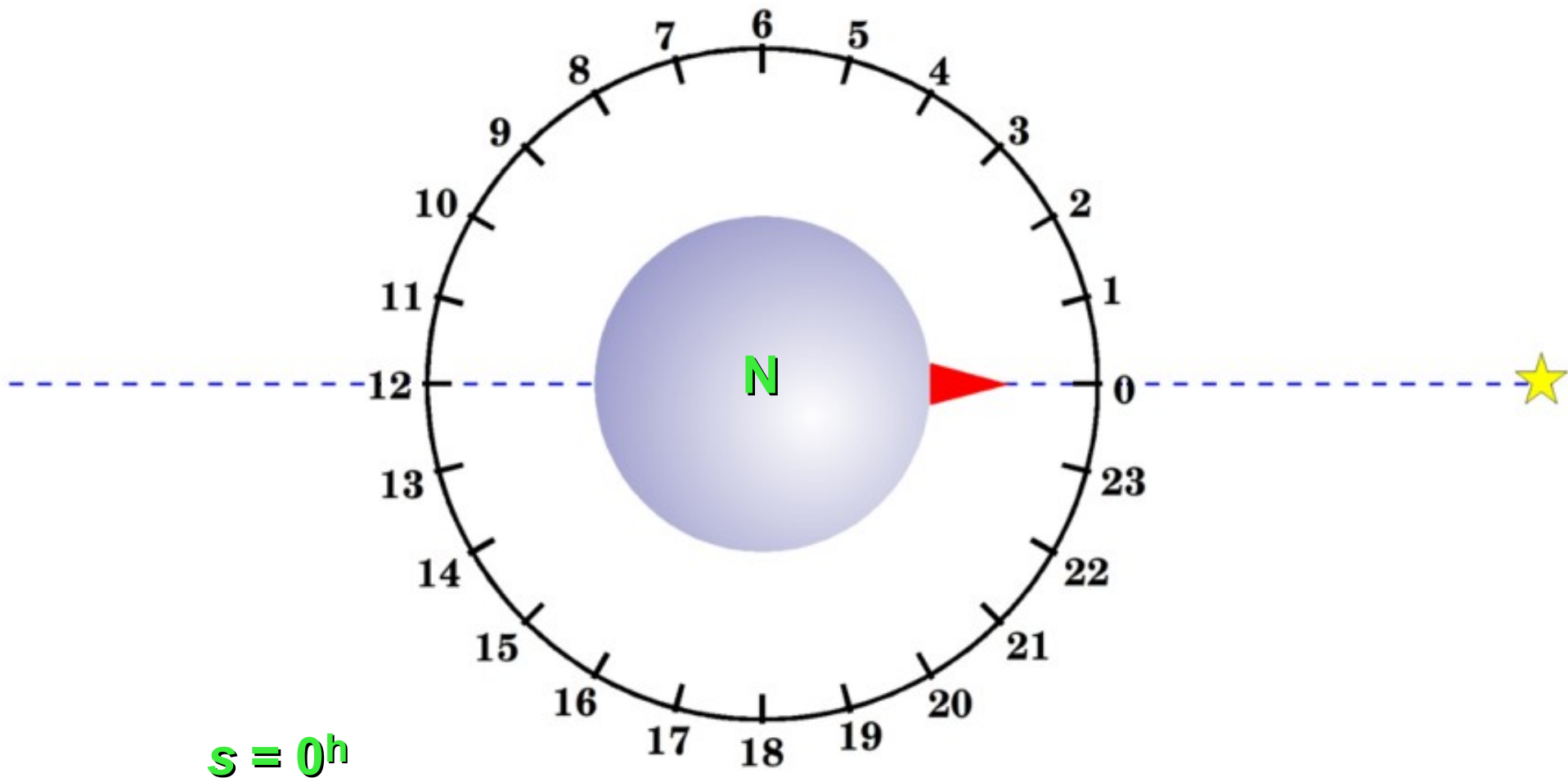




$s = 0h$



Czemu taka dziwna tarcza?



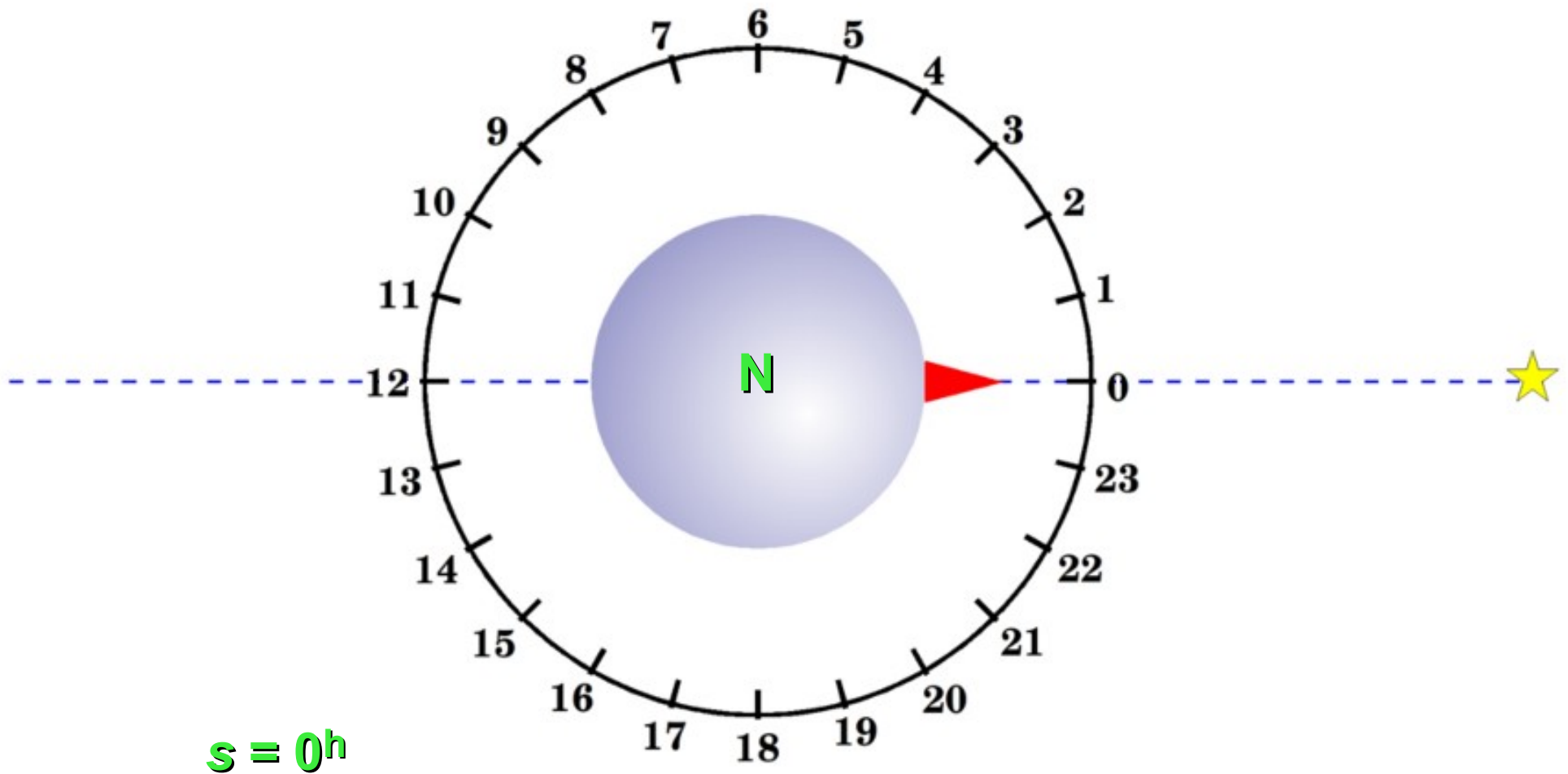
**Czemu taka dziwna tarcza?**

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

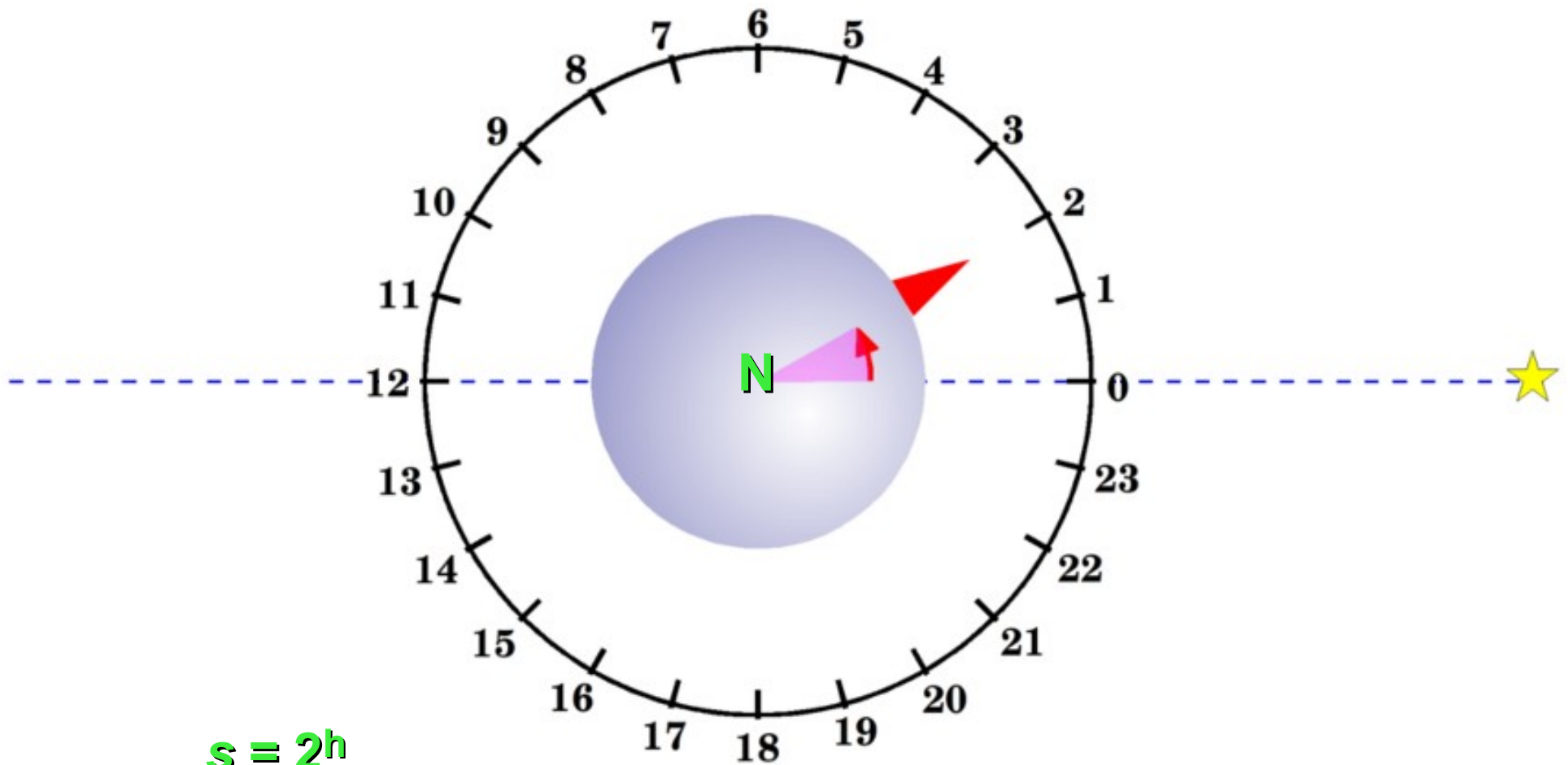


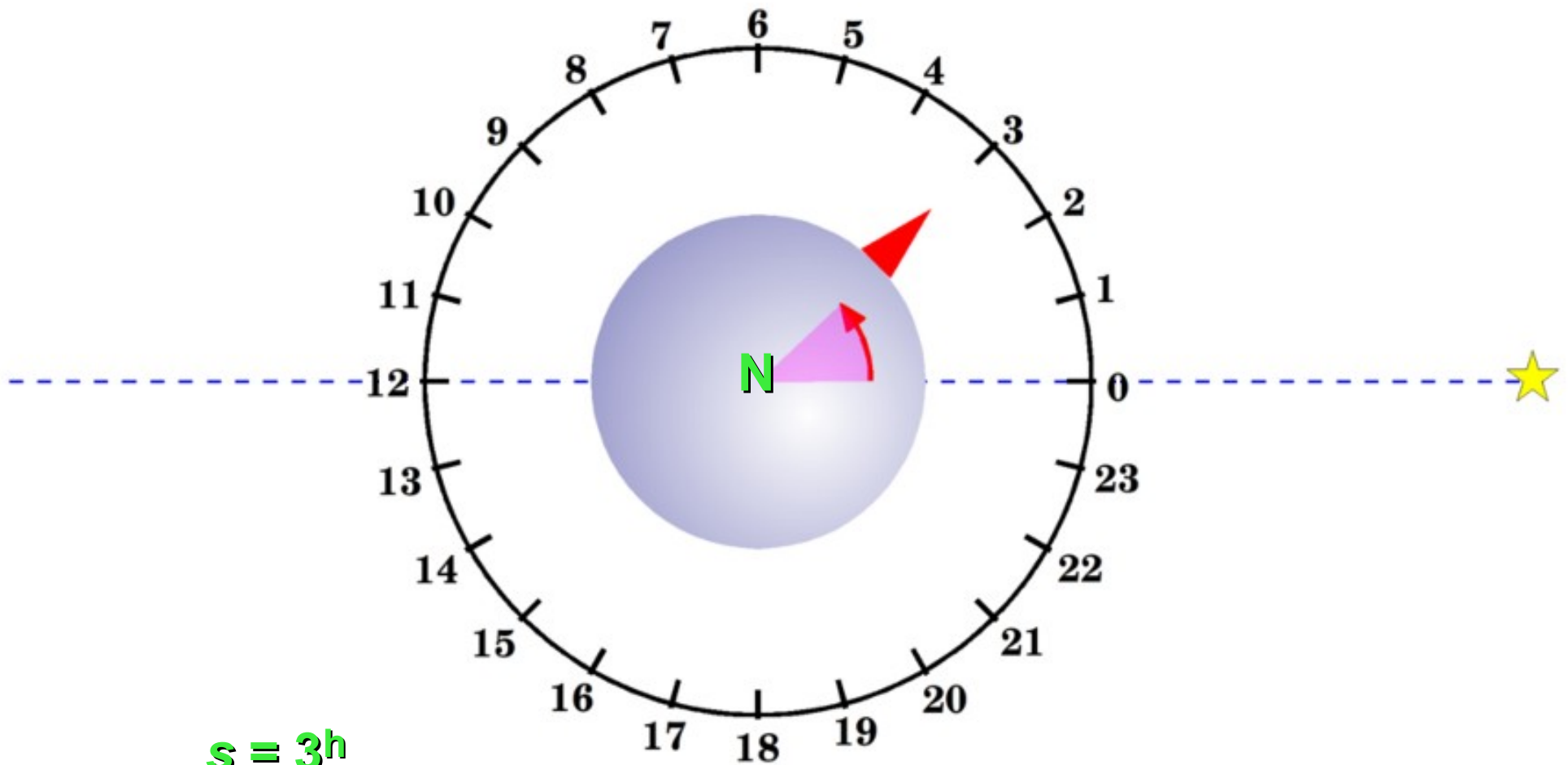
# Miara czasowa kątów

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

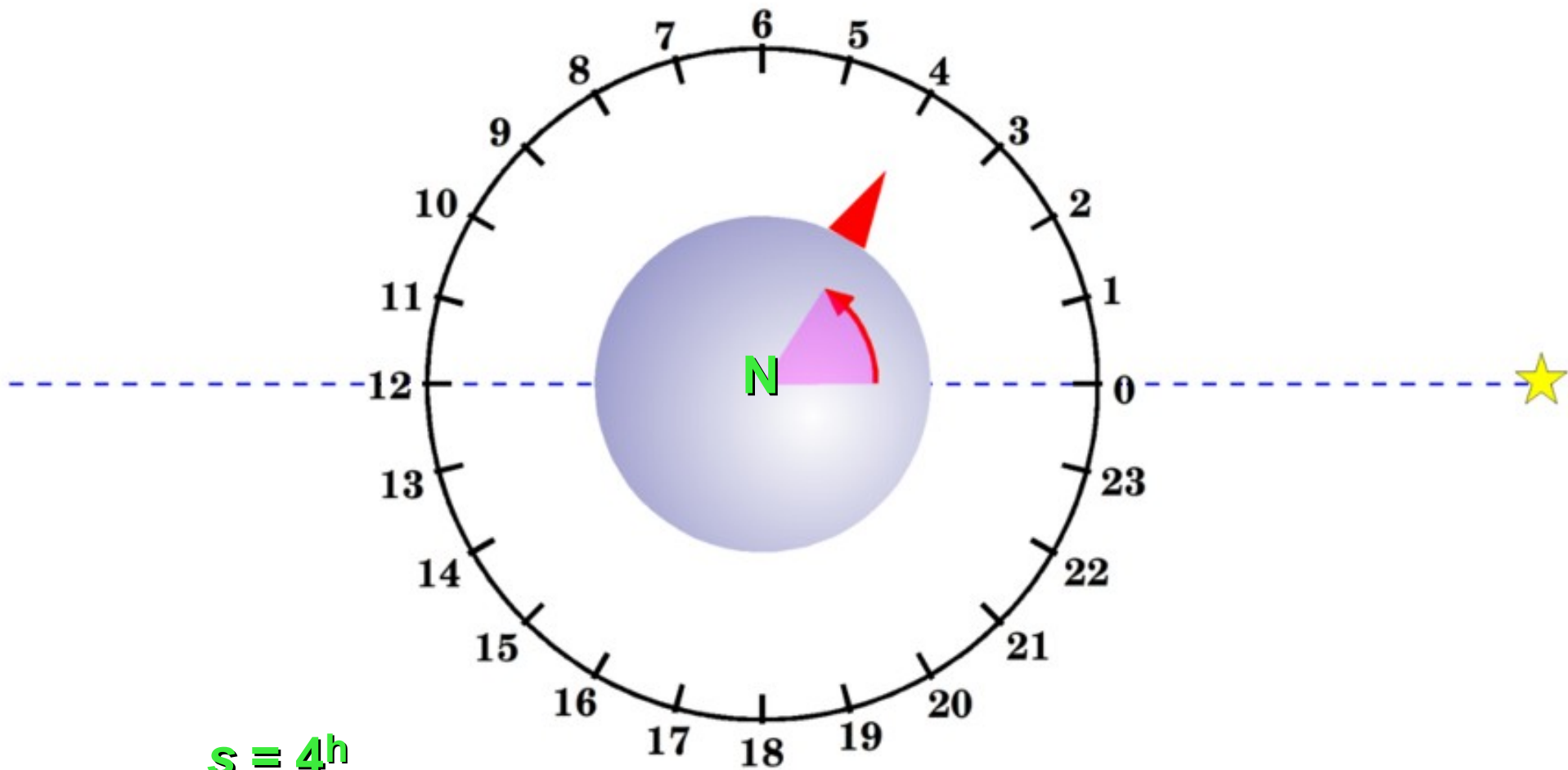


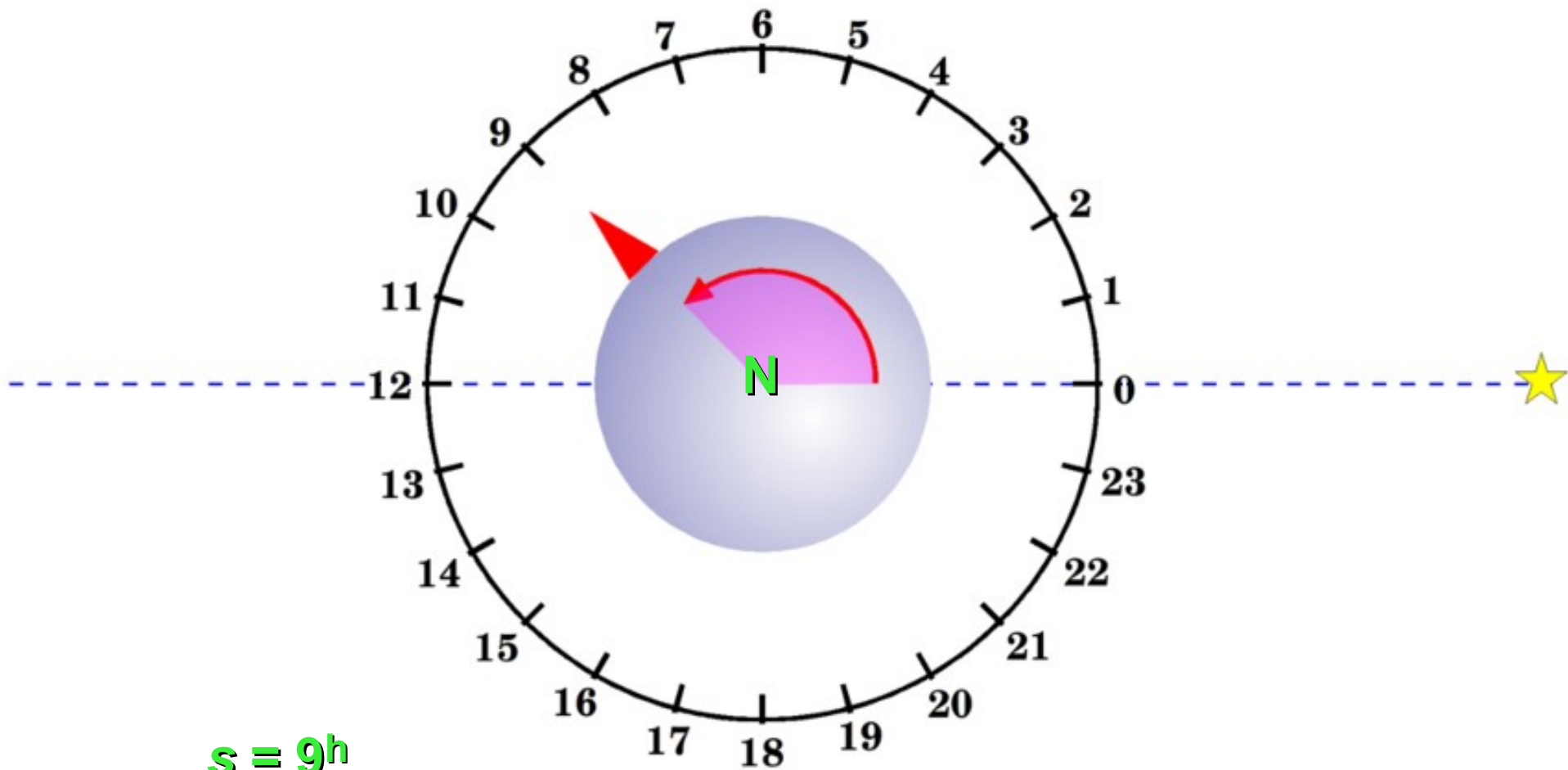
$s = 0h$



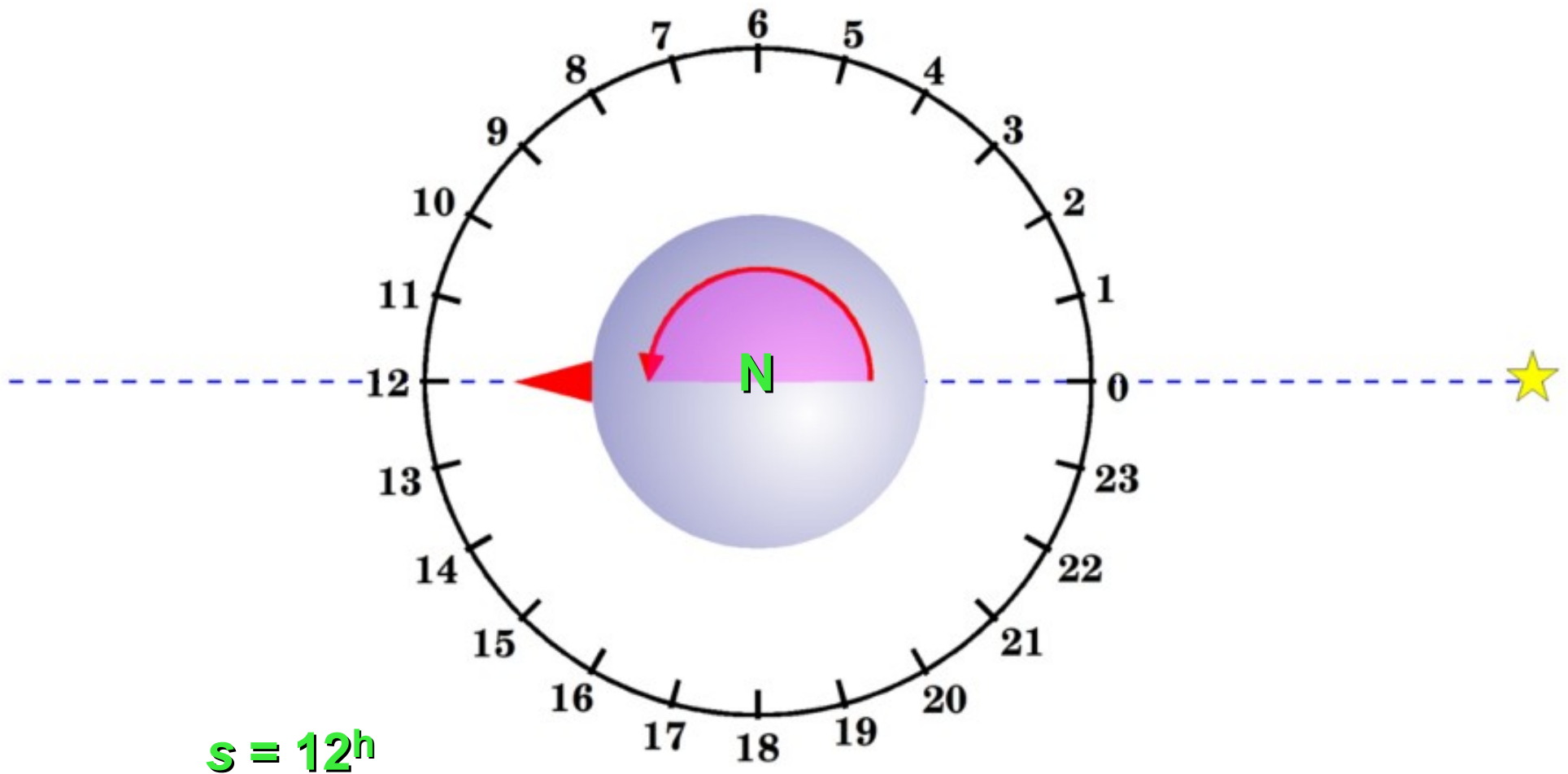


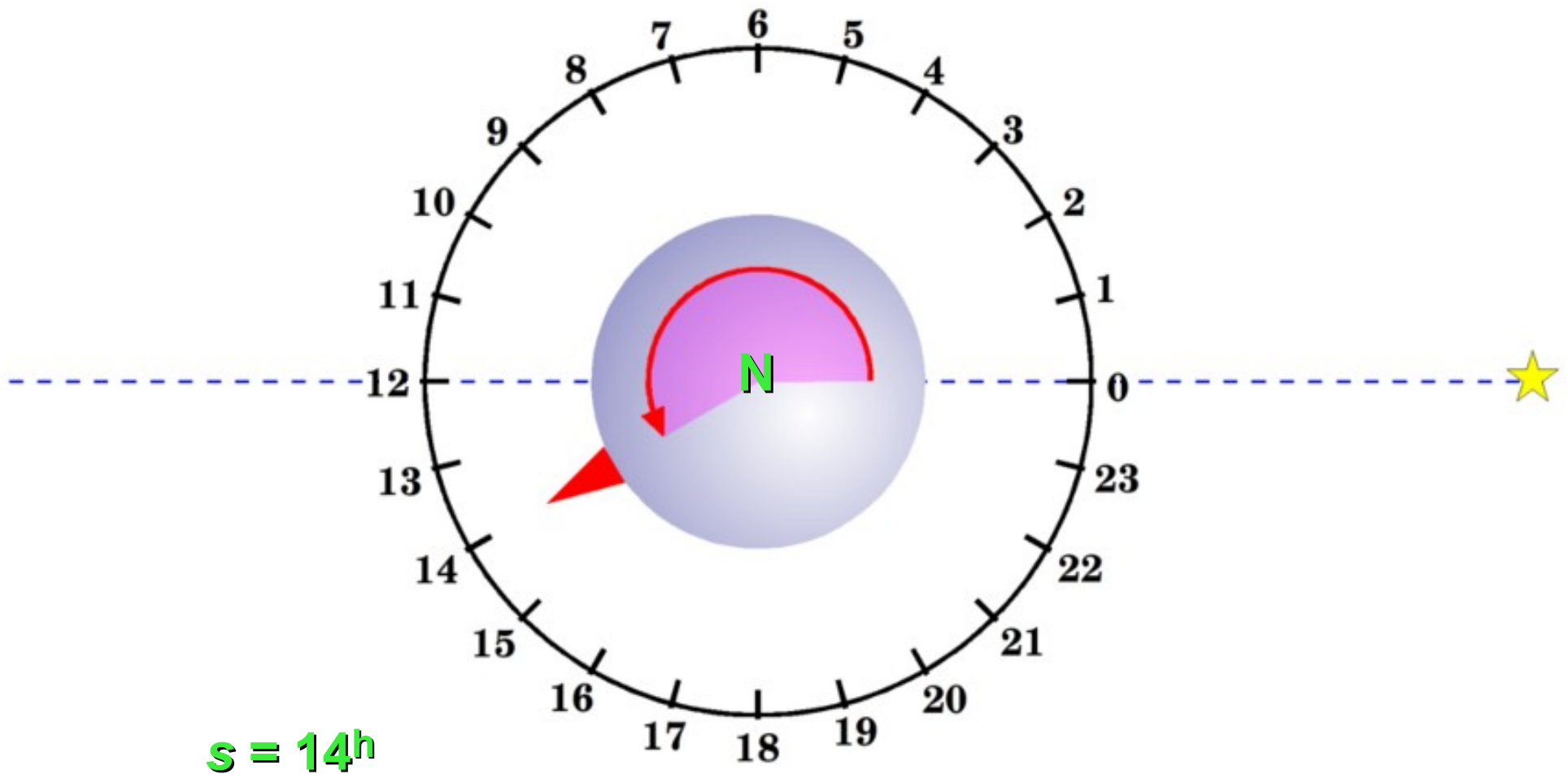
$$s = 3h$$





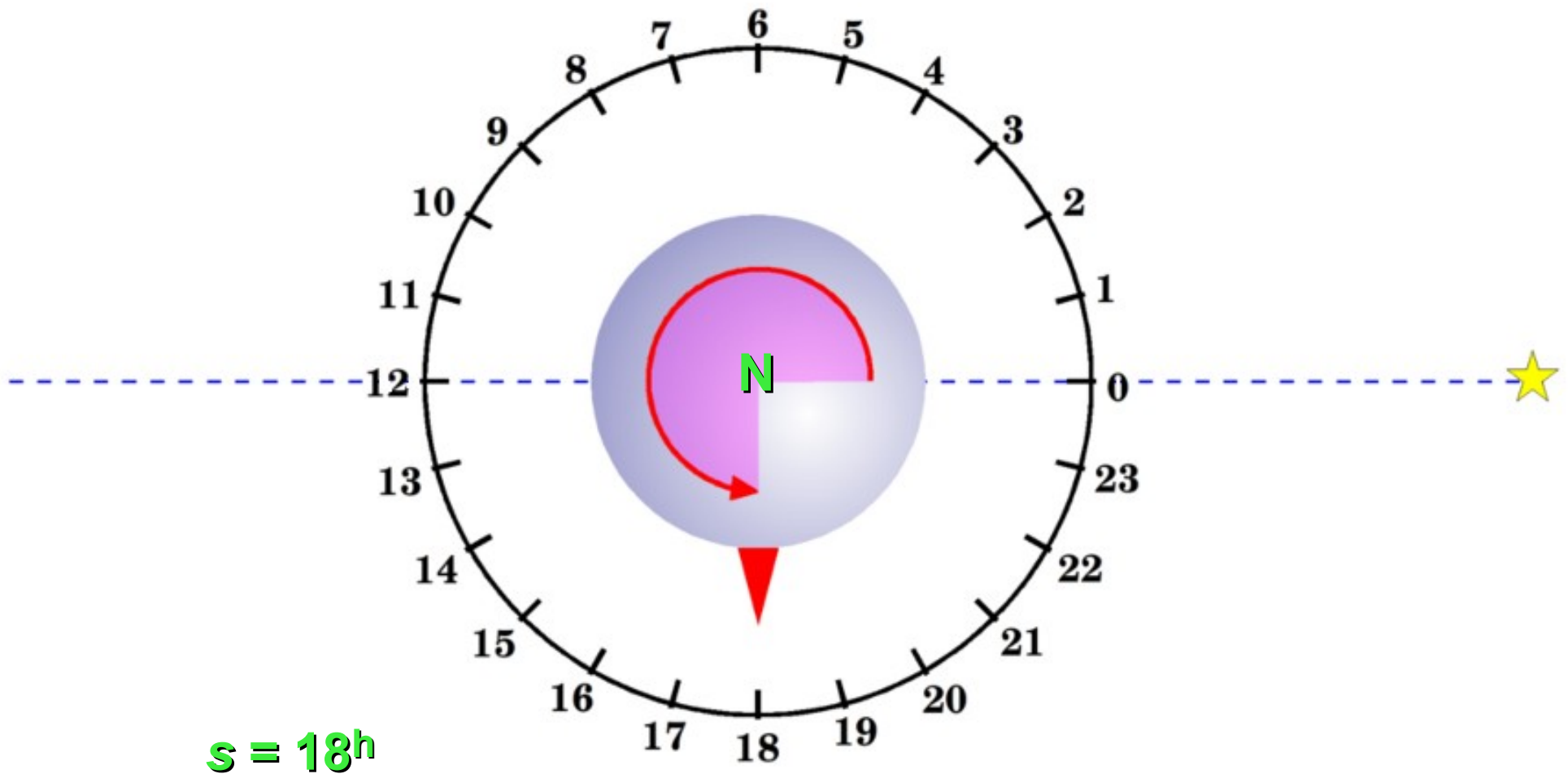
$s = gh$



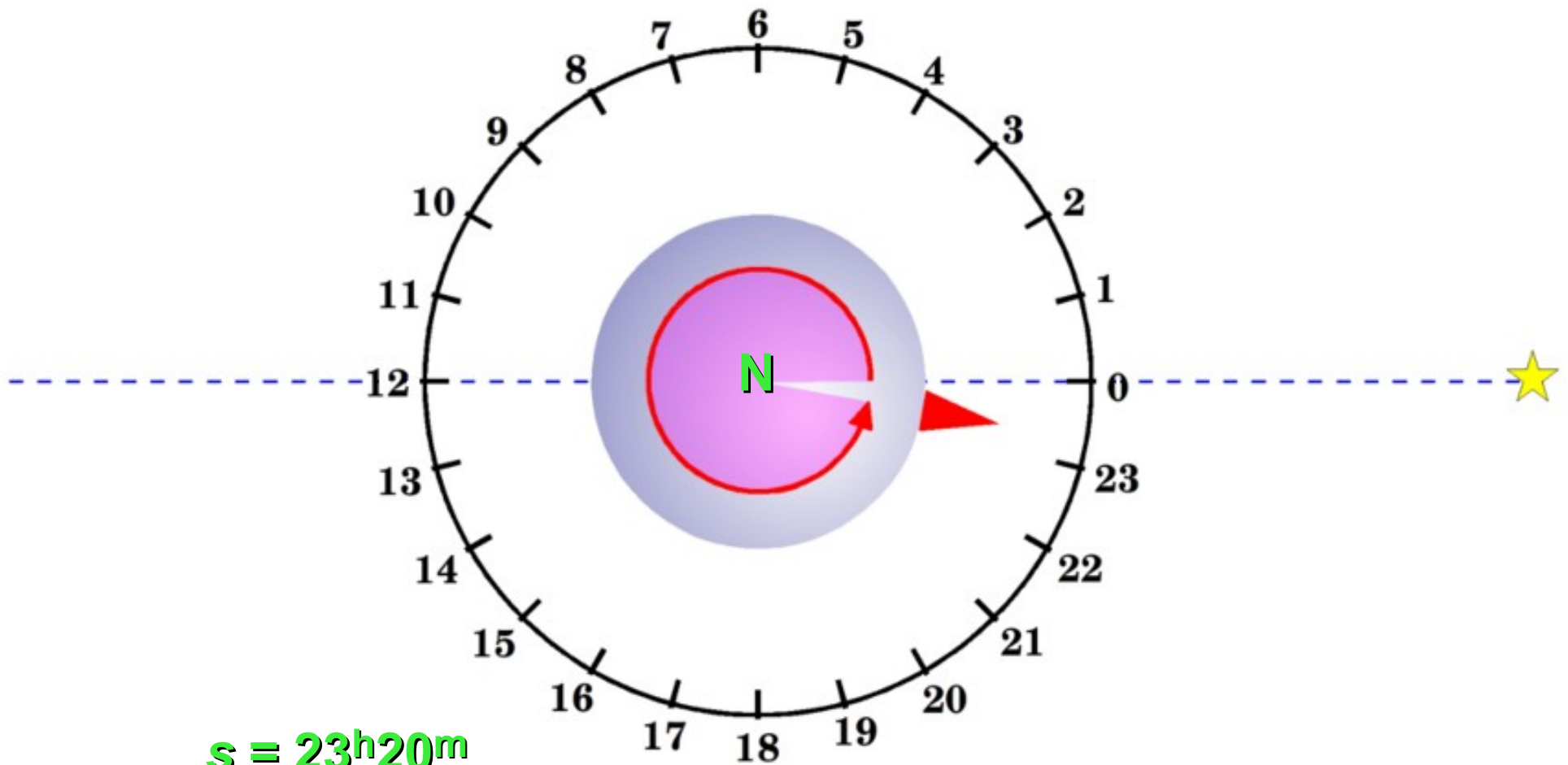


$s = 14^h$



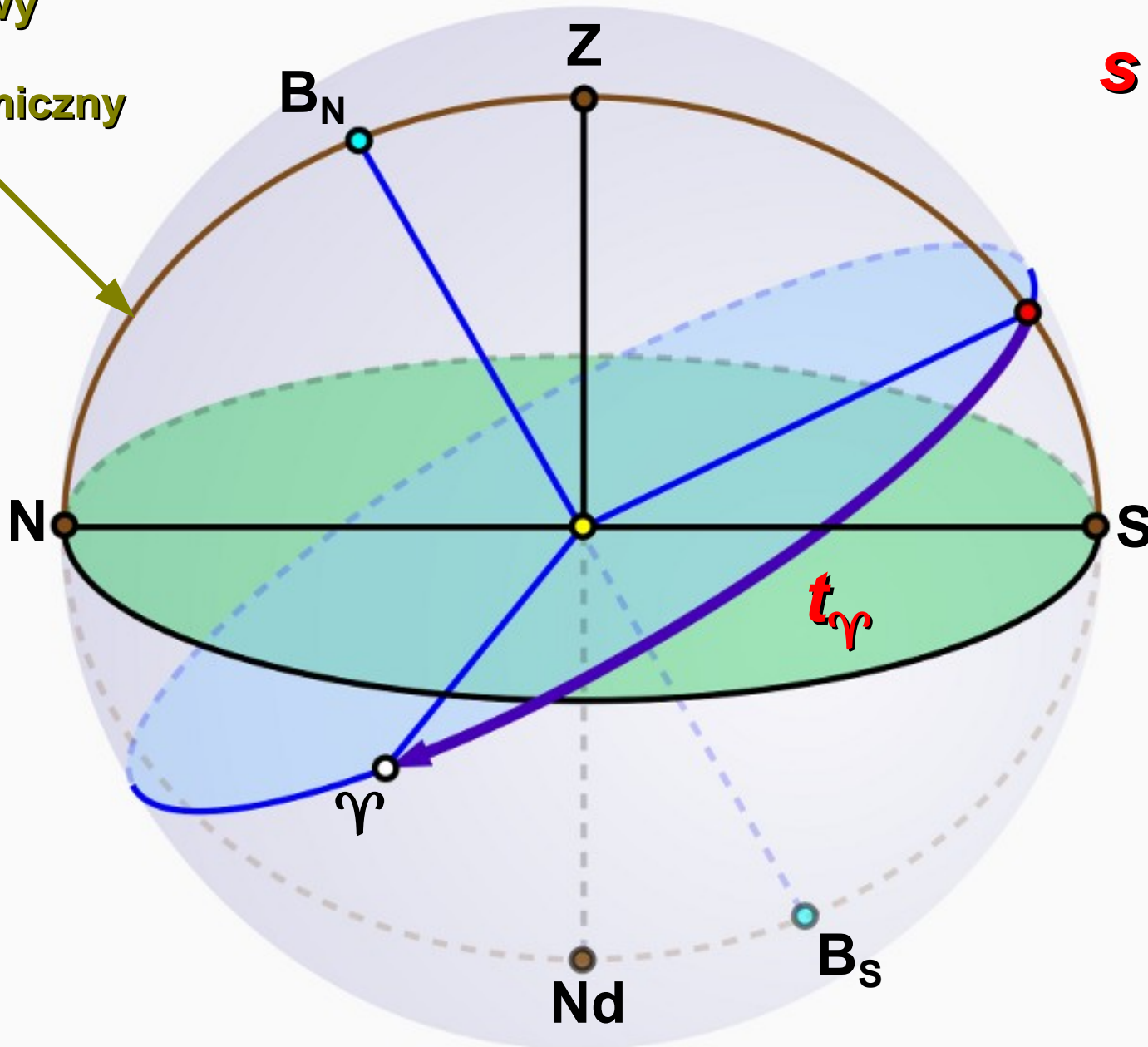


$s = 18h$



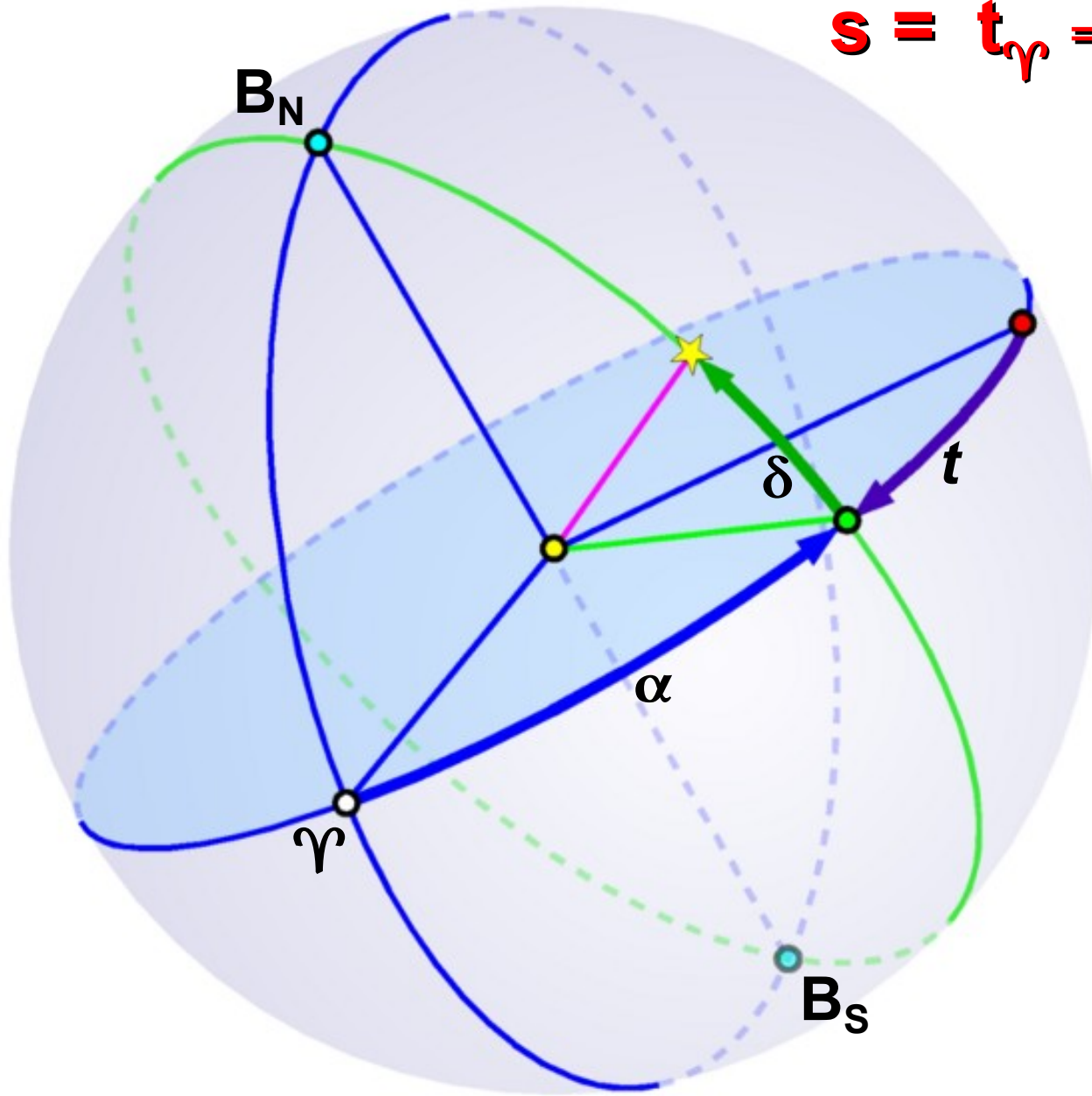
$s = 23^{\text{h}}20^{\text{m}}$

miejscowy  
południk  
astronomiczny



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

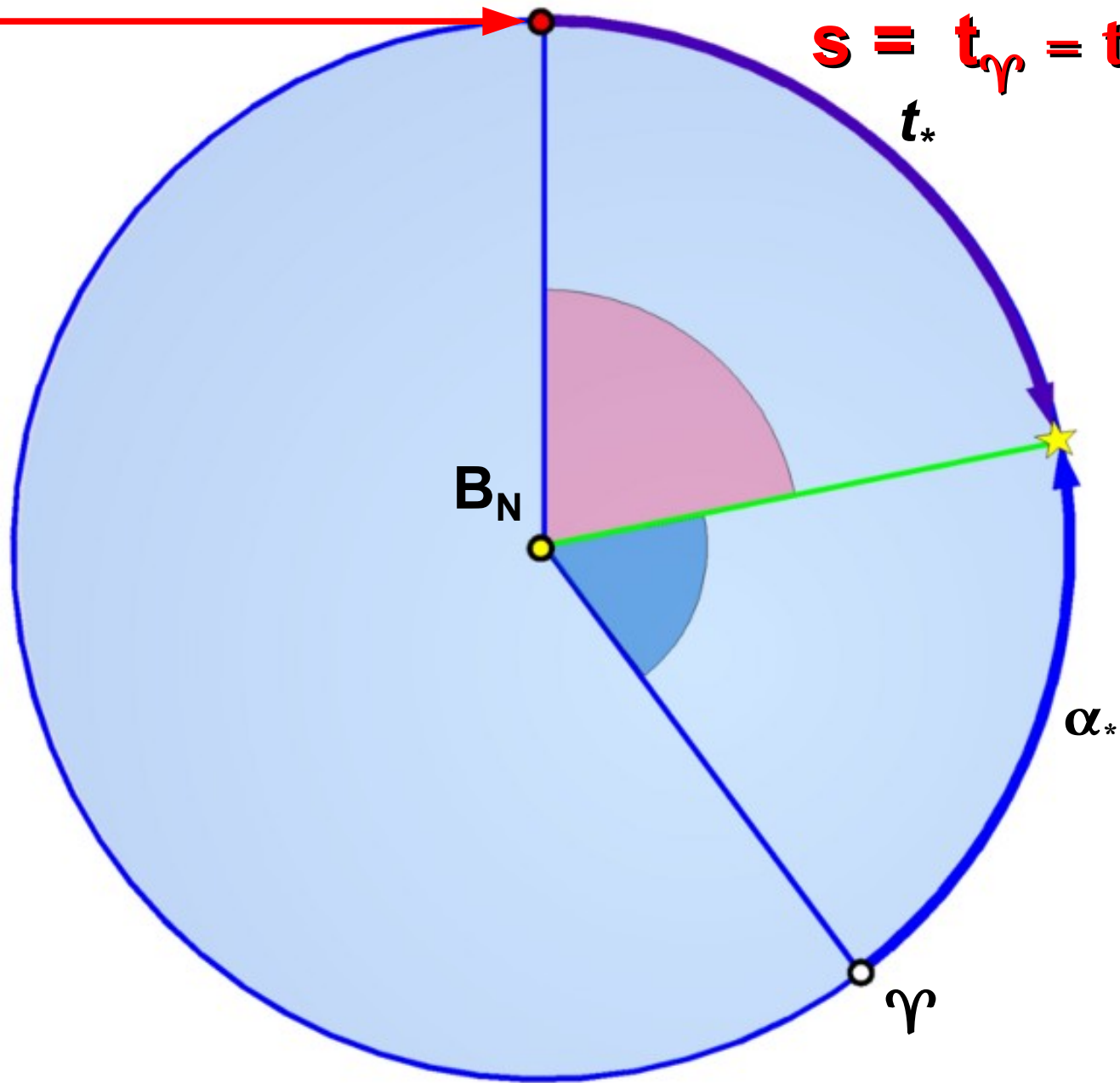
$$\mathbf{s} = \mathbf{t}_\gamma = \mathbf{t}_* + \boldsymbol{\alpha}_*$$



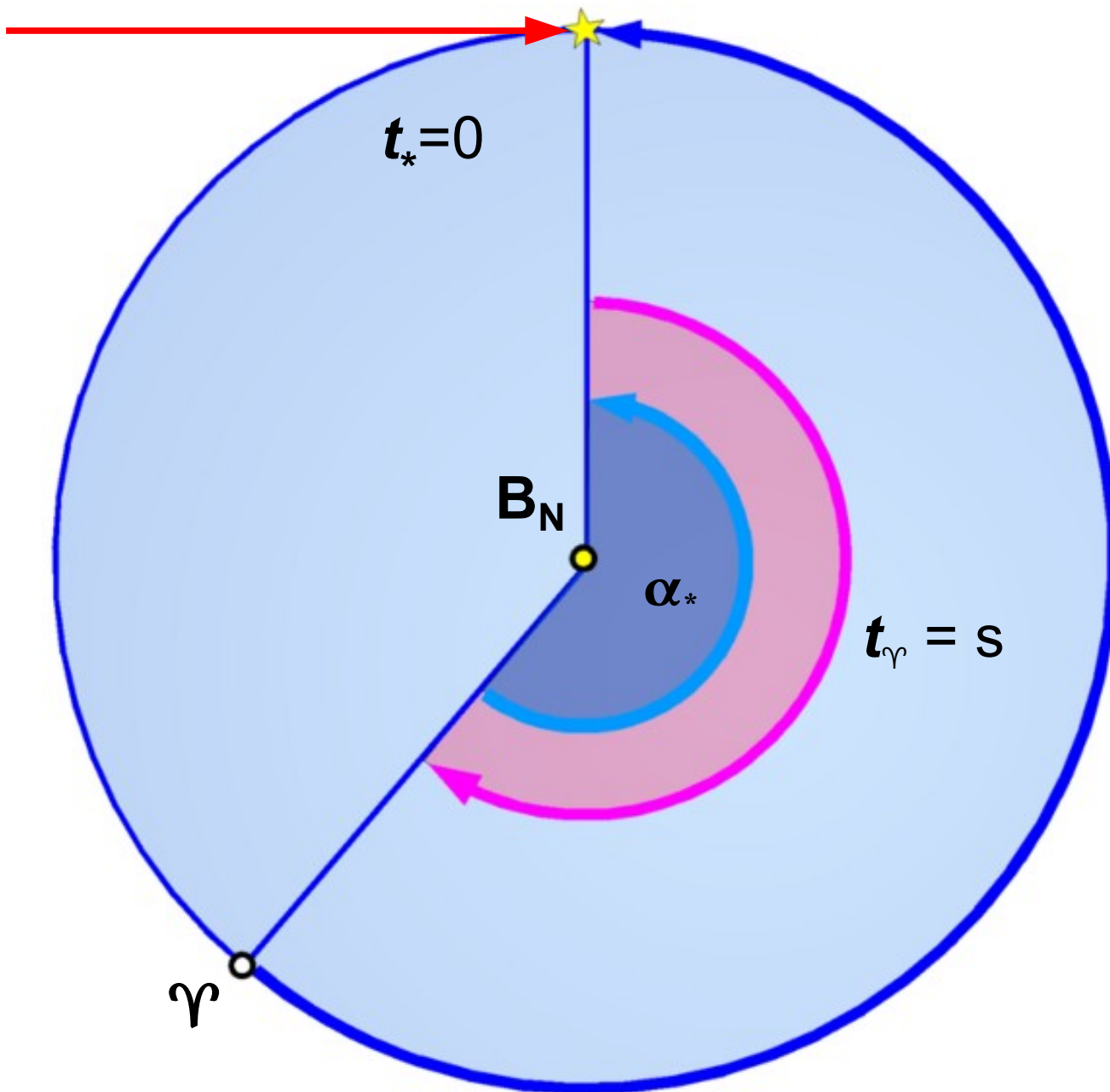
punkt  
górowania  
na równiku



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



punkt  
górowania  
na równiku



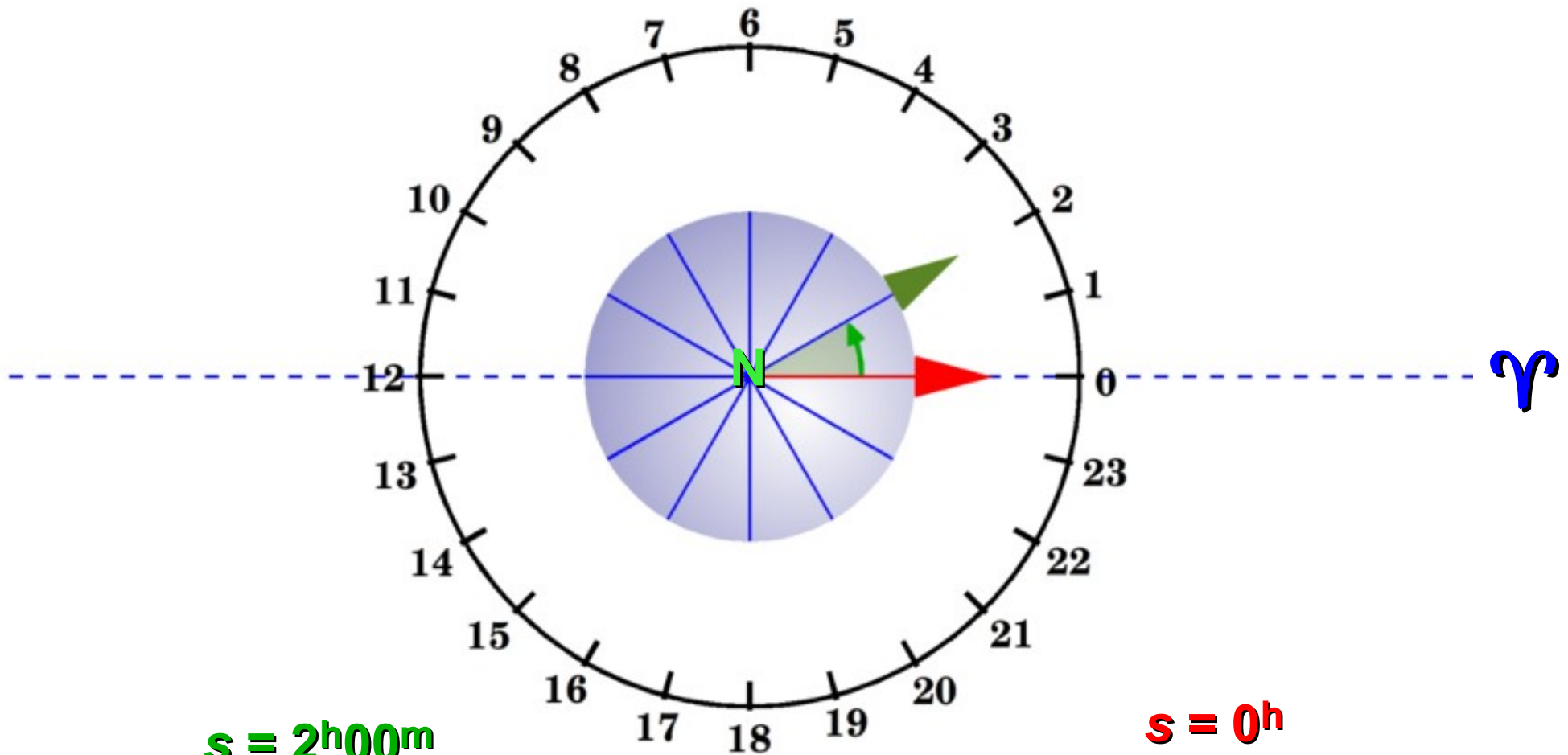
**Czas gwiazdowy ( $t_\gamma$ ) jest zawsze równy rektascensji gwiazd górujących!**

# **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.**

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

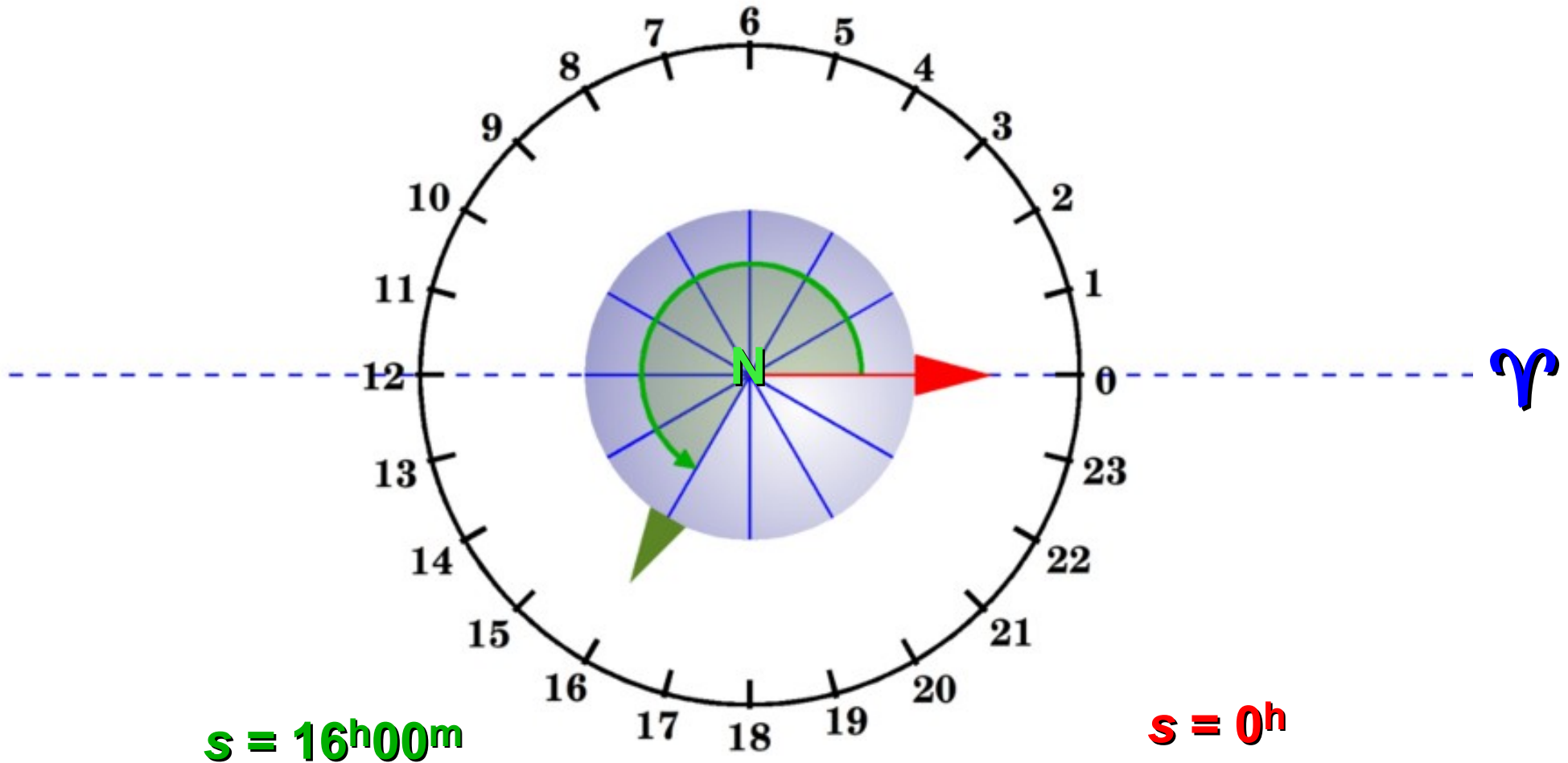


$$s = 2^h00^m$$

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



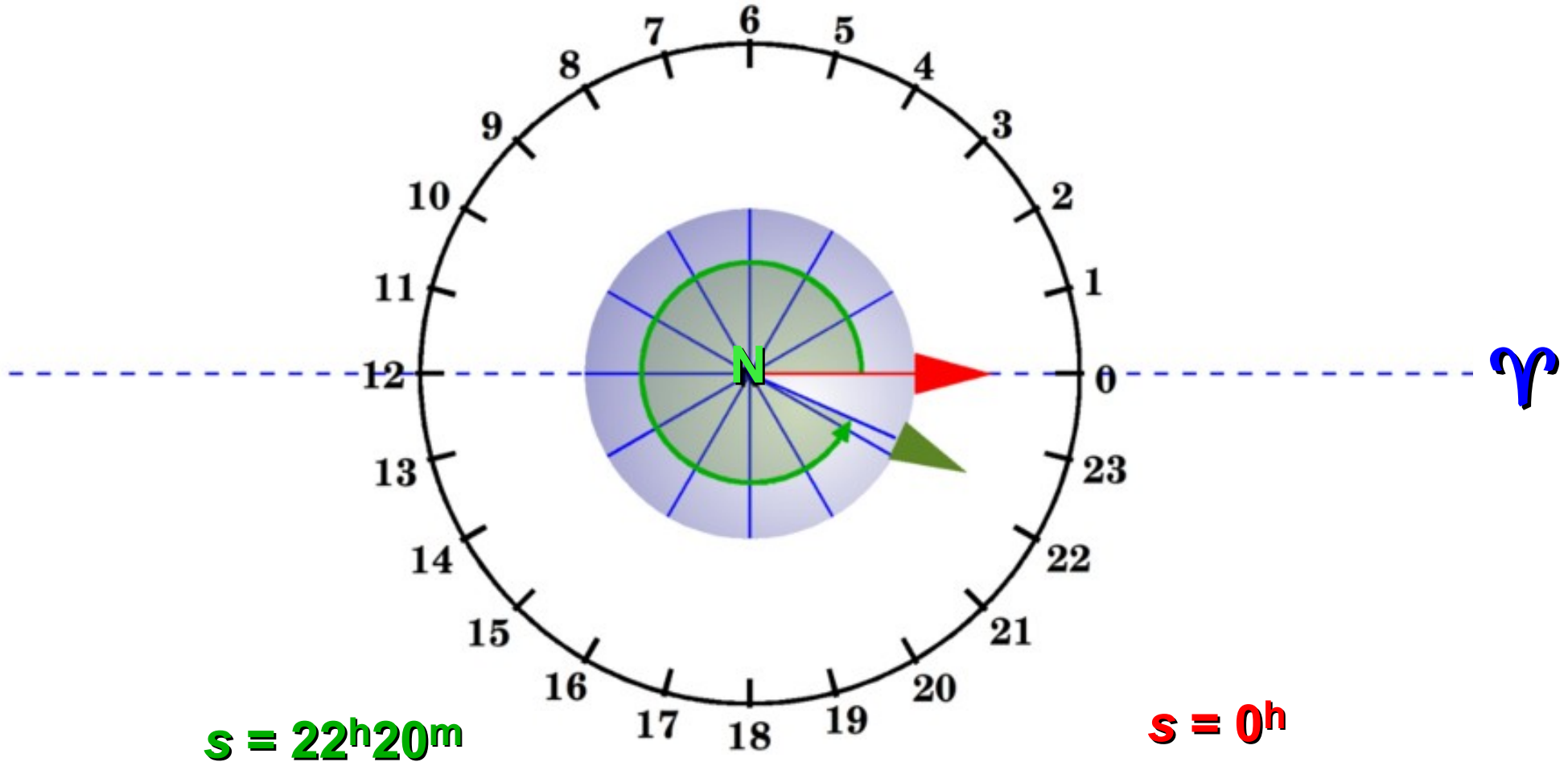
$$\lambda_E = 240^\circ = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$



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

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

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



$s = 22^h 20^m$

$s = 0^h$

**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

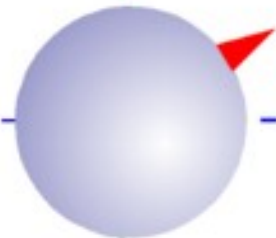
orbita Ziemi

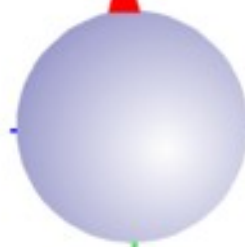


**Definicja: czas słoneczny prawdziwy to kąt godzinny środka tarczy Słońca powiększony o 12<sup>h</sup>.**

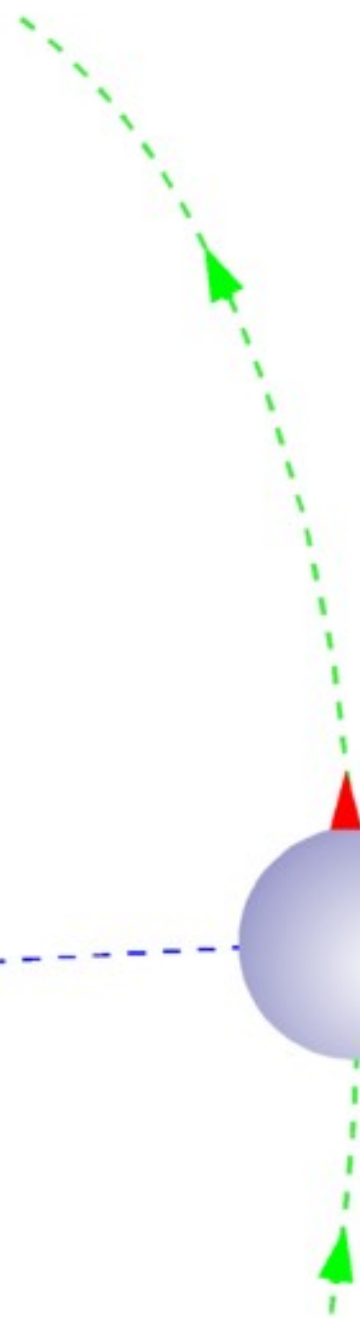
**Chodzi o to by początek doby ( godzina 0 ) był o północy.**



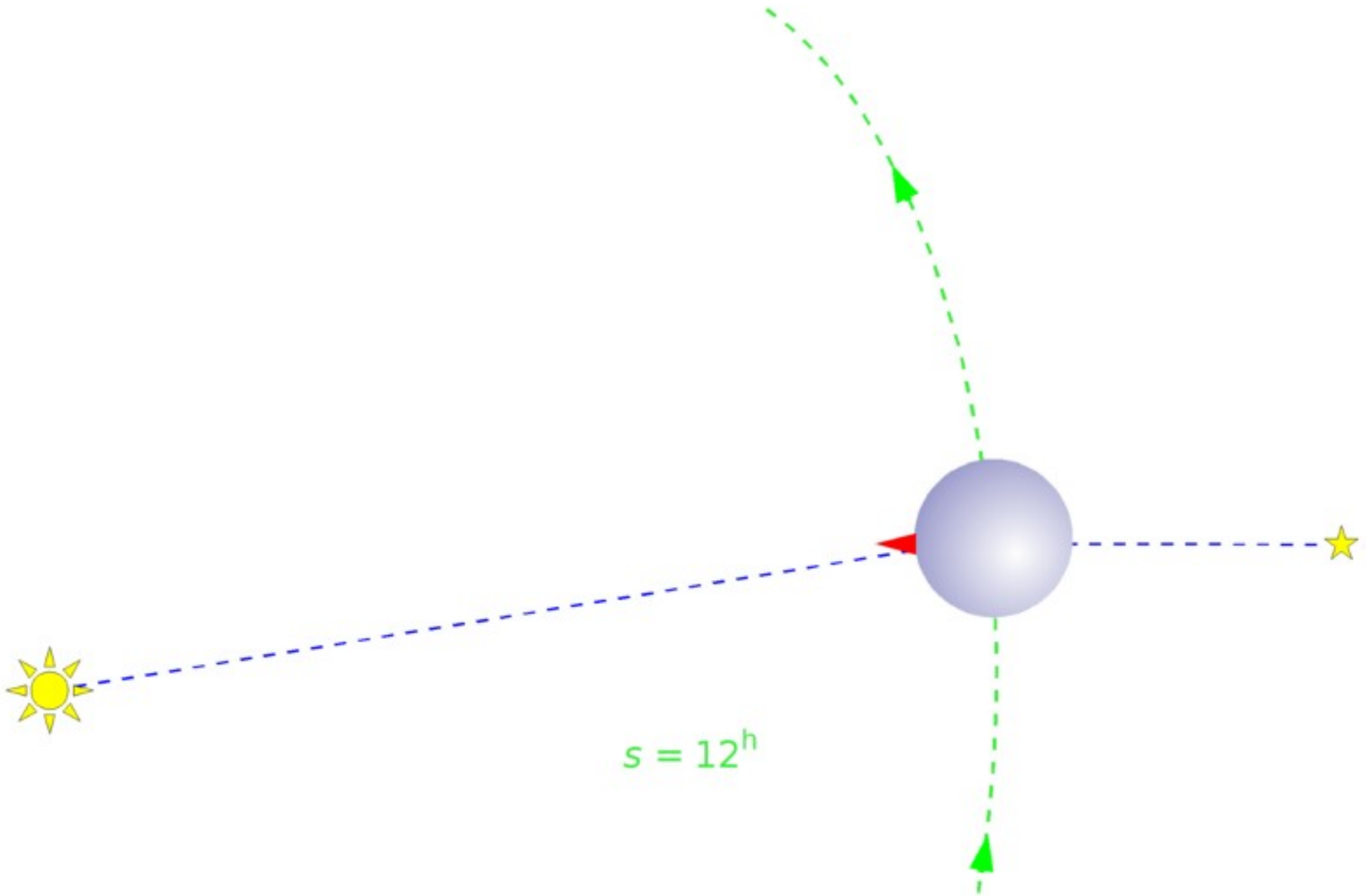




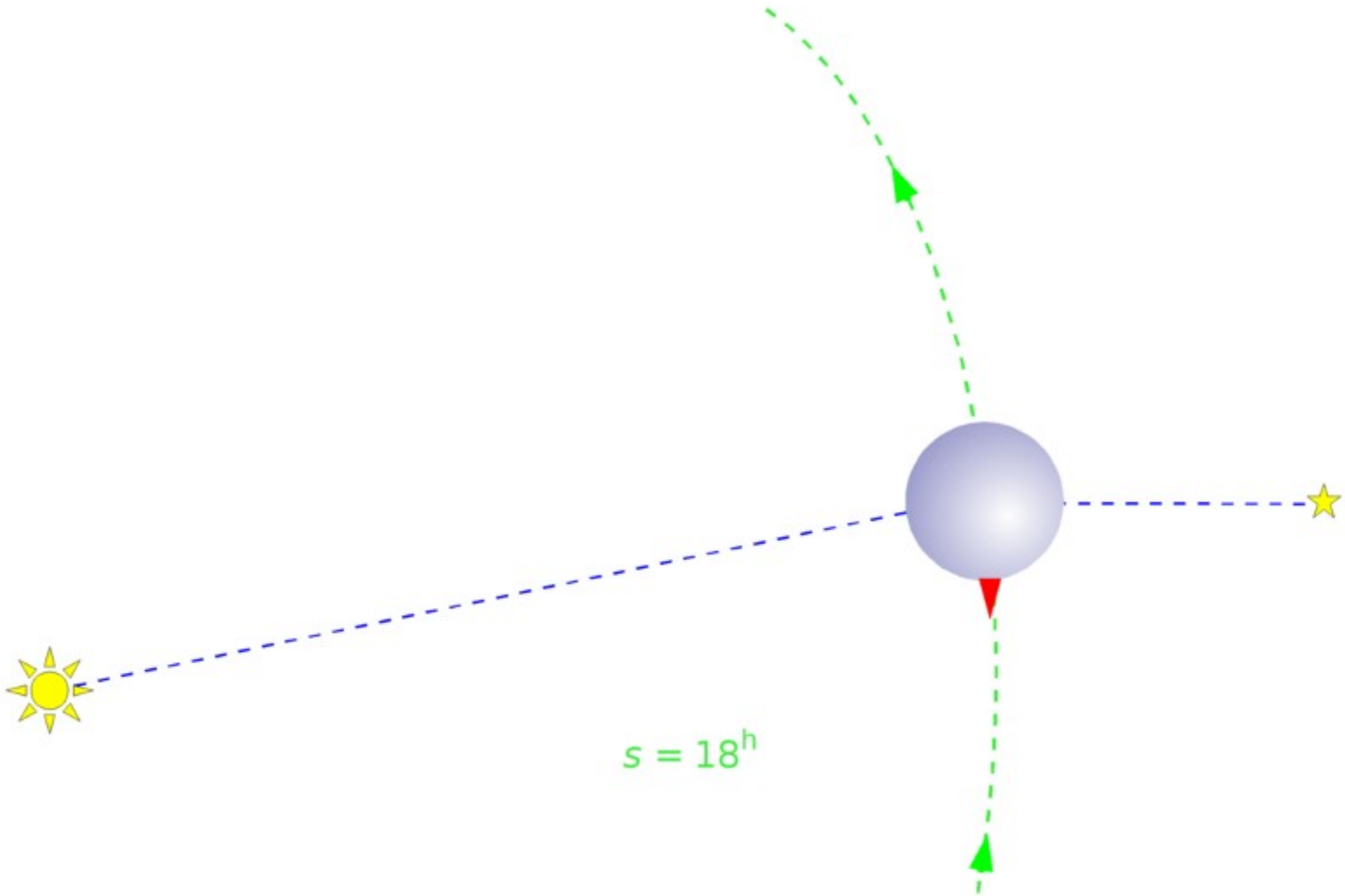
$s = 6^h$



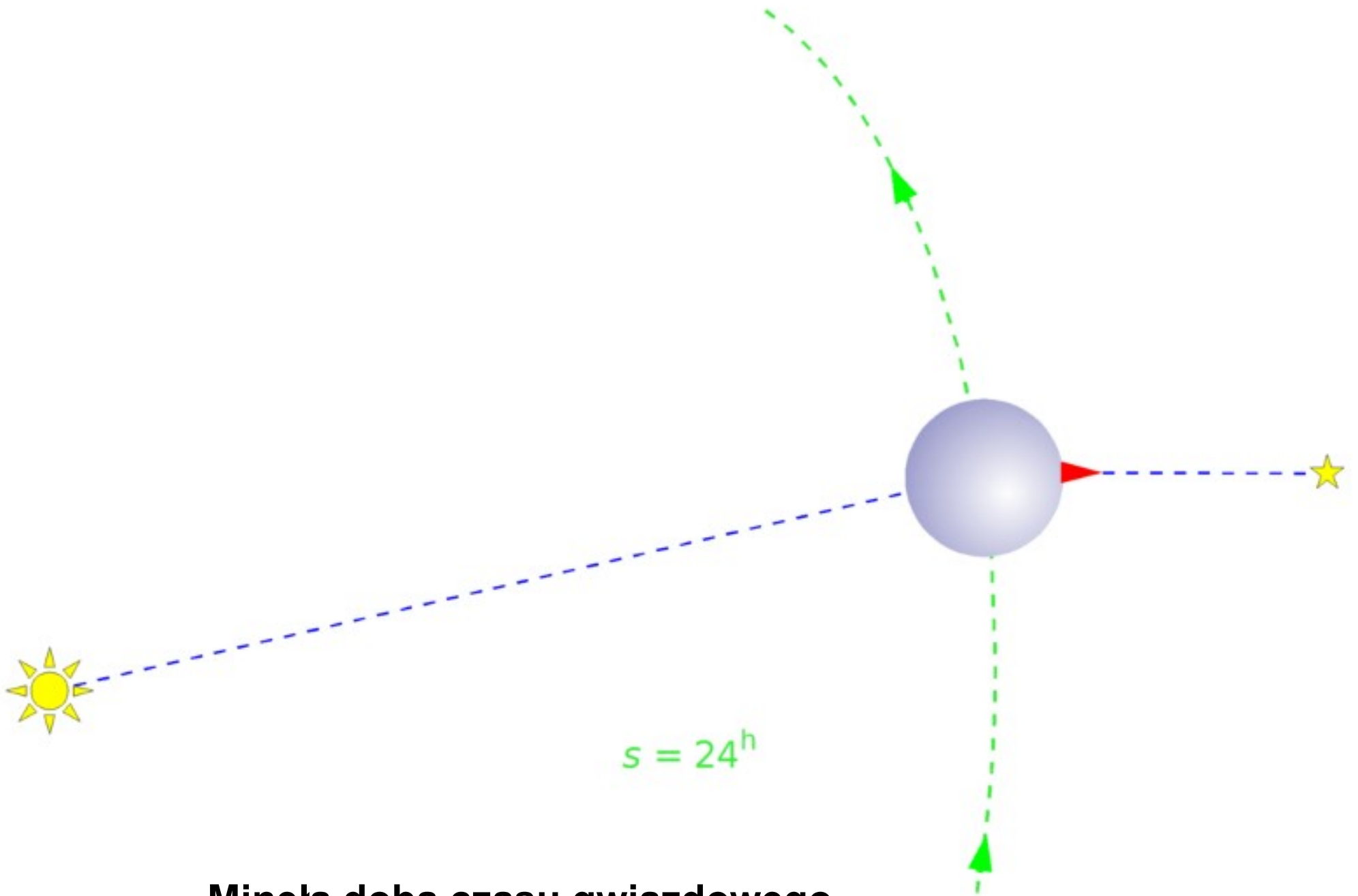




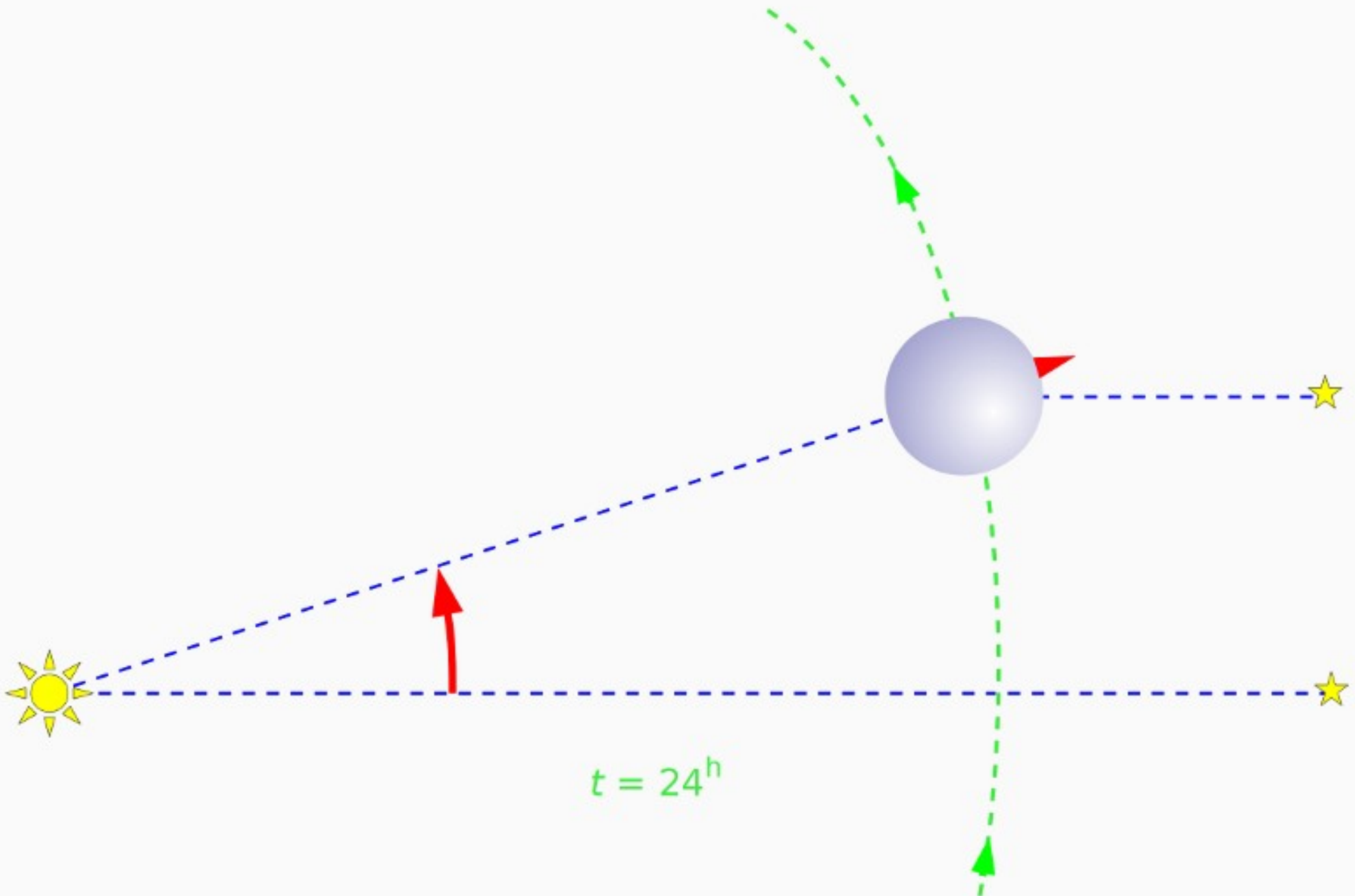
$s = 12^h$



$s = 18^h$

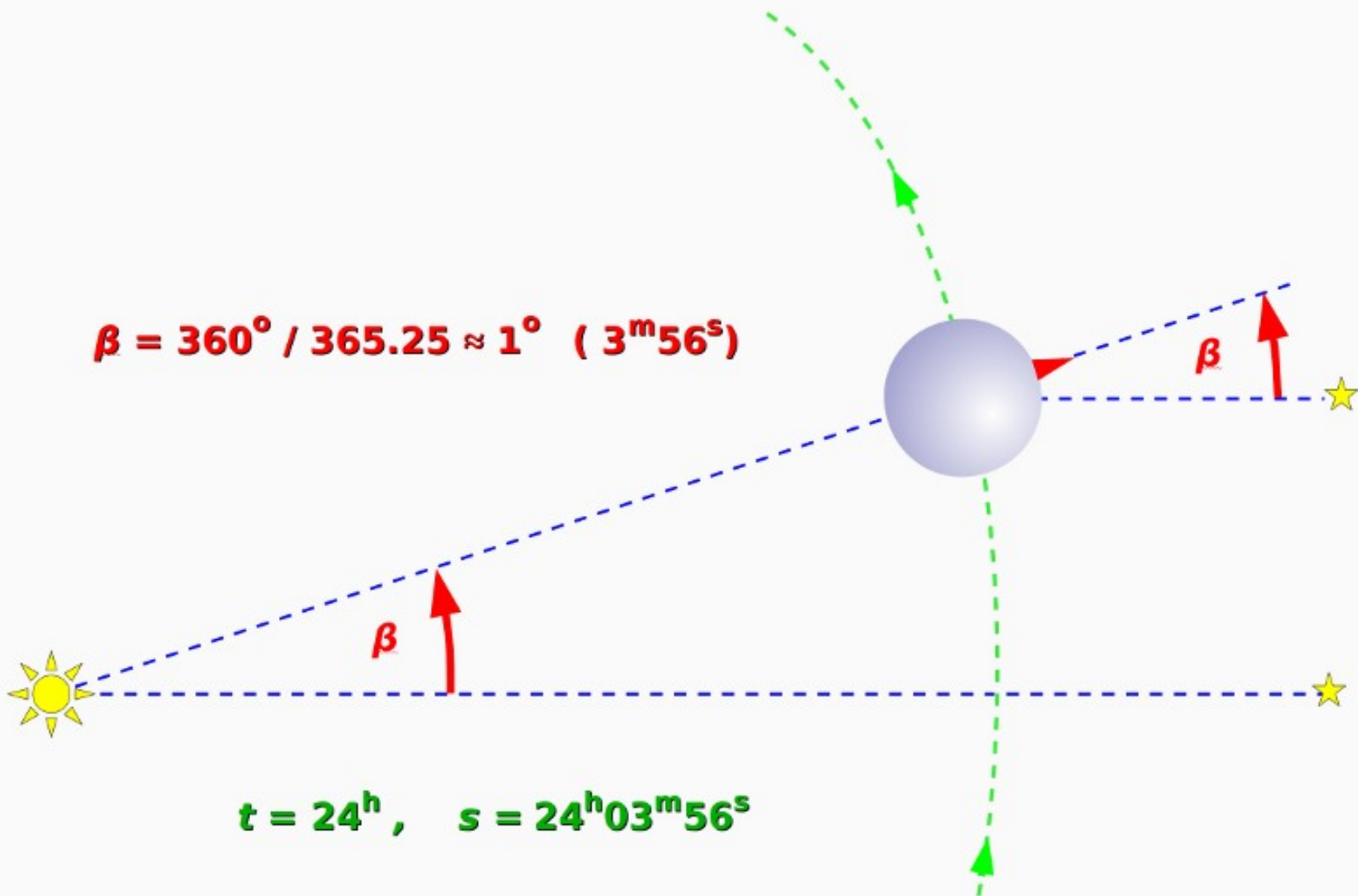


**Minęła doba czasu gwiazdowego...**



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

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

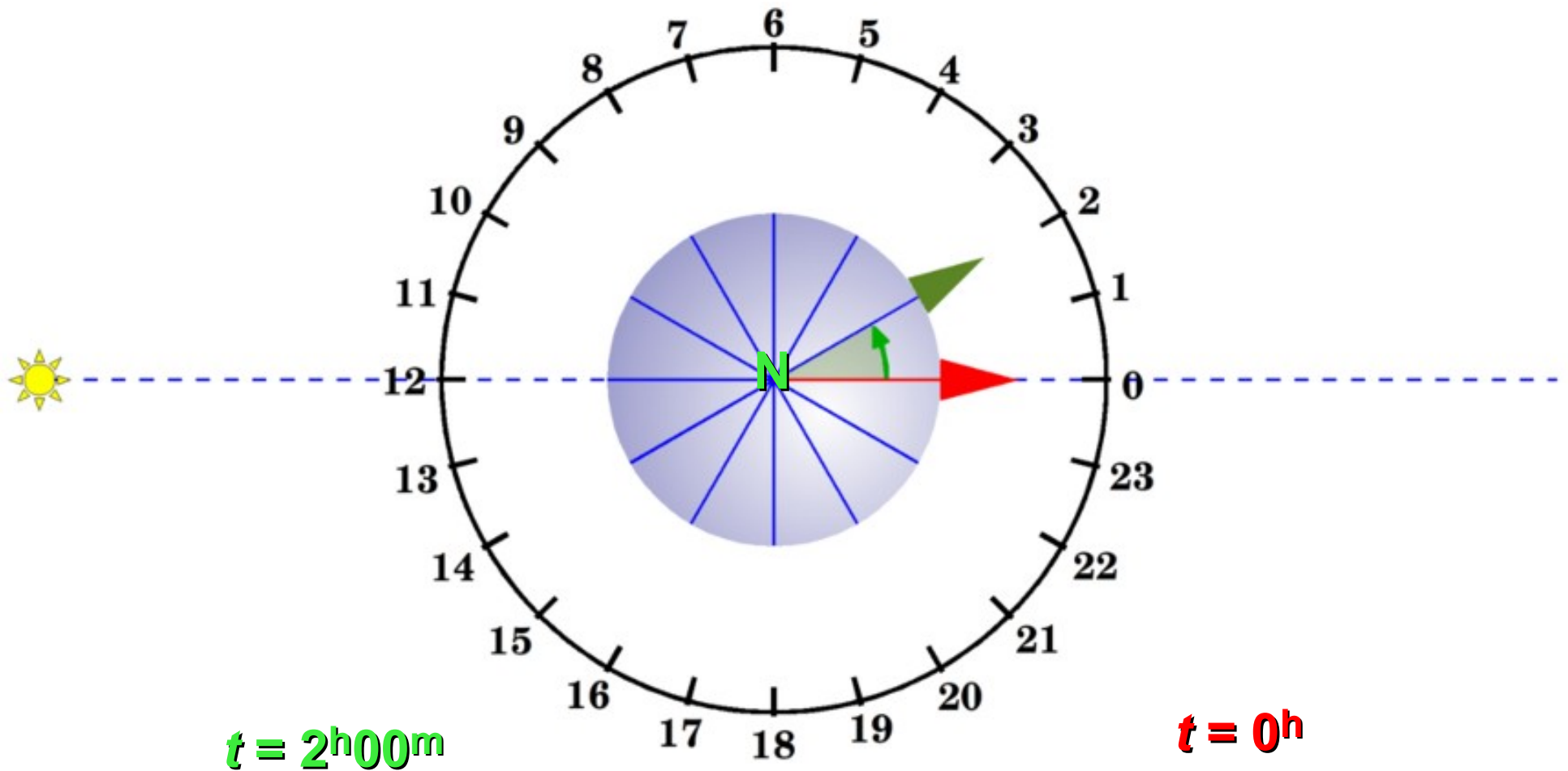


$$t = 24^h, \quad s = 24^h 03^m 56^s$$

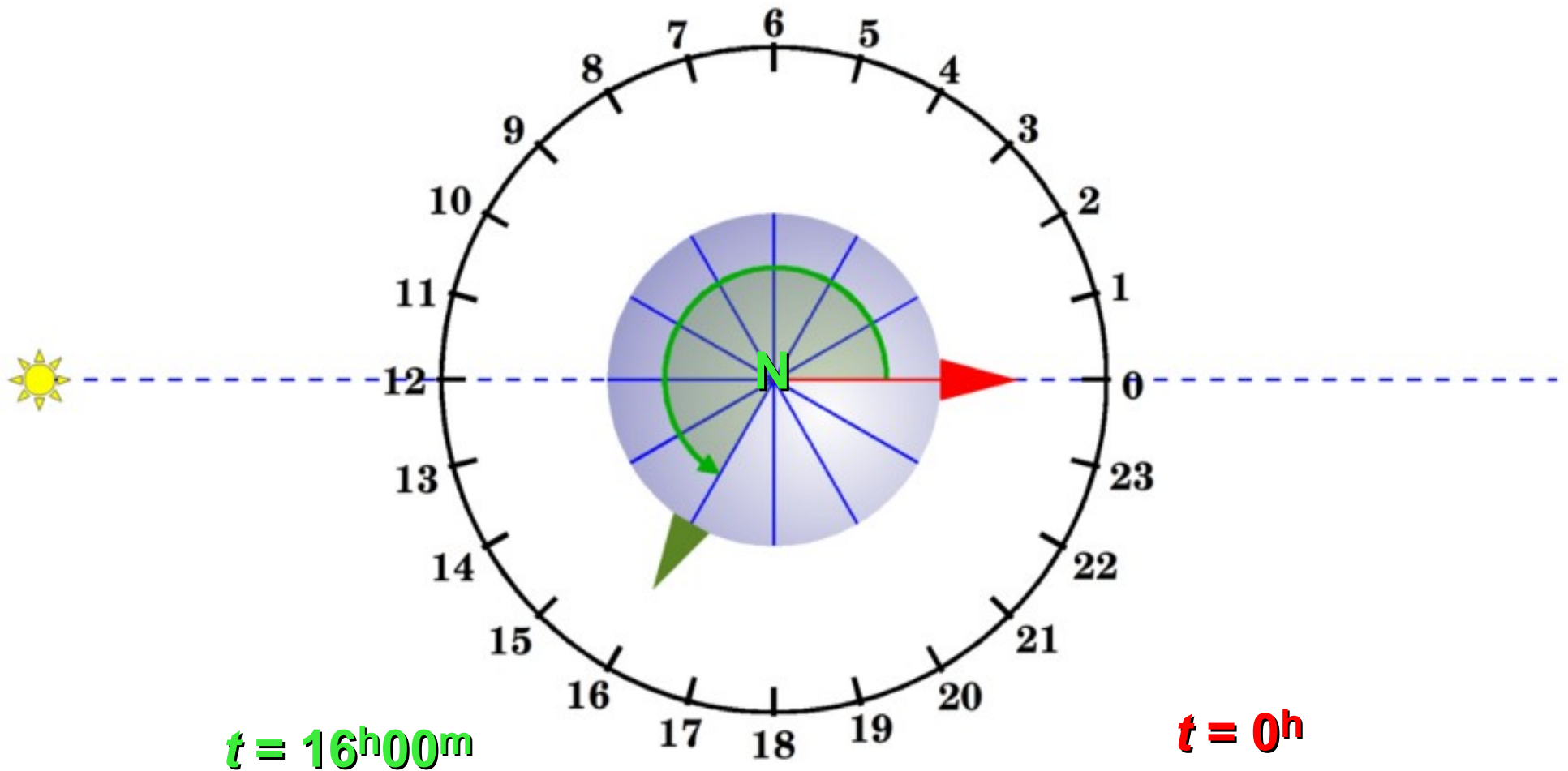
**Czas słoneczny prawdziwy  
też jest czasem miejscowym.**

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

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

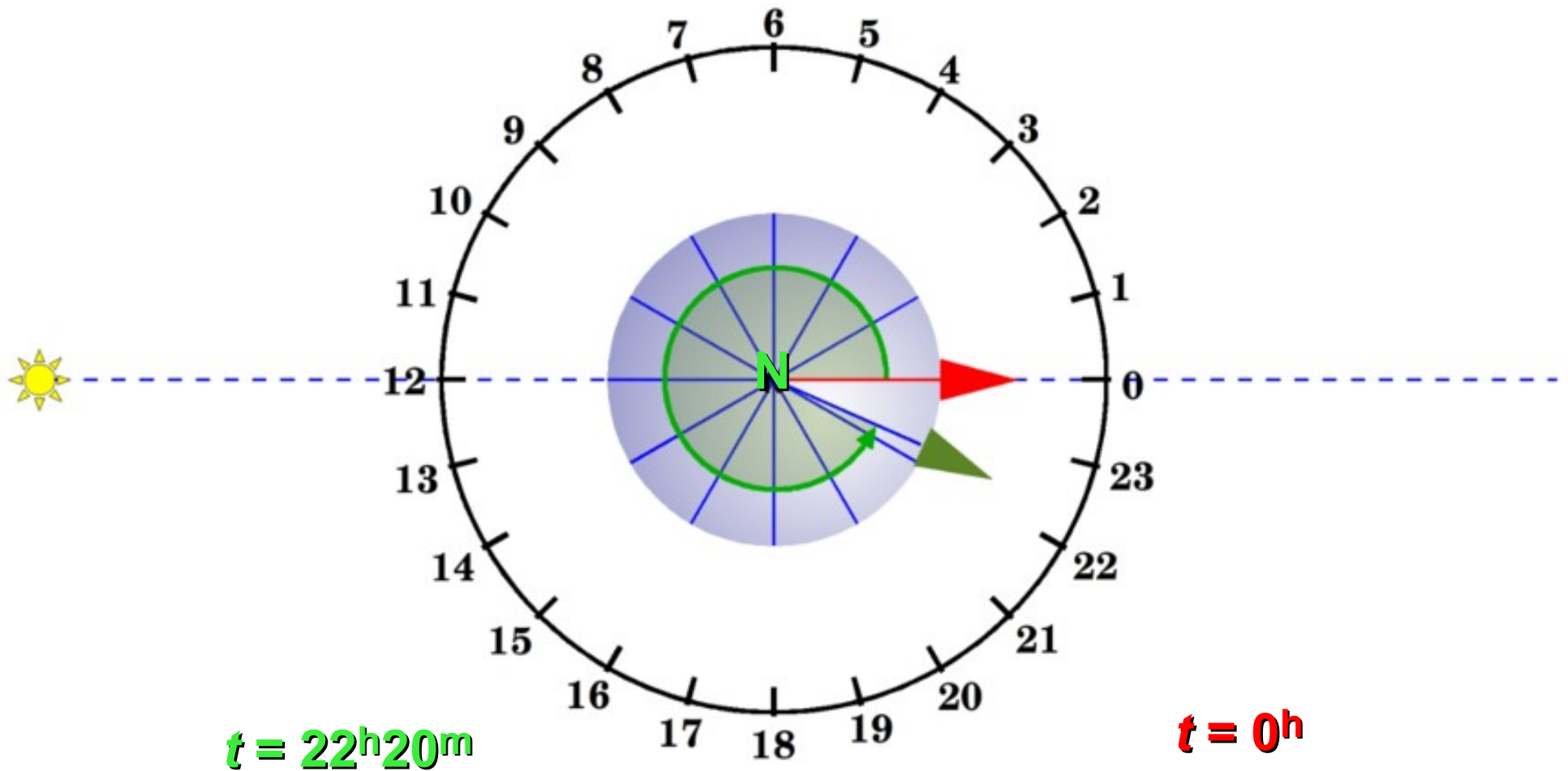


$$\lambda_E = 240^\circ = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$





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



# Czas słoneczny prawdziwy

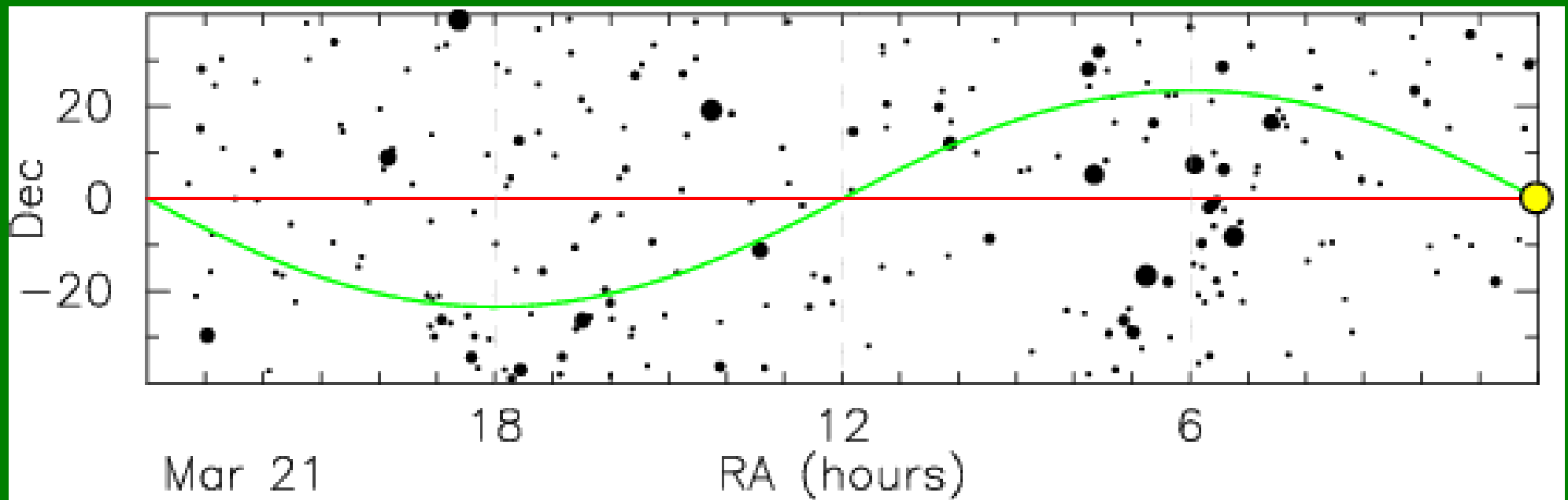


też umiemy mierzyć...

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

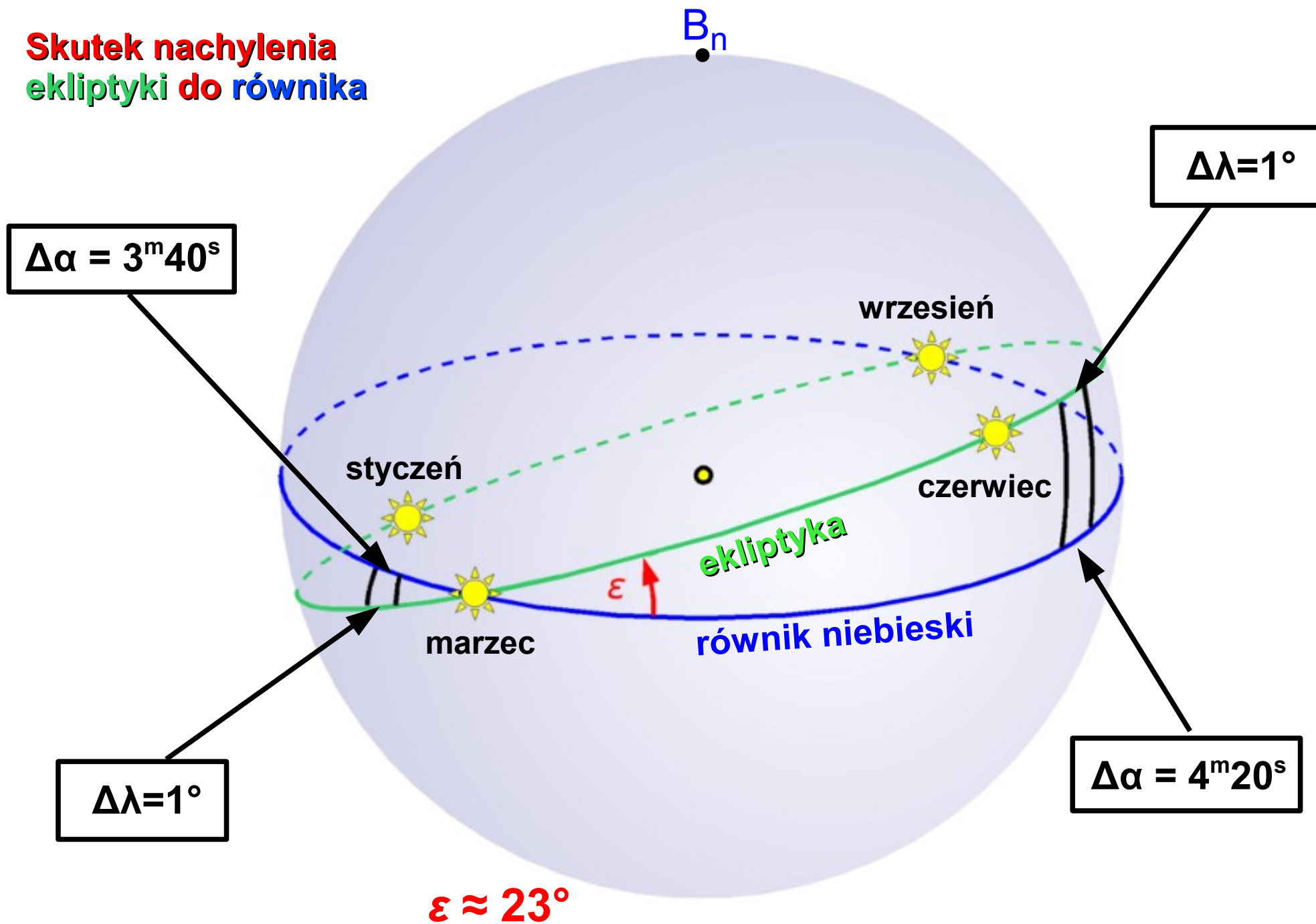
**Rektascensja Słońca rośnie  
niejednostajnie tak więc  
czas słoneczny prawdziwy jest czasem  
niejednostajnym!**

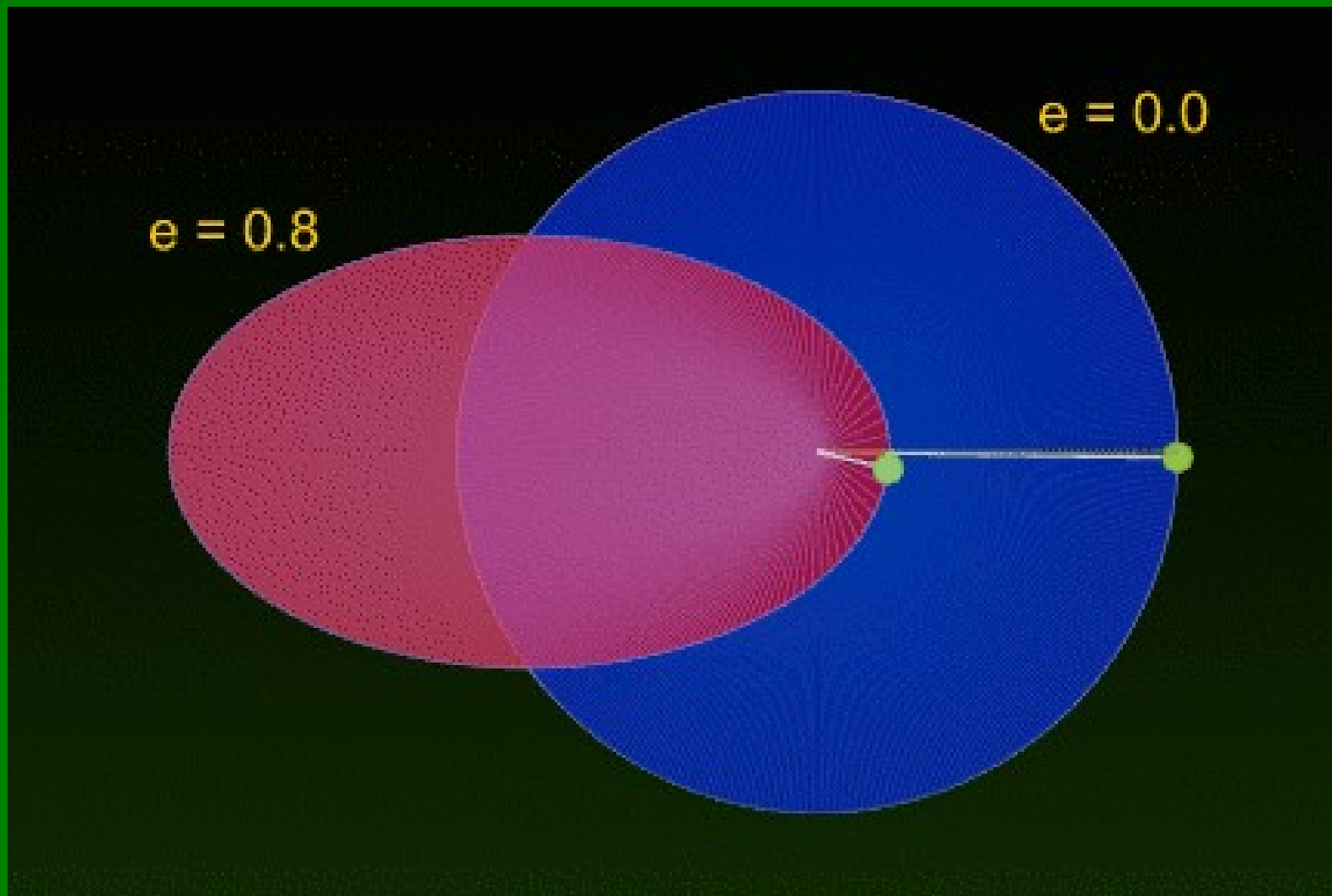
# Ruch roczny Słońca



[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**

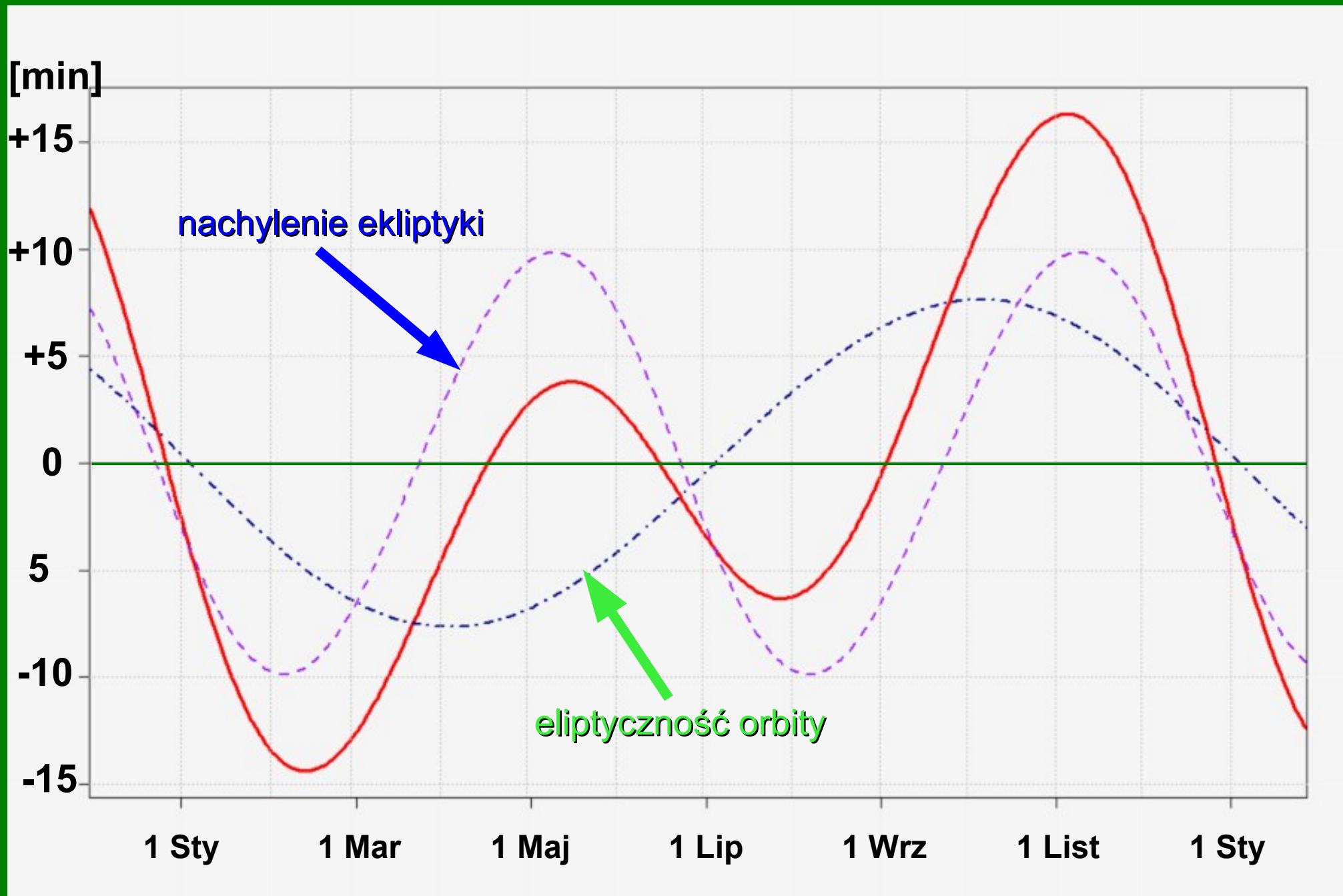




By Garry R. Osgood

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

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

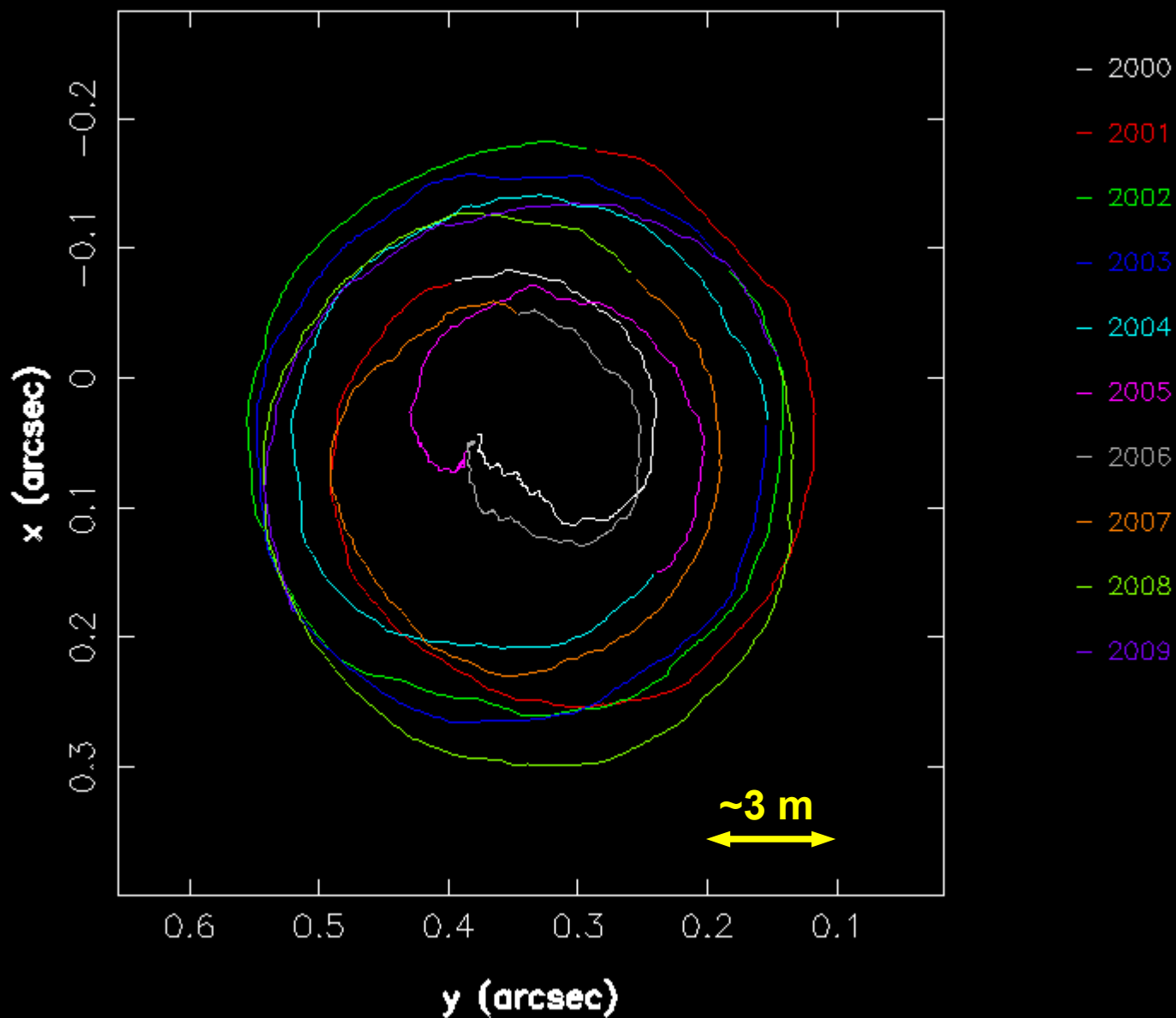


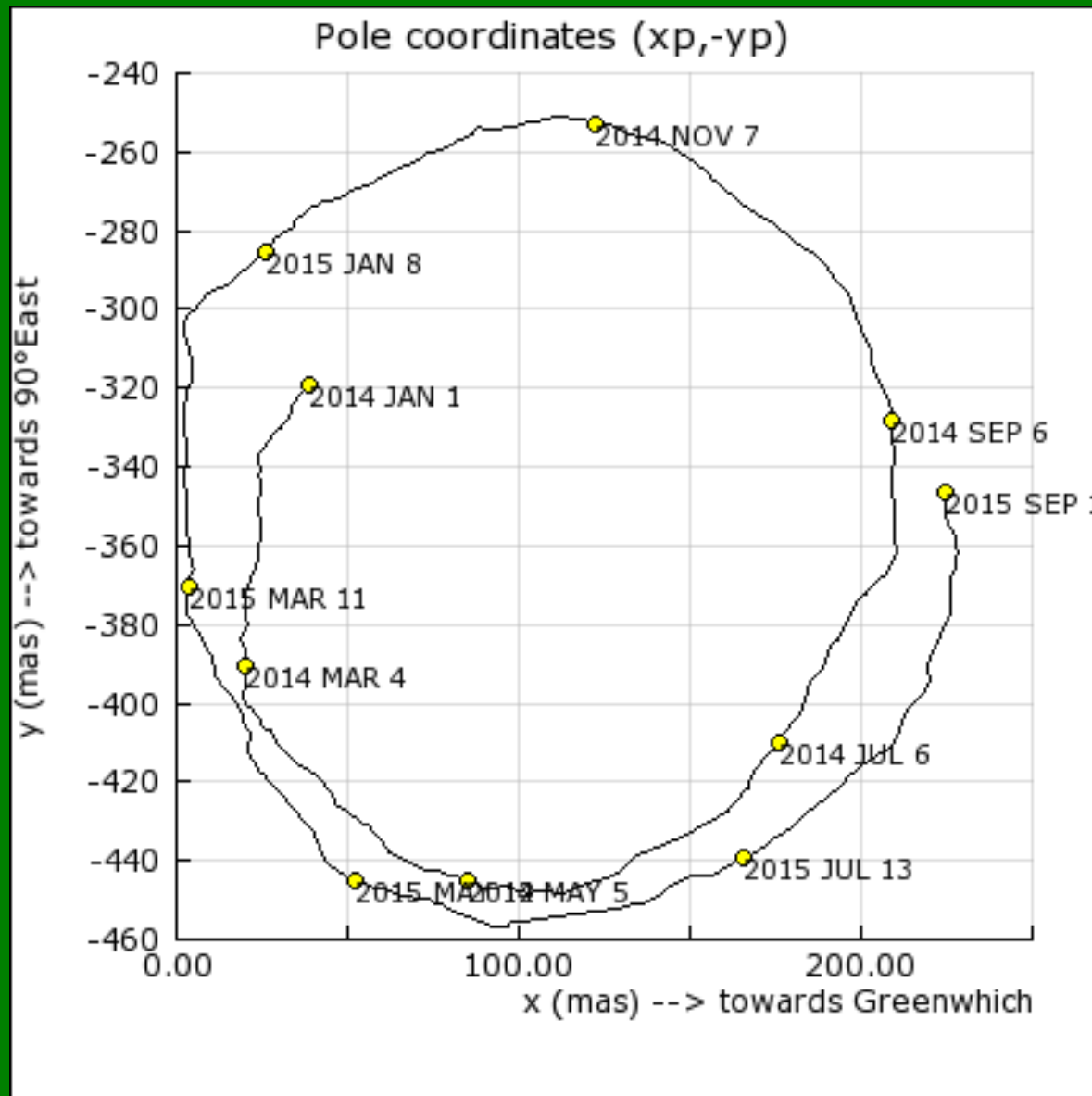
# Dalsze kłopoty – nierównomierność rotacji Ziemi

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



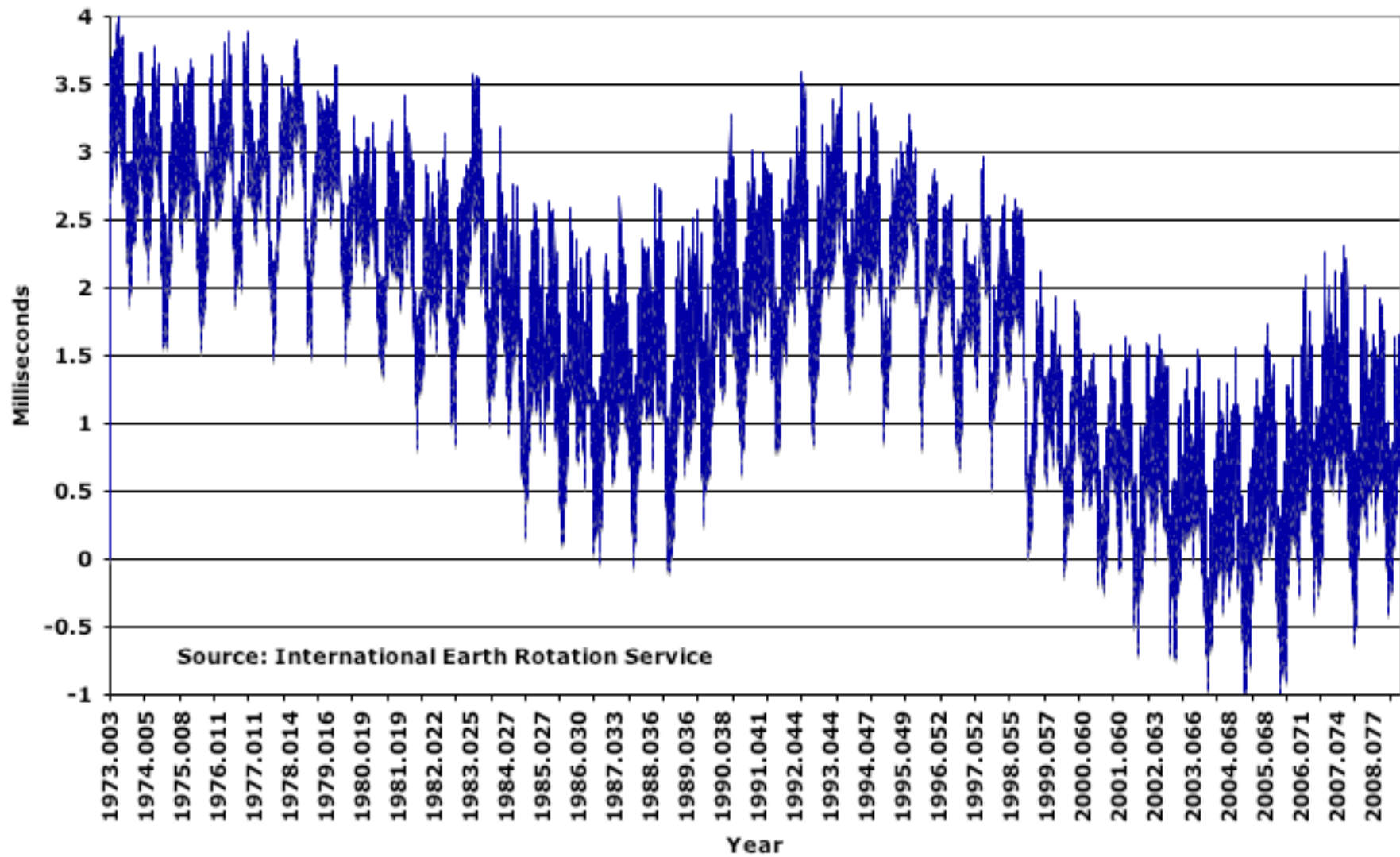
# Ruch bieguna na przestrzeni lat



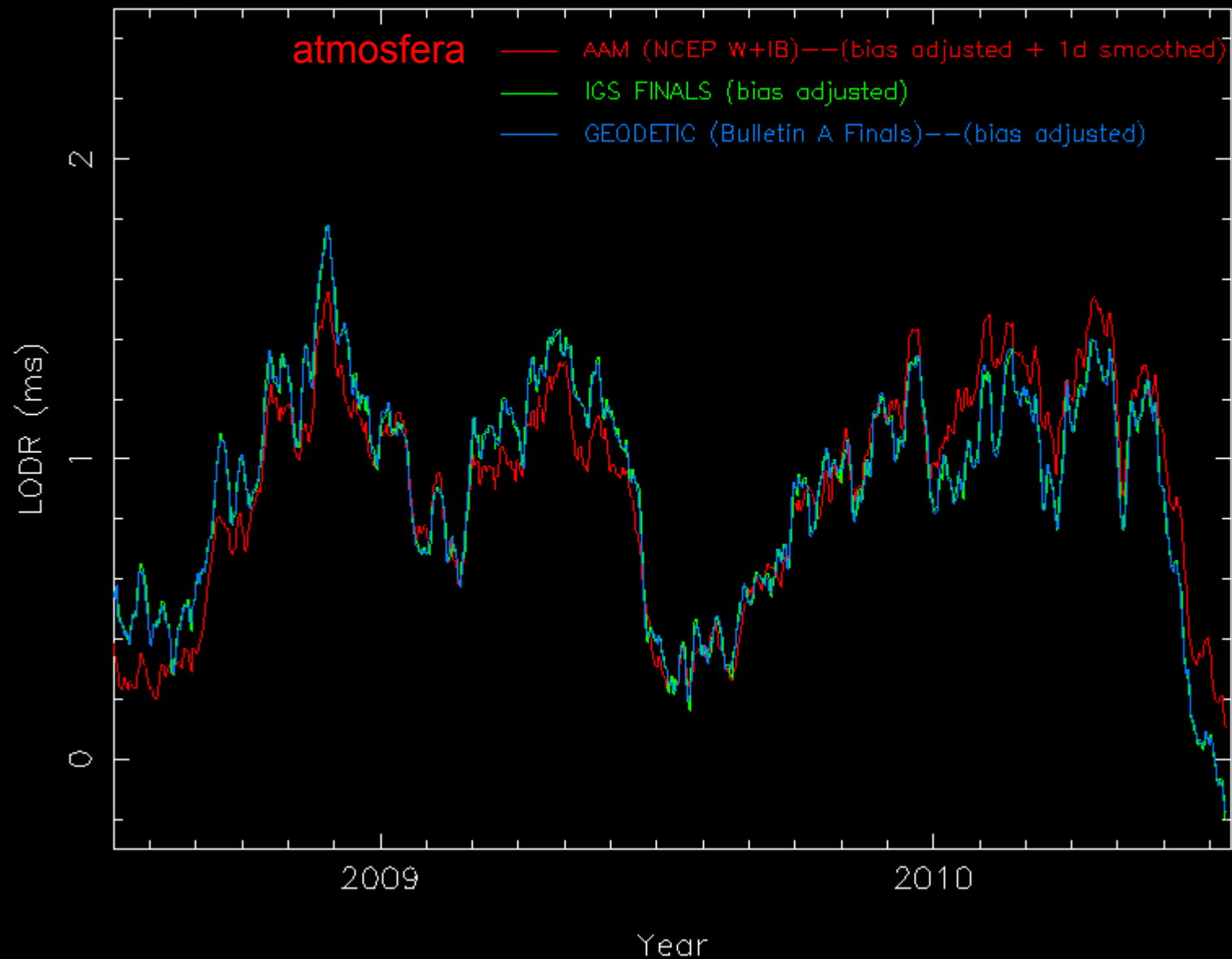


<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/images/pole.png>

## Zmiany długości ziemskiej doby na przestrzeni lat



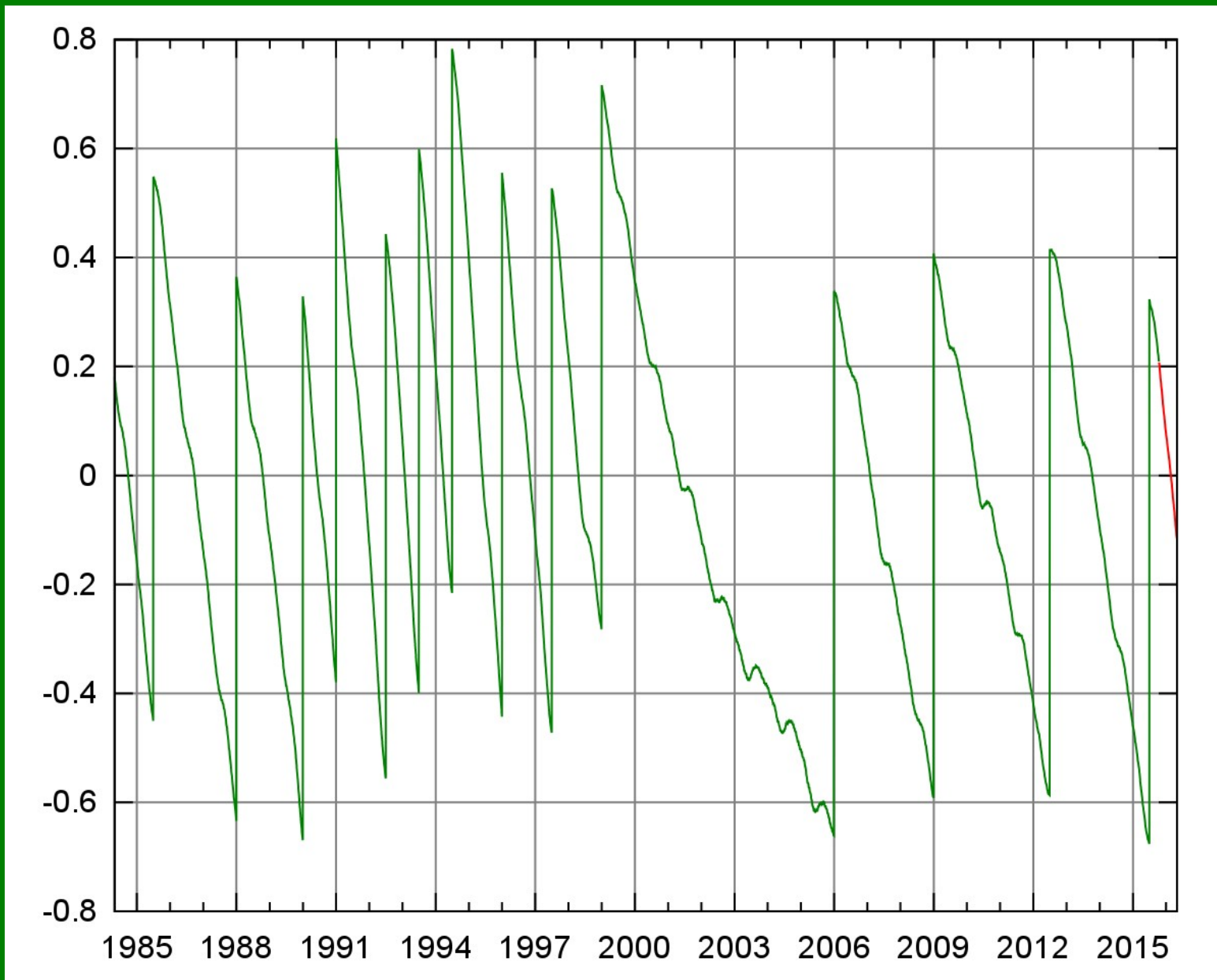
## Zmiany długości doby a pogoda



# Czas uniwersalny

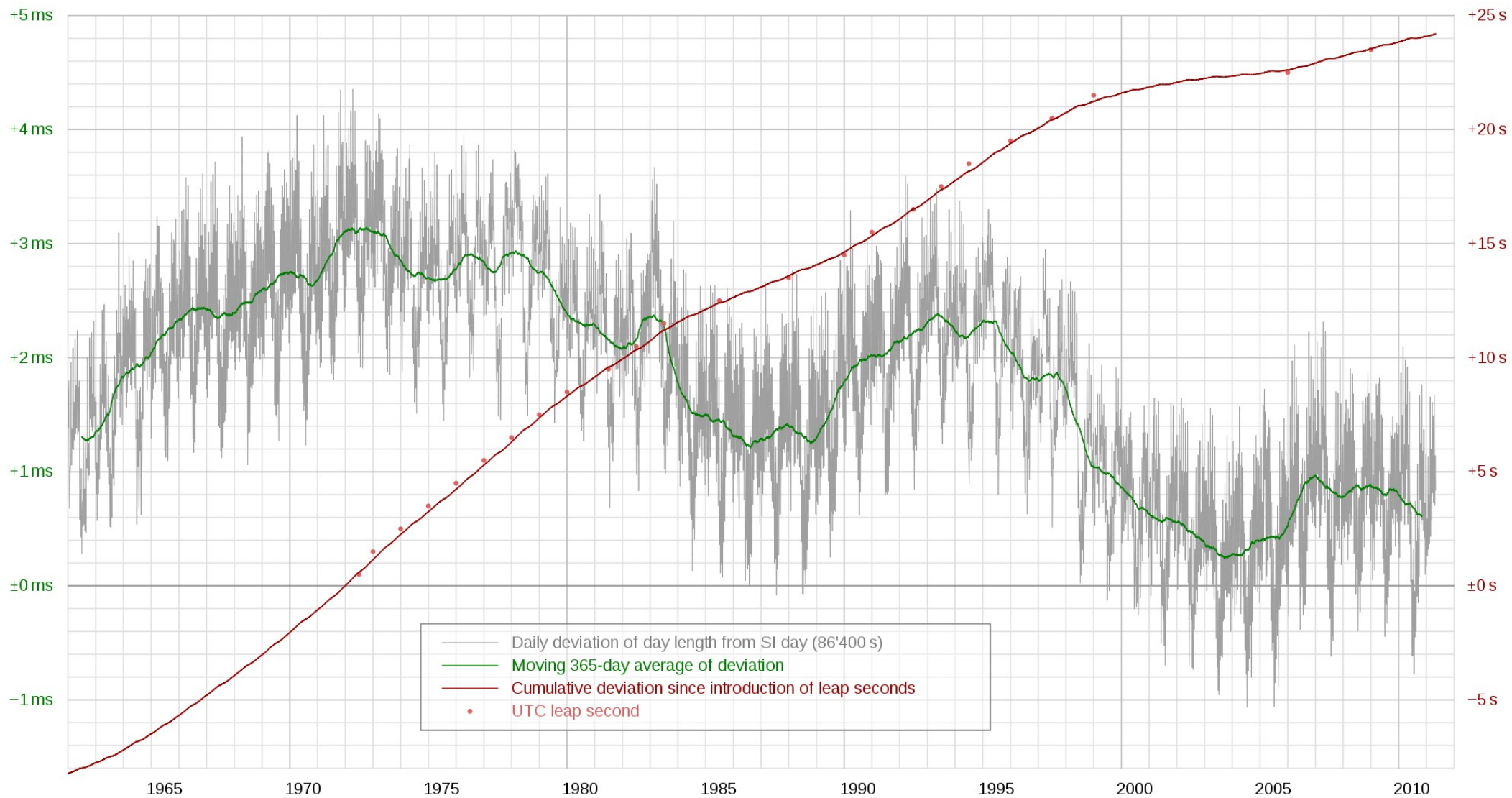
- **UT0** – czas średni (  $UT - \Delta T$  )
- **UT1** – czas UT poprawiony na ruch bieguna
- **UT1R** – czas UT1 poprawiony na nierównomierności pływowe
- **UTC** – czas uniwersalny koordynowany, podstawa – czas atomowy, różnica  $|UTC-UT1|$  nie większa niż 0.9 s

# UT1 – UTC (sekundy przestępne)



Ostatnia sekunda przestępna została wprowadzona z końcem czerwca 2015

# Zmiany długości ziemskiej doby



**Czas a długość geograficzna.**







południk zerowy



fot. Takasunrise0921

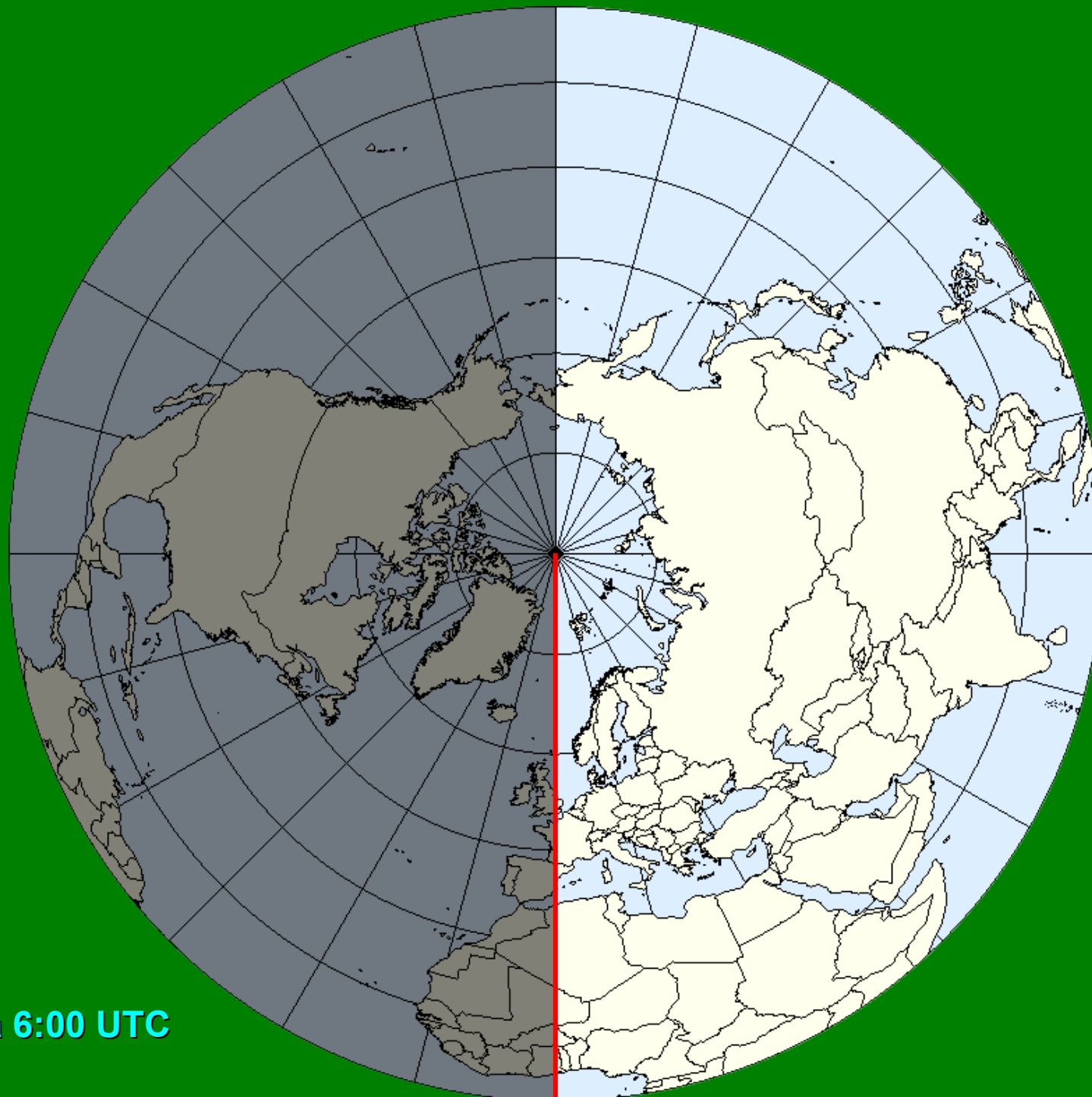


fot. Zlatko Krastev



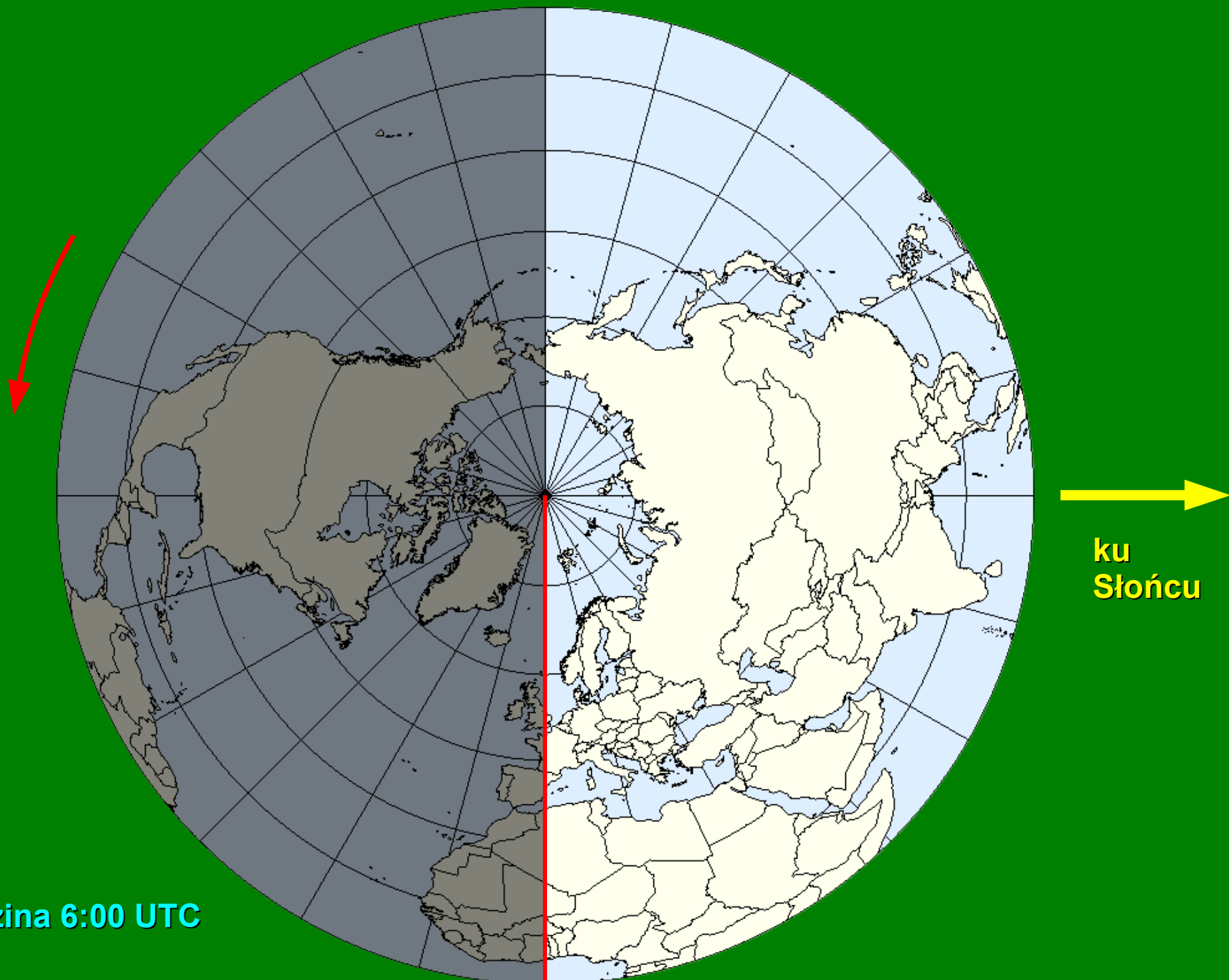


południk zerowy



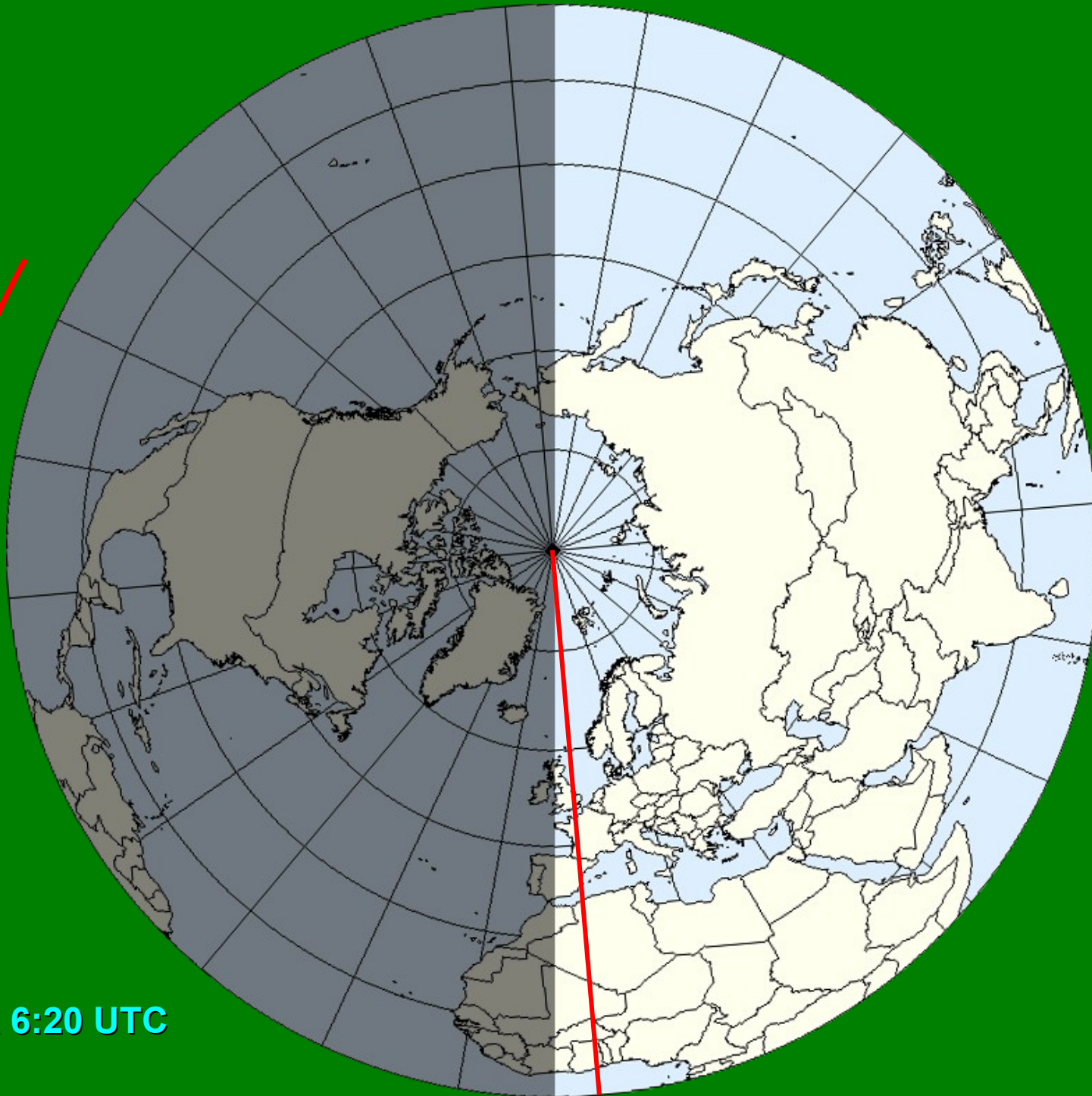
godzina 6:00 UTC

Dla uproszczenia rysunek wykonano dla dnia równonocy wiosennej lub jesiennej.



godzina 6:00 UTC

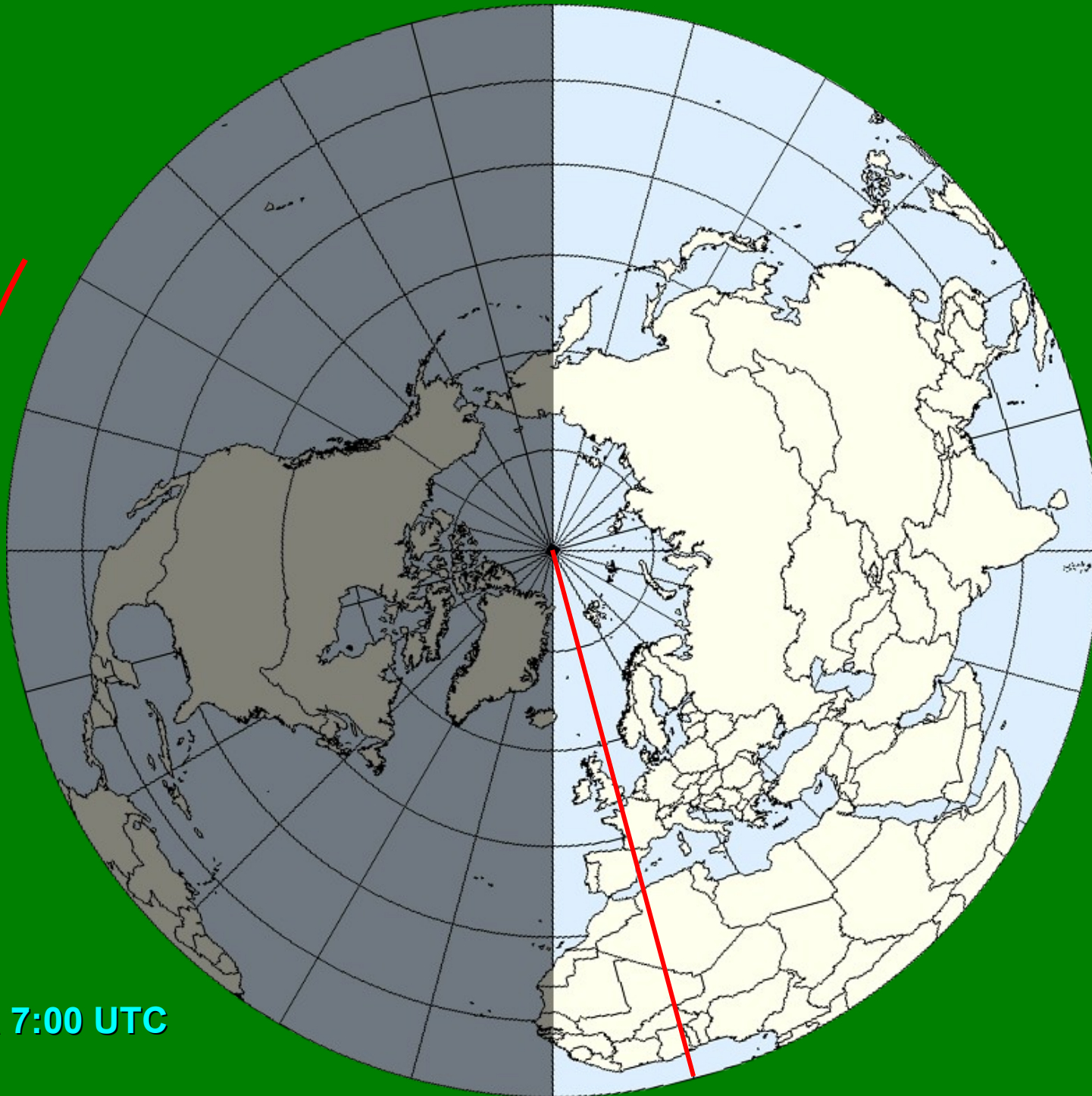
ku  
Słońcu



ku  
Słońcu

godzina 6:20 UTC

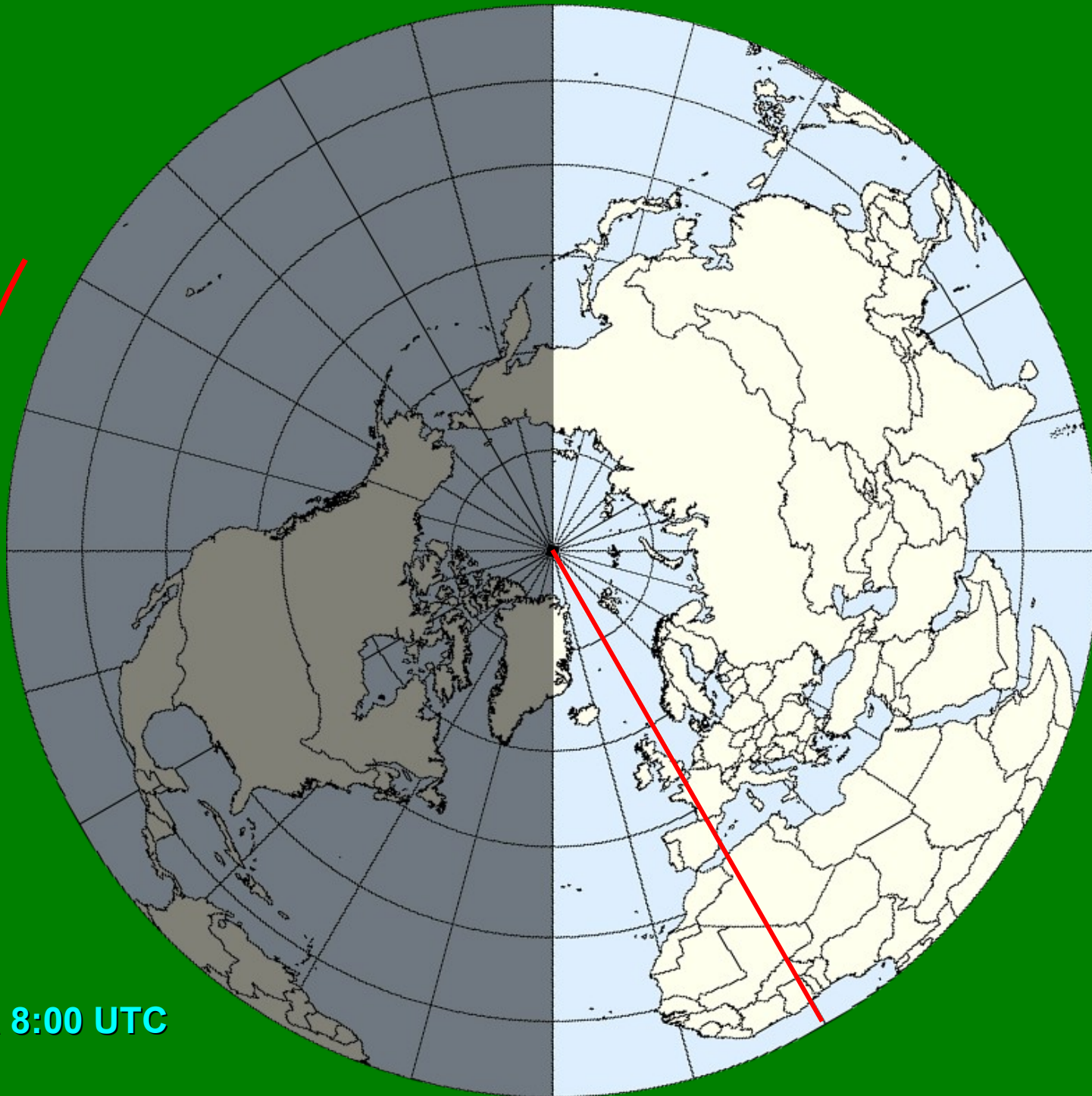




ku  
Słońcu

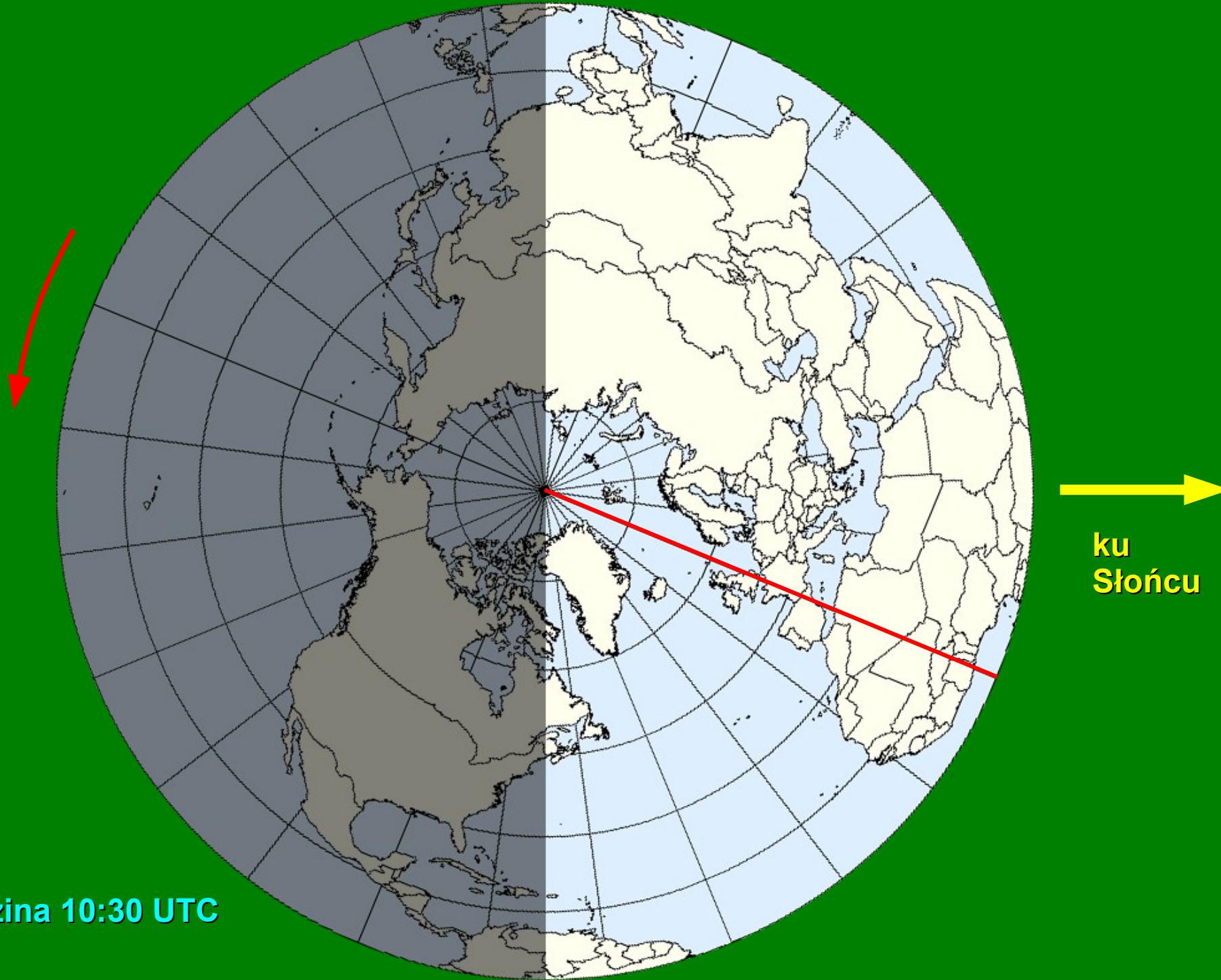
godzina 7:00 UTC





ku  
Słońcu

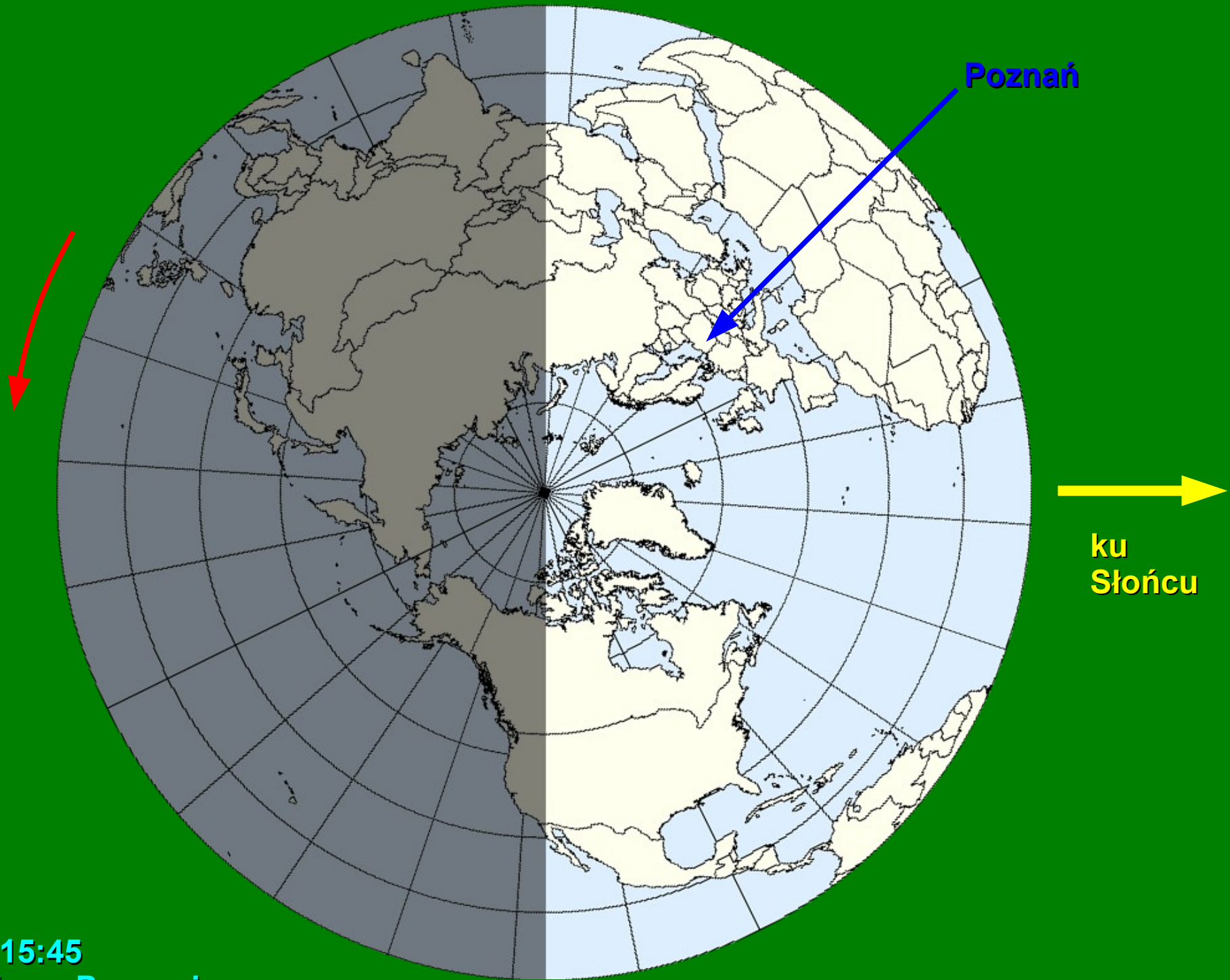
godzina 8:00 UTC



godzina 10:30 UTC

ku  
Słońcu



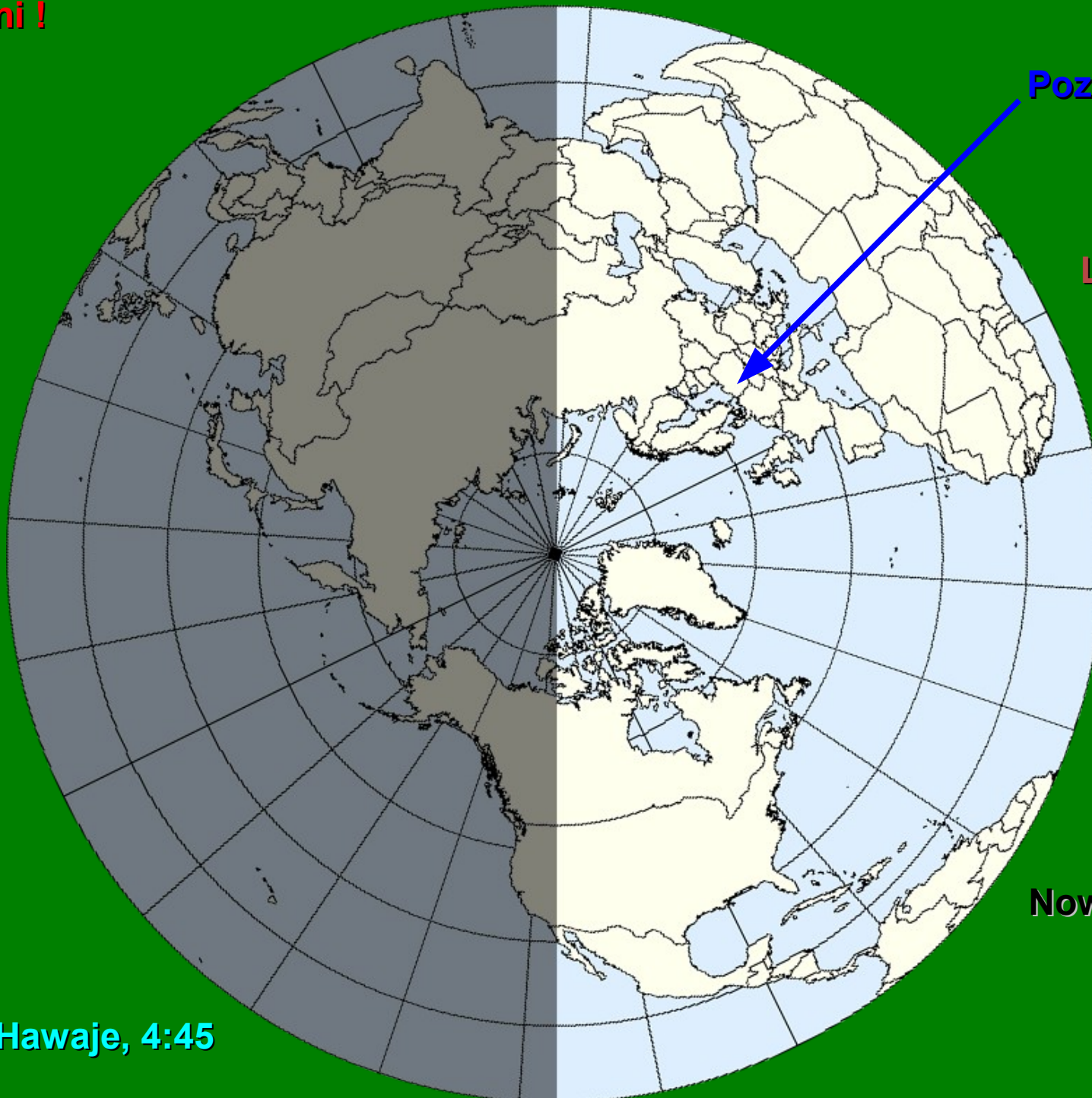


Poznań

ku  
Słońcu

Godzina 15:45  
na zegarku w Poznaniu

**czas letni !**



**Poznań, 15:45**

**Londyn, 14:45**

**Tokio, 23:45**



**ku  
Słońcu**

**Hawaje, 4:45**

**Nowy Jork, 10:45**





## 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***

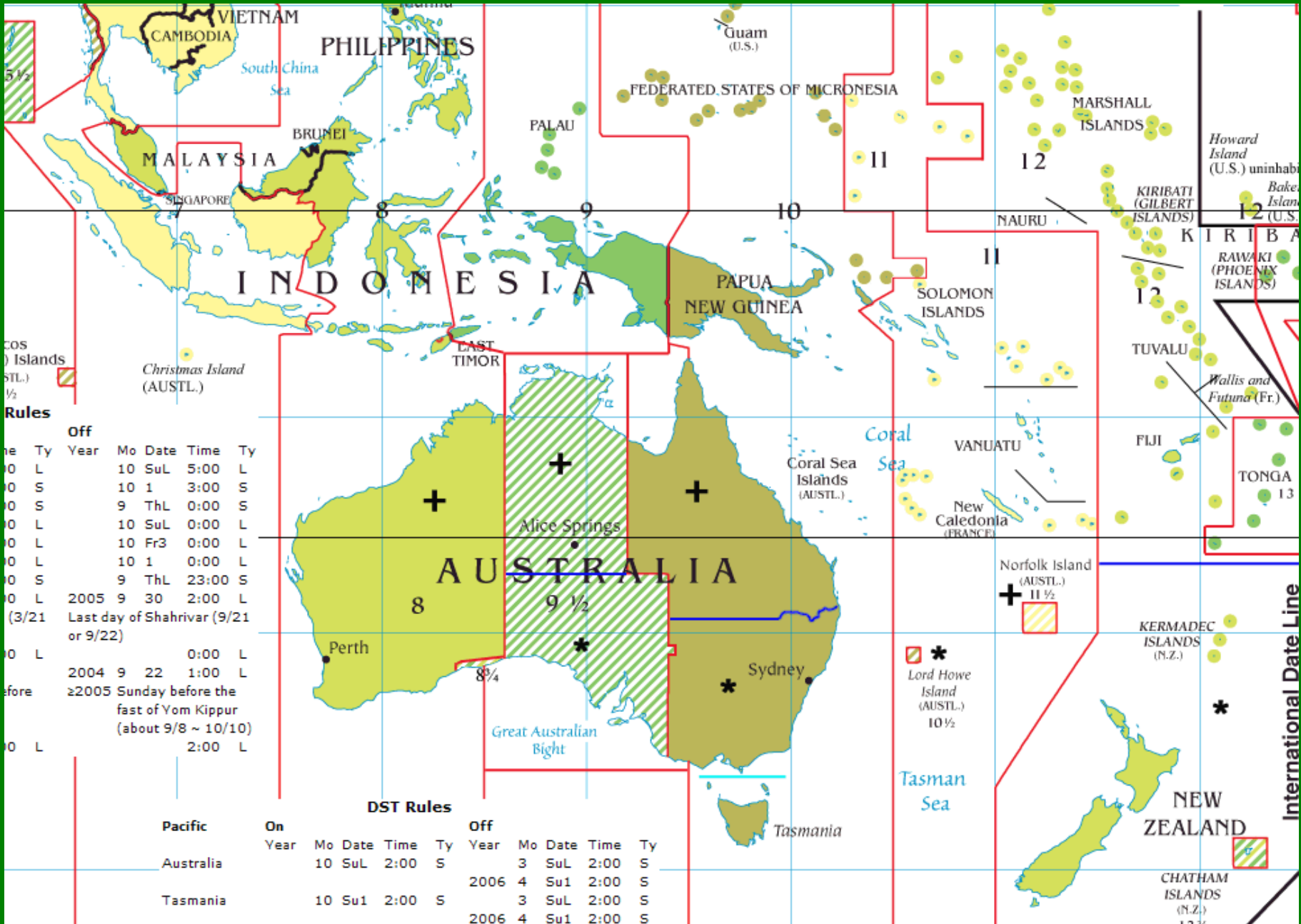
L = Local (Wall Clock Time)

S = Standard (Winter Time)

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

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





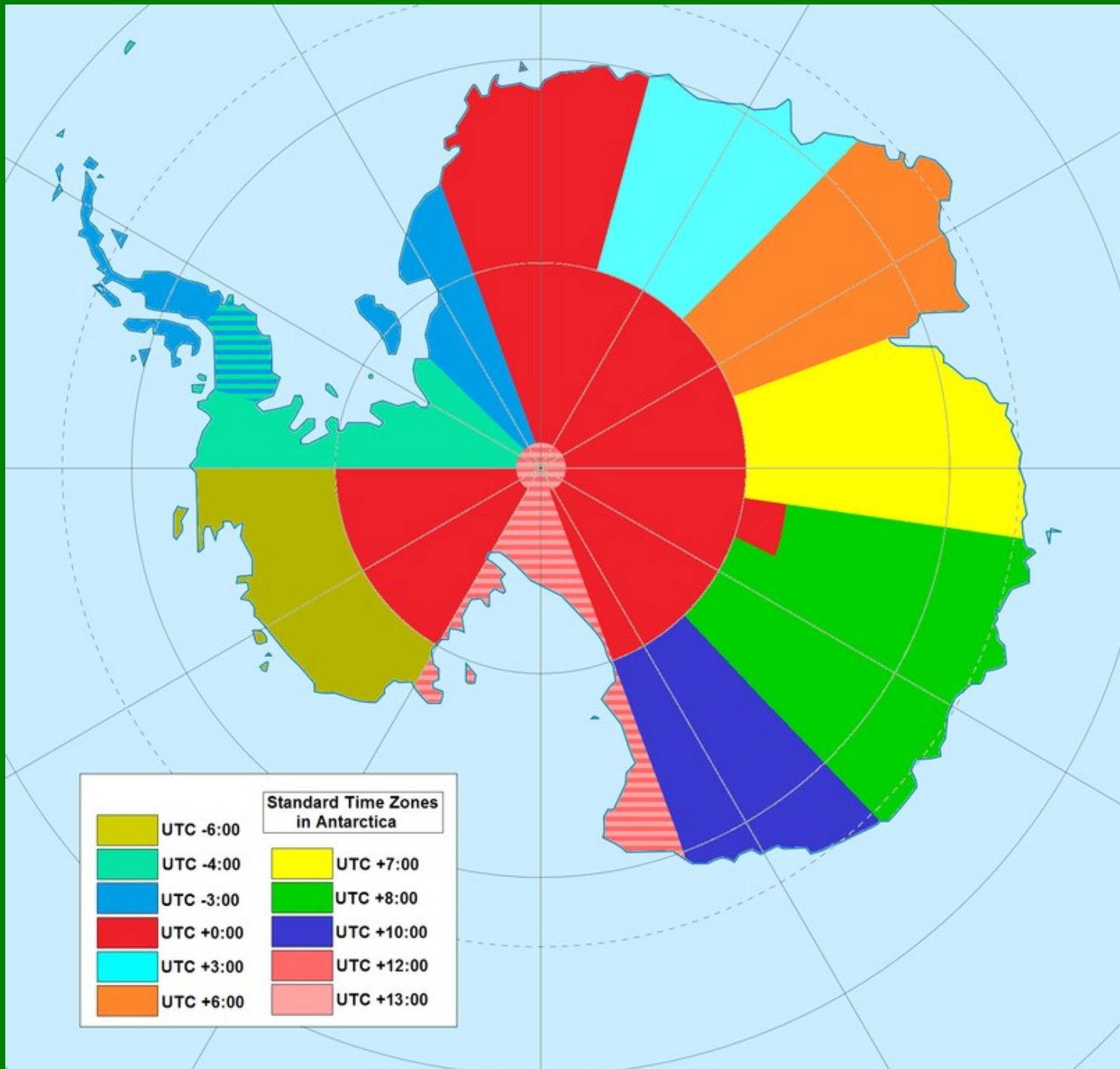
**Rules**

Off	Year	Mo	Date	Time	Ty
0 L	10	SuL	5:00	L	
0 S	10	1	3:00	S	
0 S	9	ThL	0:00	S	
0 L	10	SuL	0:00	L	
0 L	10	Fr3	0:00	L	
0 L	10	1	0:00	L	
0 S	9	ThL	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**

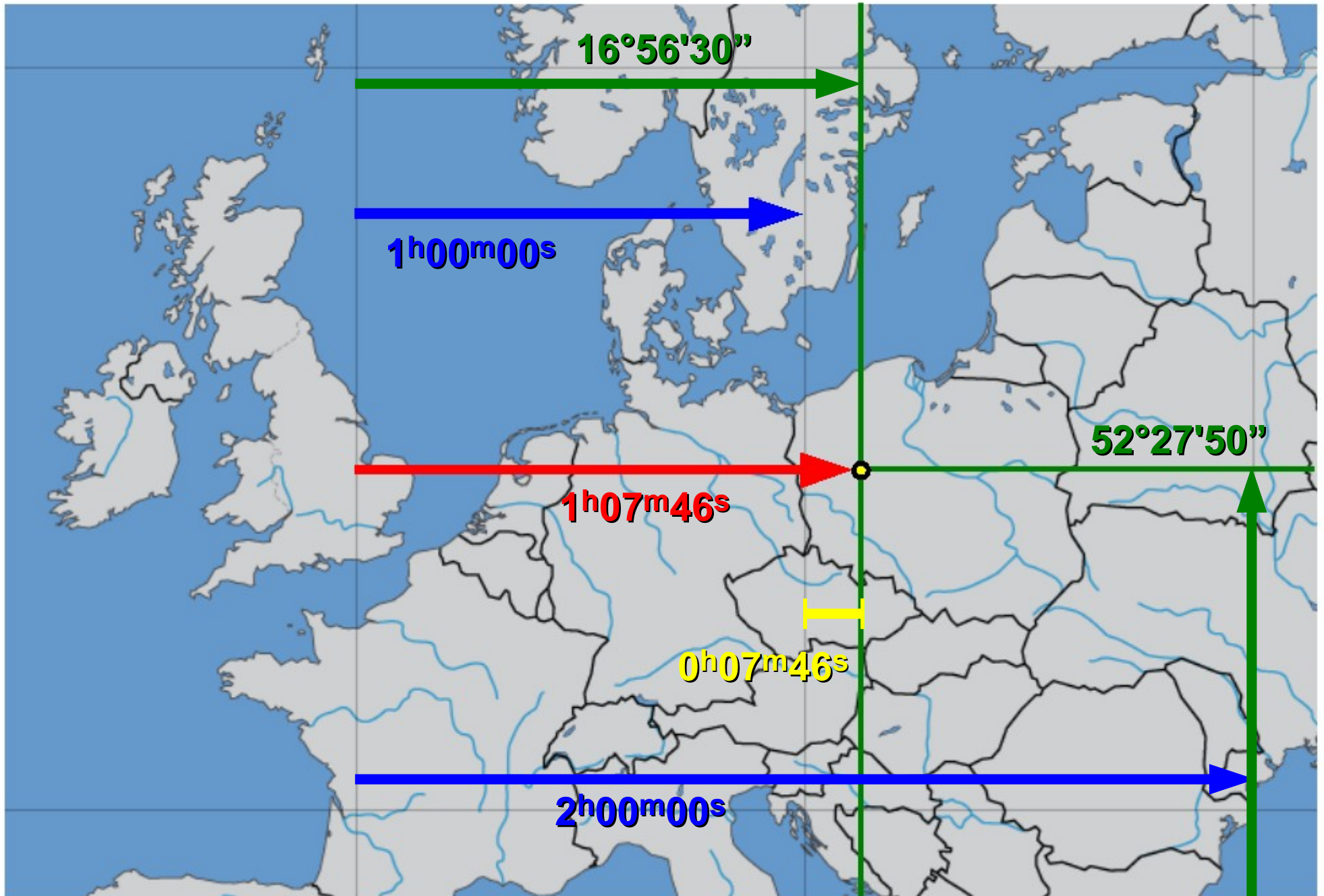
Pacific	On	Year	Mo	Date	Time	Ty	Off	Year	Mo	Date	Time	Ty
Australia		10	SuL	2:00	S		3	SuL	2:00	S		
Tasmania		10	Su1	2:00	S		2006	4	Su1	2:00	S	
							2006	3	SuL	2:00	S	
							2006	4	Su1	2:00	S	





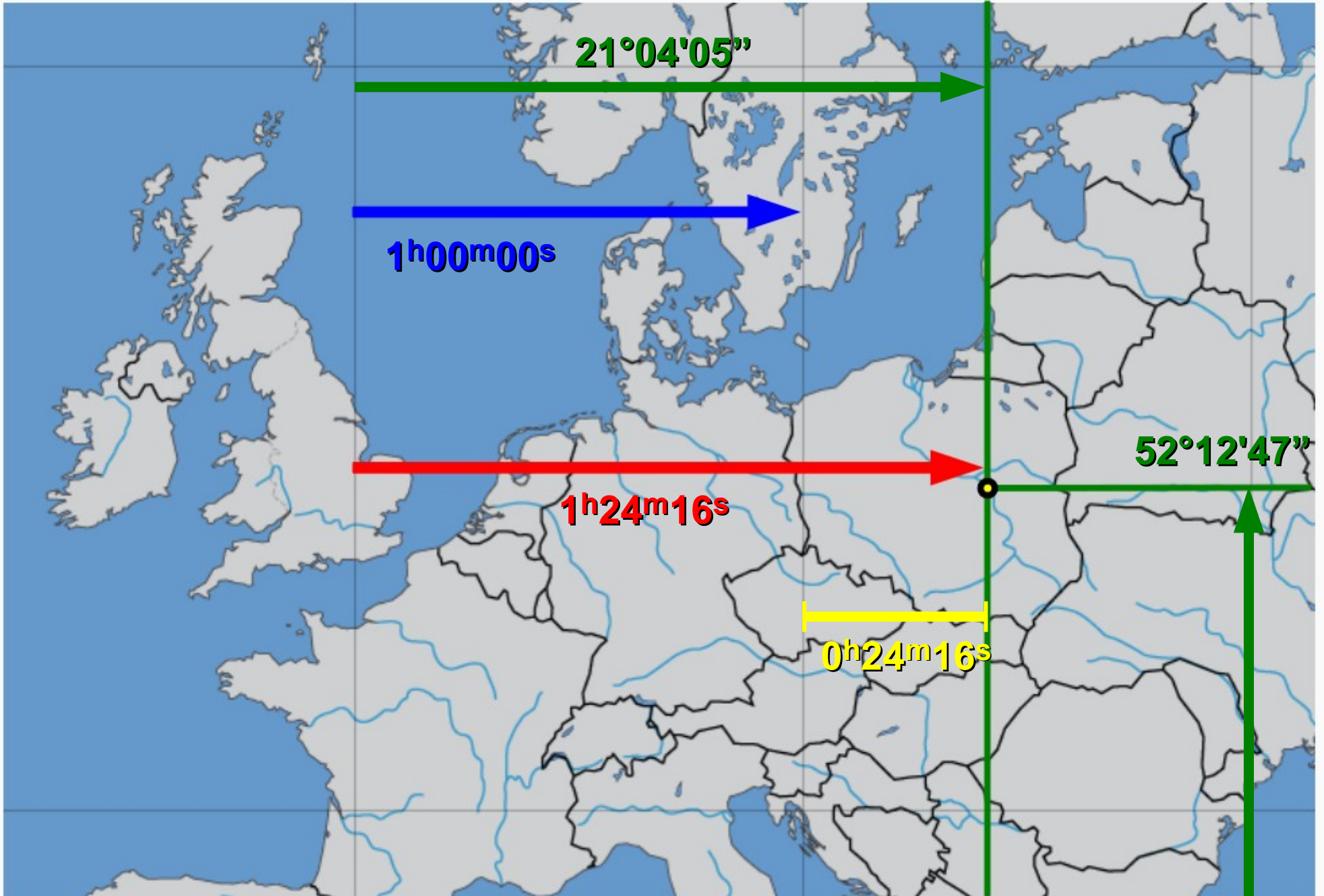
# Czas letni i zimowy

- 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) - odbędzie 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).



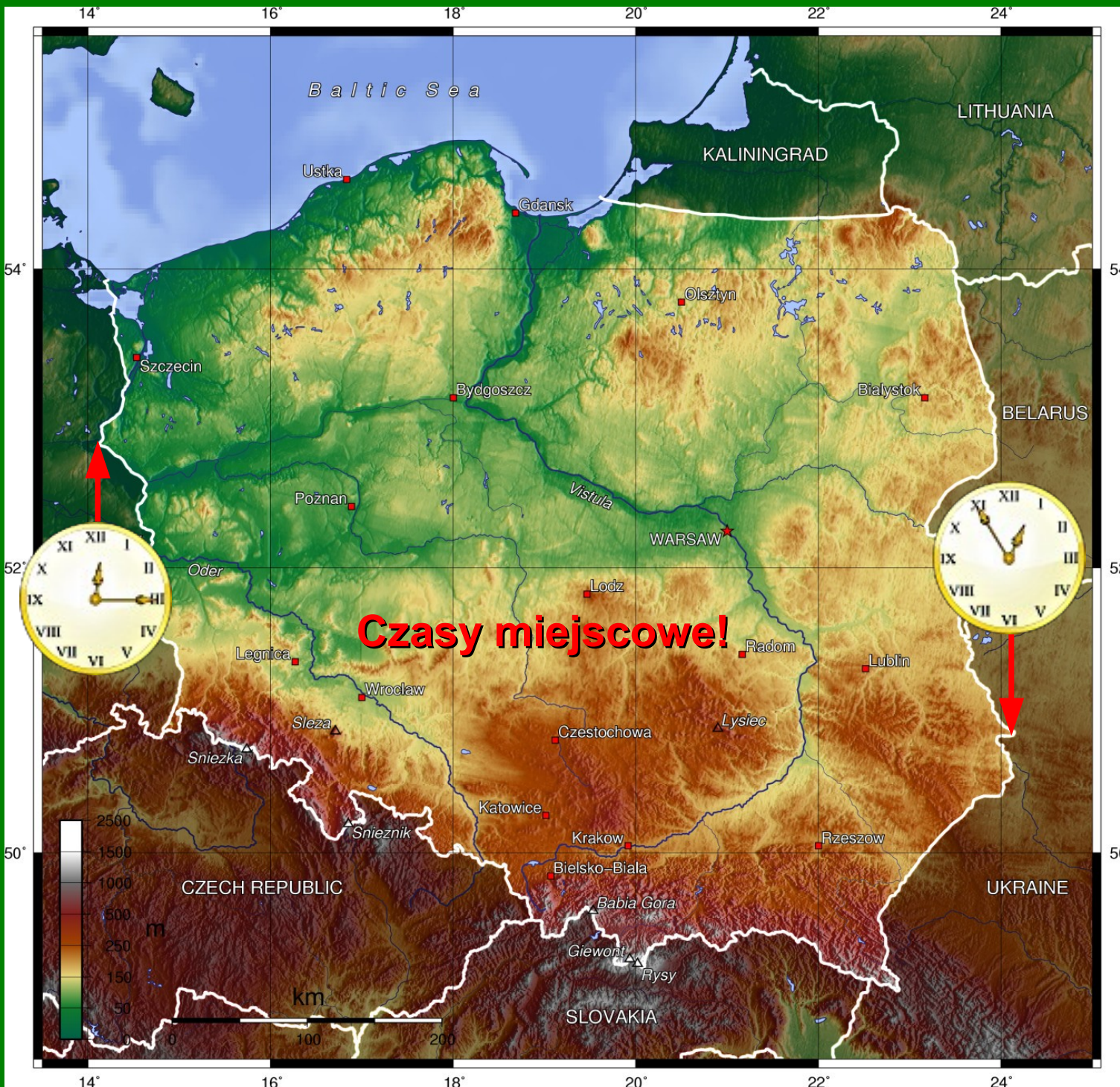
Wydział geografii na UAM w Poznaniu



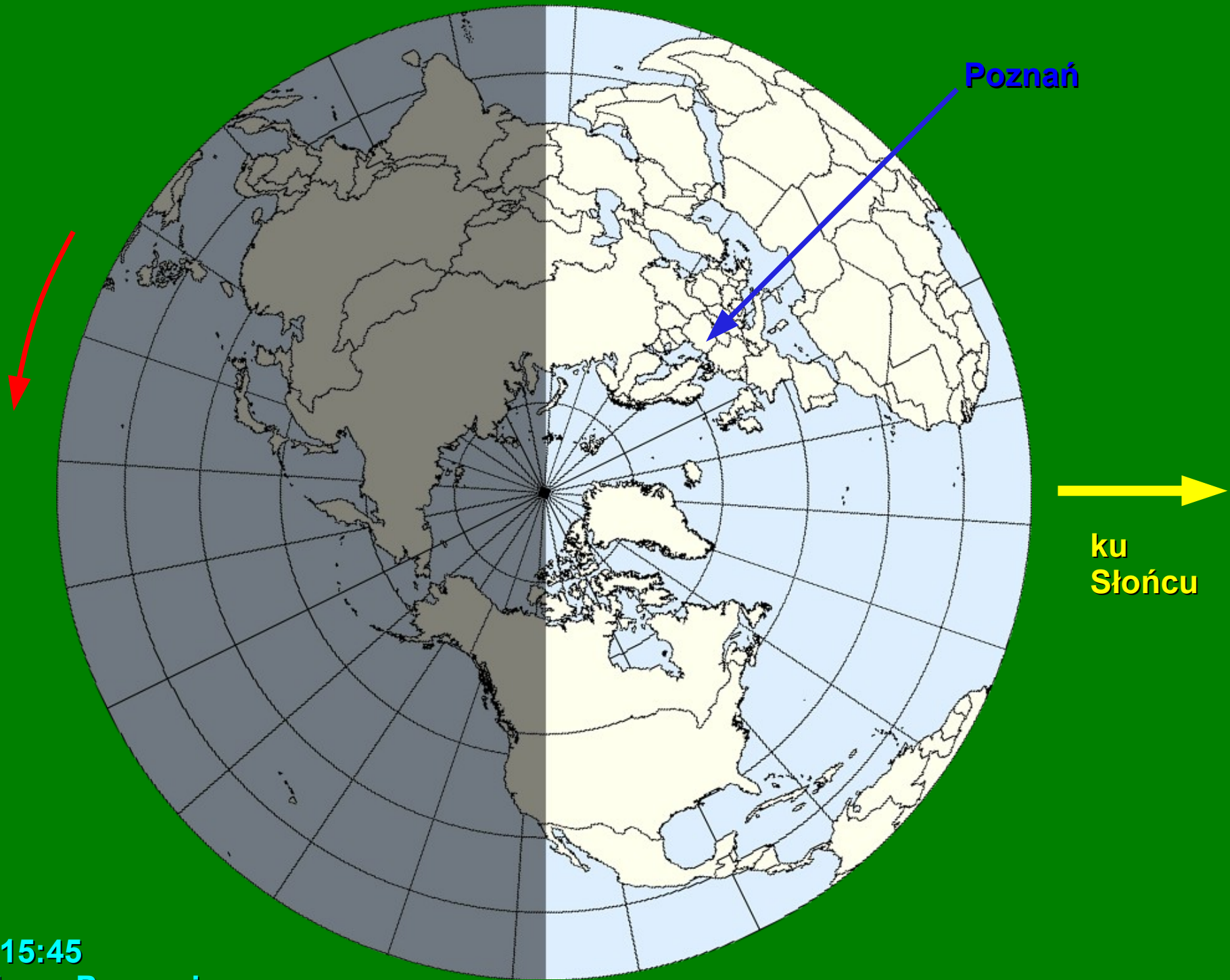


CBK PAN w Warszawie





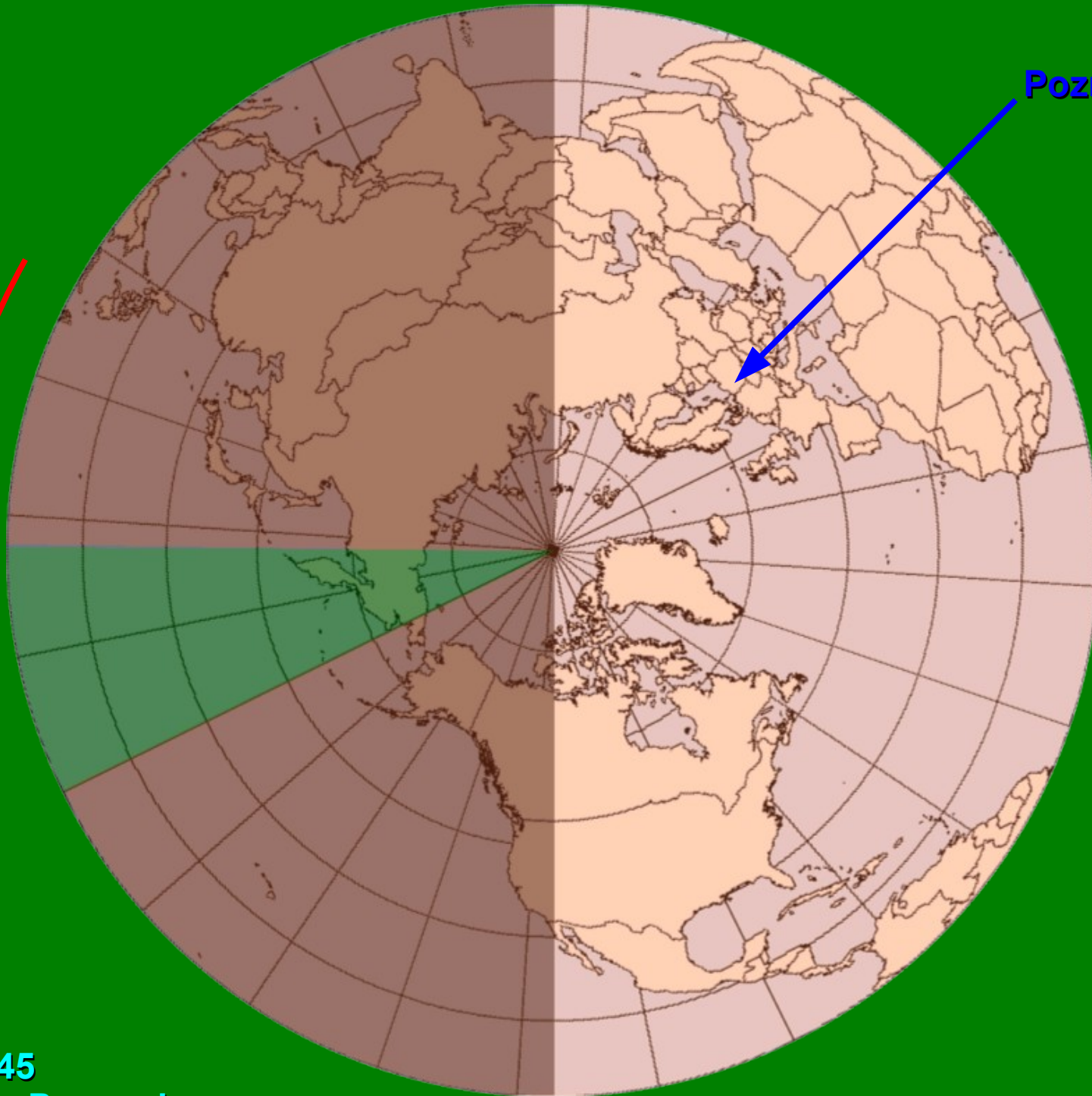




Poznań

ku  
Słońcu

Godzina 15:45  
na zegarku w Poznaniu



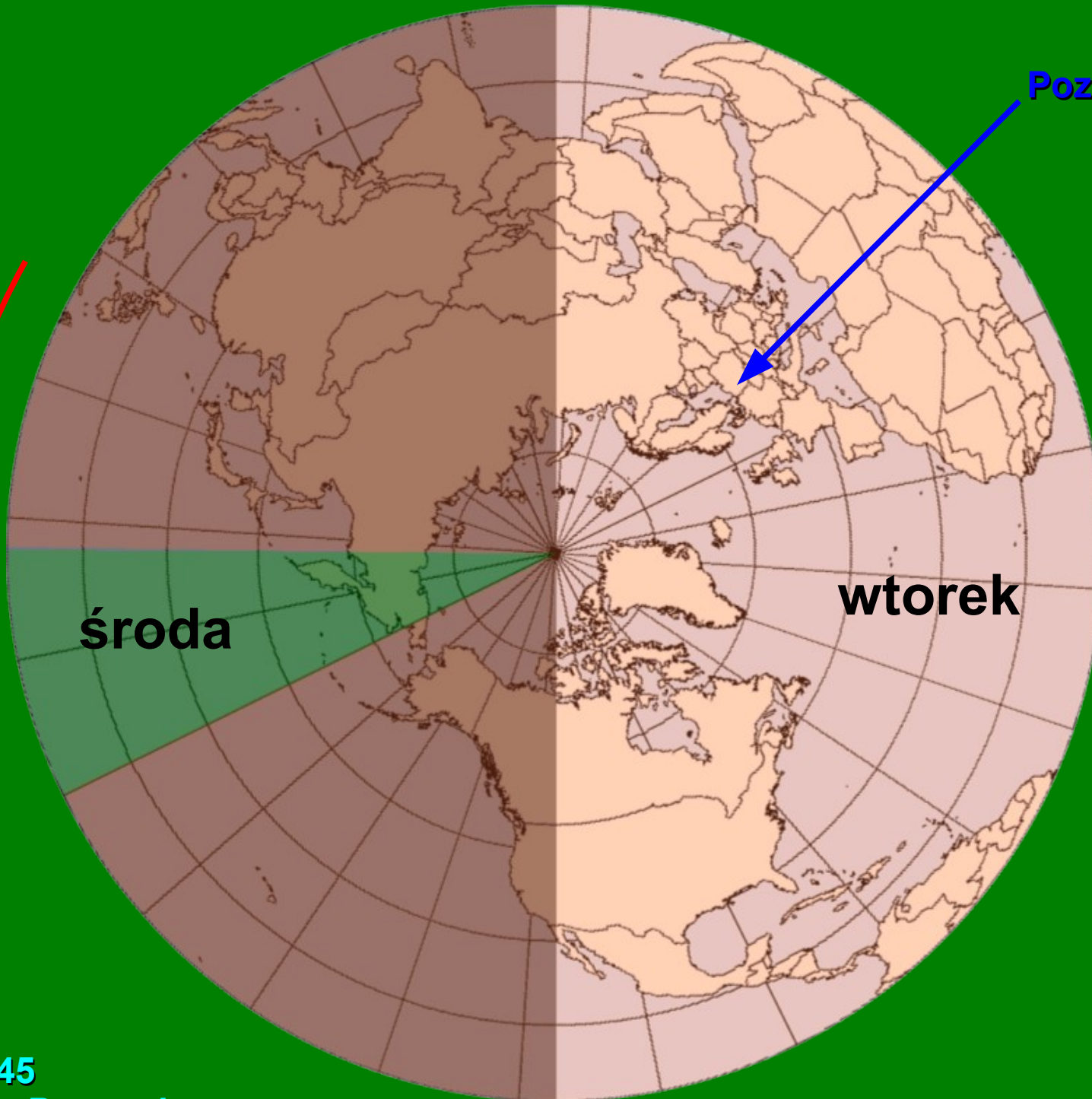
Poznań



ku  
Słońcu

Godzina 15:45  
na zegarku w Poznaniu





Poznań

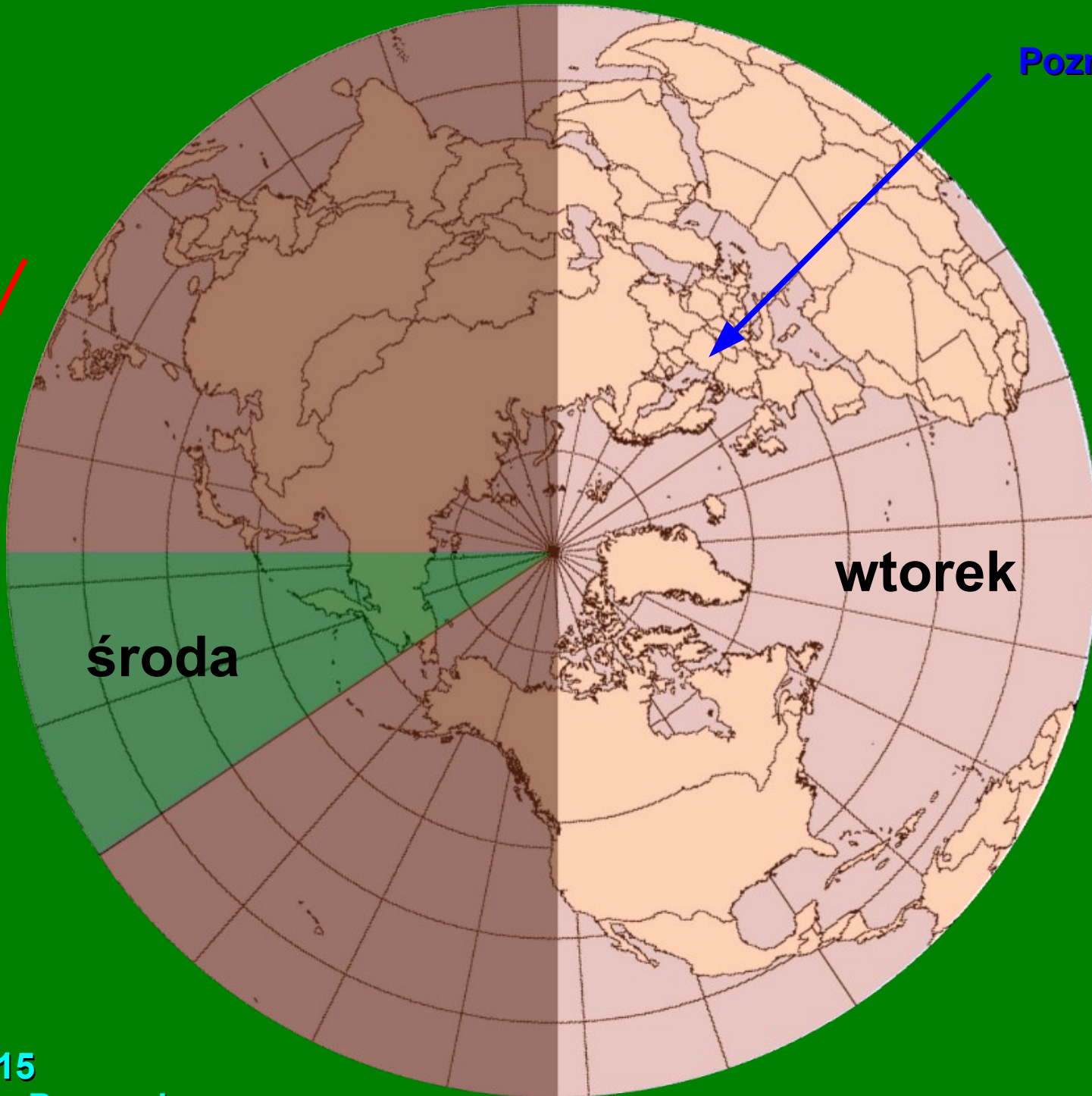
środa

wtorek

ku  
Słońcu

Godzina 15:45  
na zegarku w Poznaniu





Poznań

wtorek

środa

ku  
Słońcu

Godzina 16:15  
na zegarku w Poznaniu

**czas letni !**

**Linia zmiany daty**

**Poznań, 14:00**

**wtorek**

**wtorek**

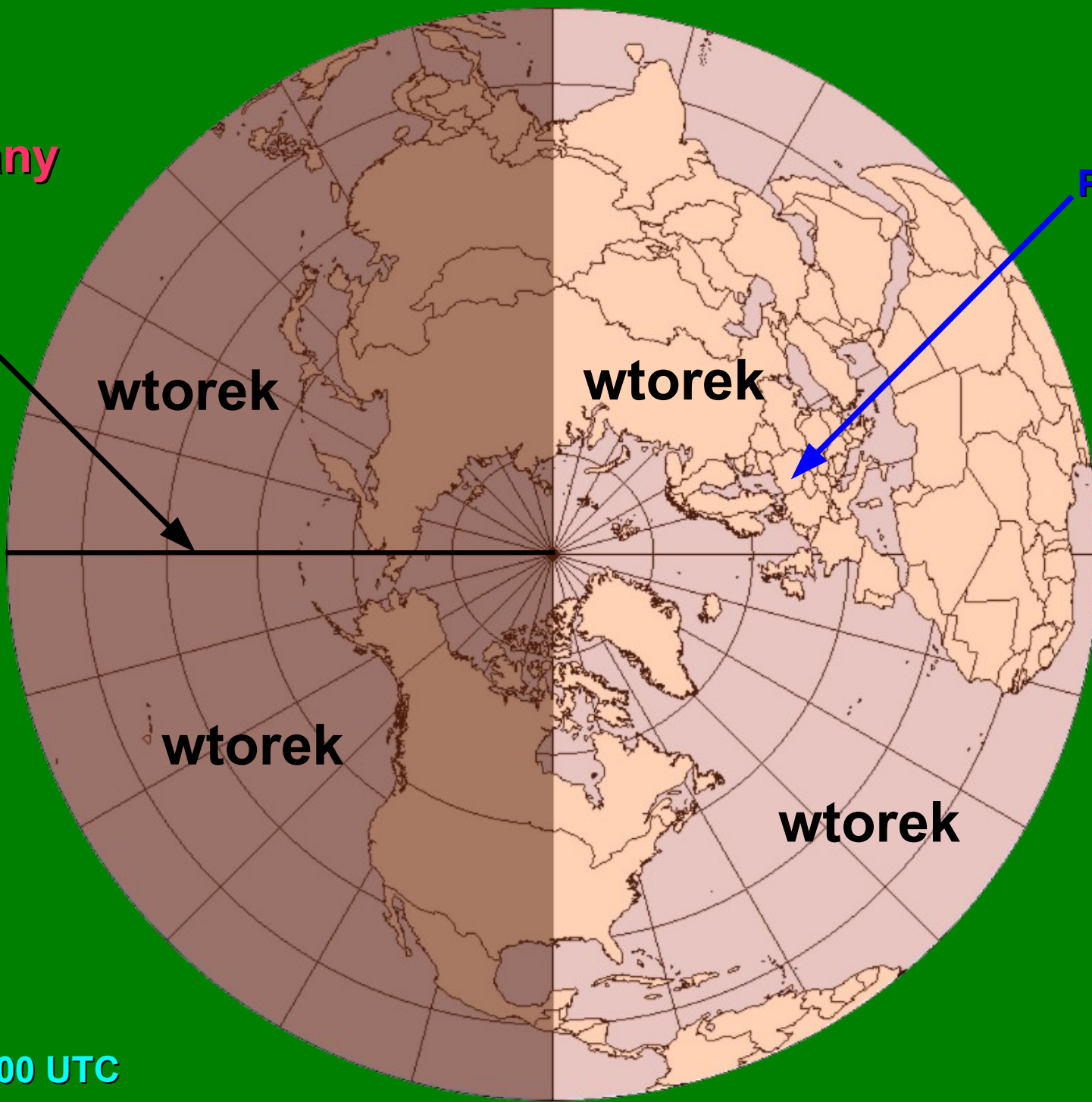


**ku Słońcu**

**wtorek**

**wtorek**

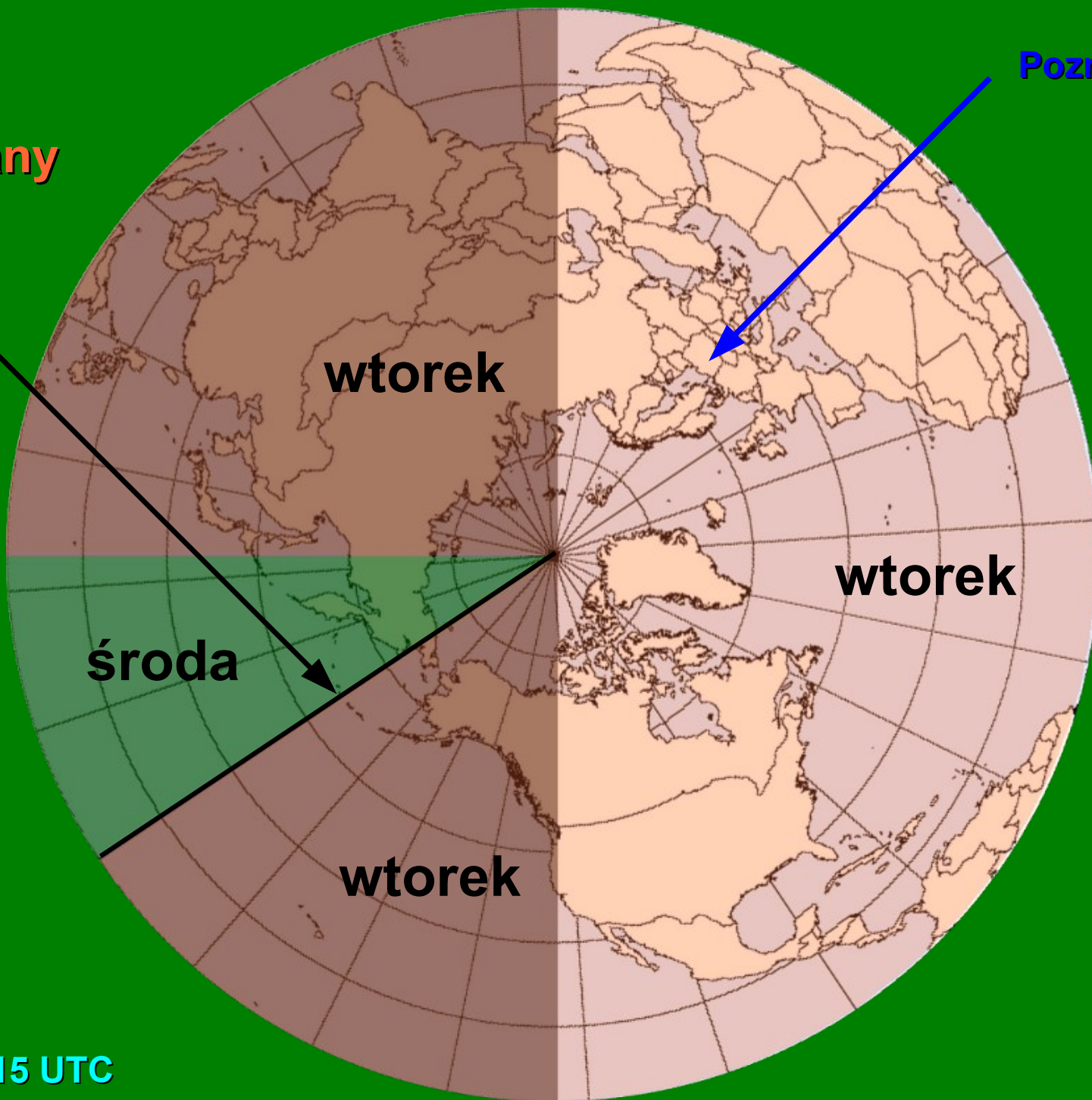
**Godzina 12:00 UTC**





**Linia zmiany daty**

**Poznań, 16:15**



**środa**

**wtorek**

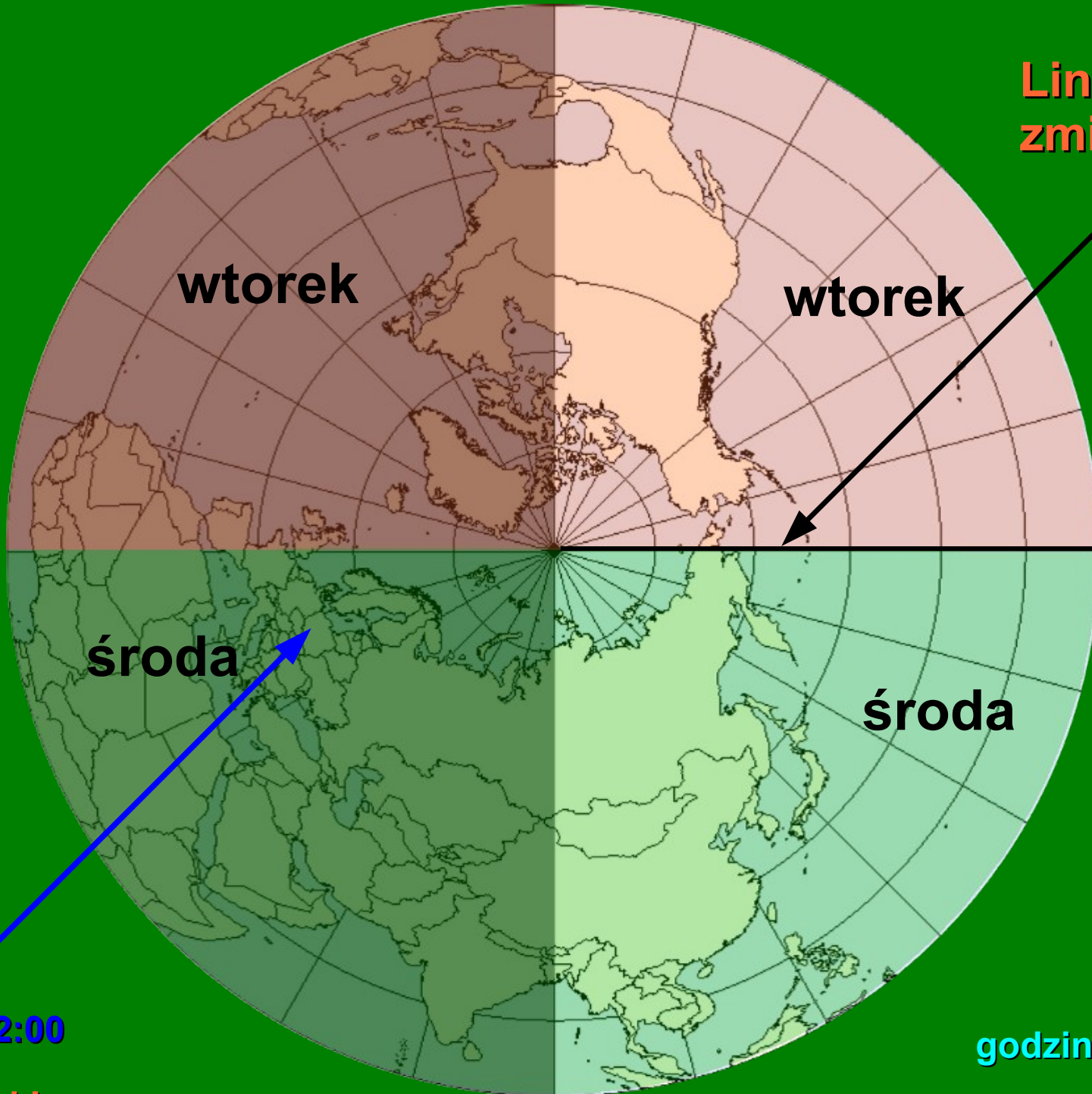
**wtorek**

**wtorek**



**ku Słońcu**

**godzina 14:15 UTC**



**Linia  
zmiany daty**

**wtorek**

**wtorek**

**środa**

**środa**

**ku  
Słońcu**

**Poznań, 02:00**

**czas letni !**

**godzina 00:00 UTC**



południk zerowy

Linia zmiany daty

wtorek

wtorek

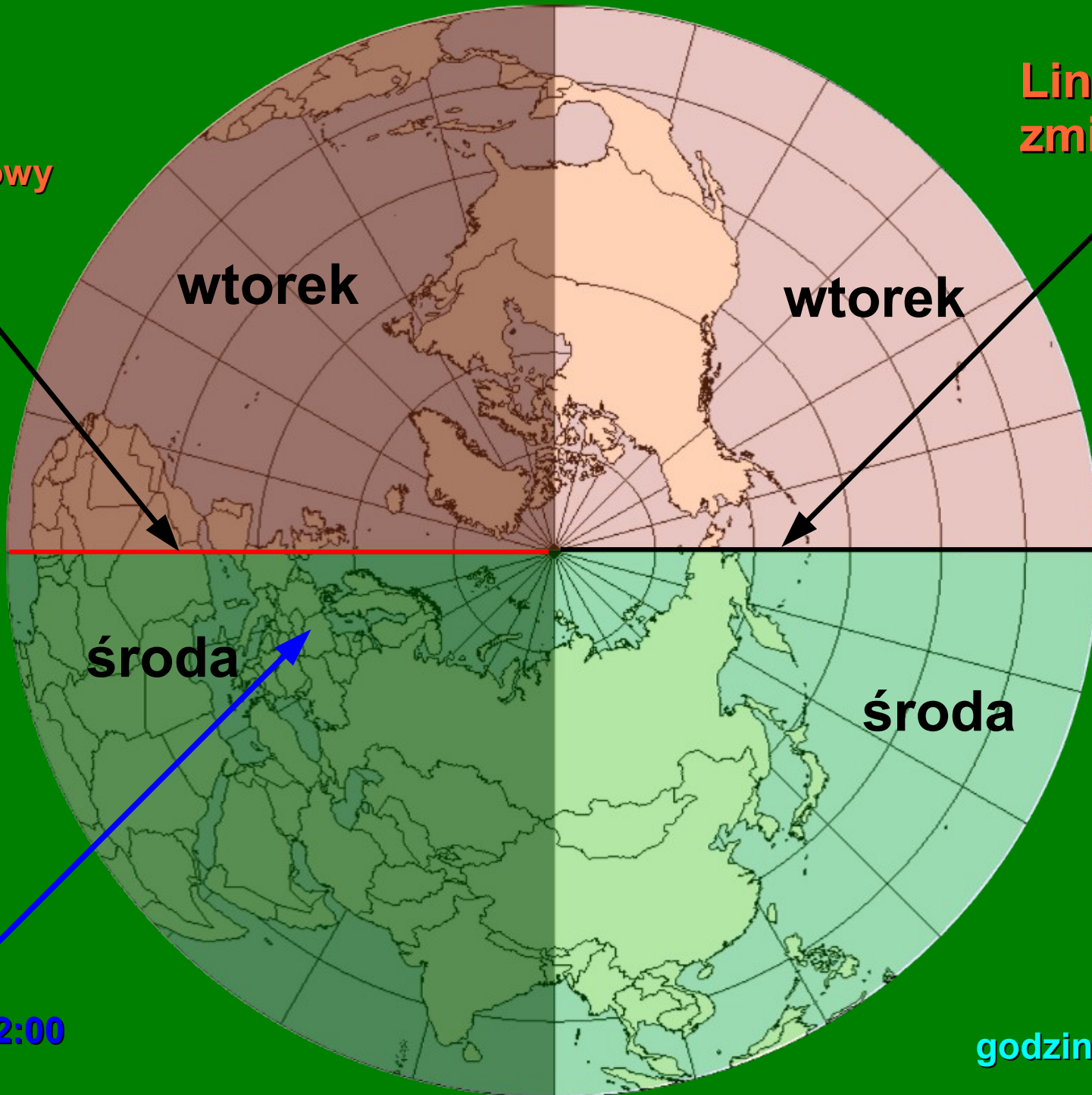
środa

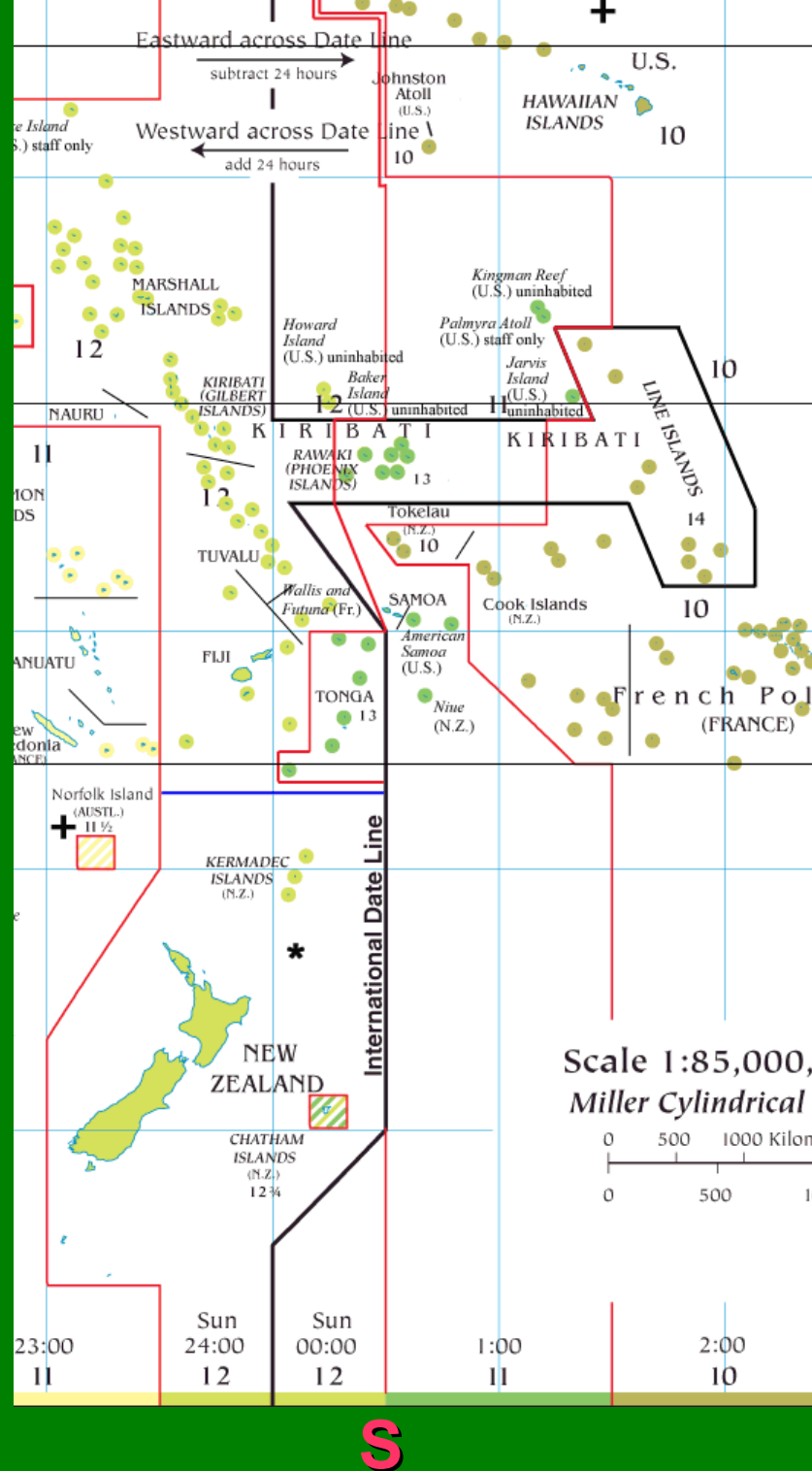
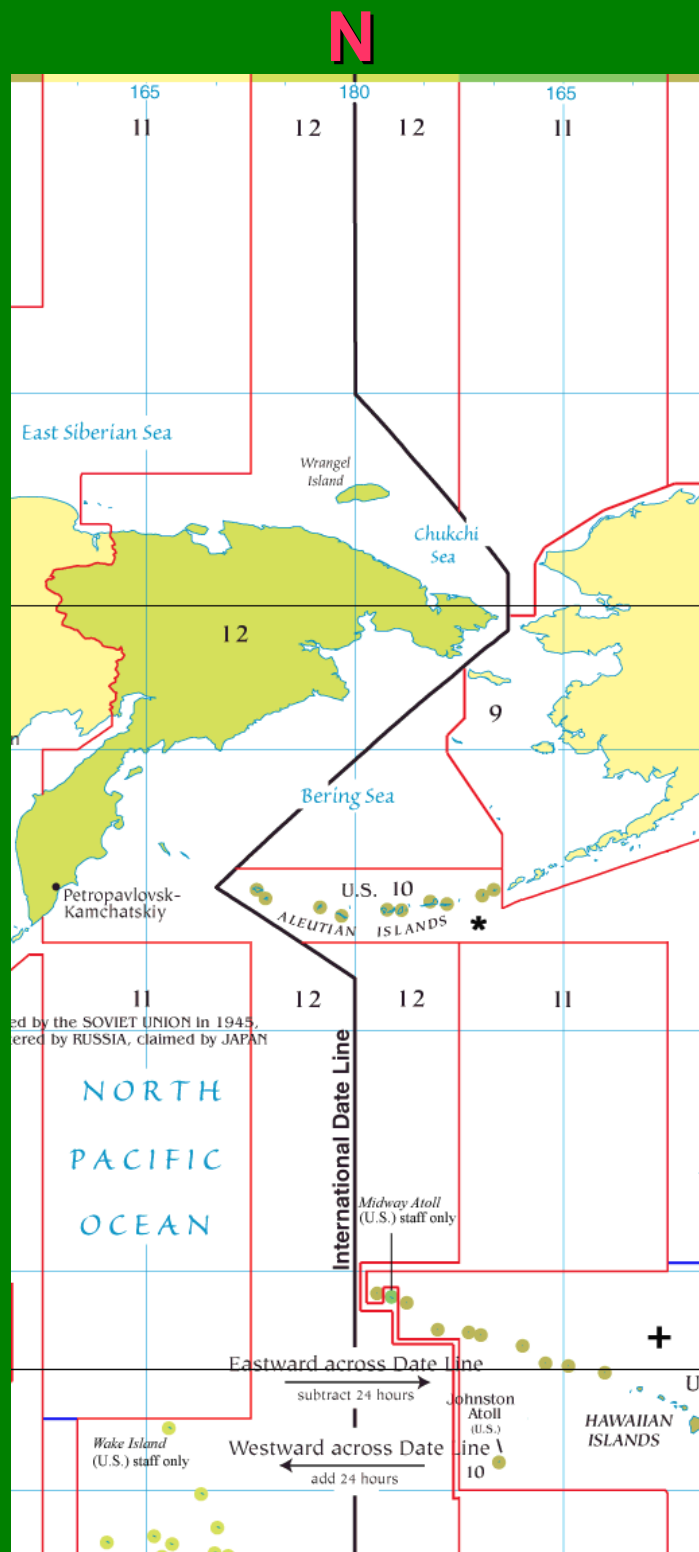
środa

ku Słońcu

Poznań, 02:00

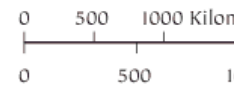
godzina 00:00 UTC



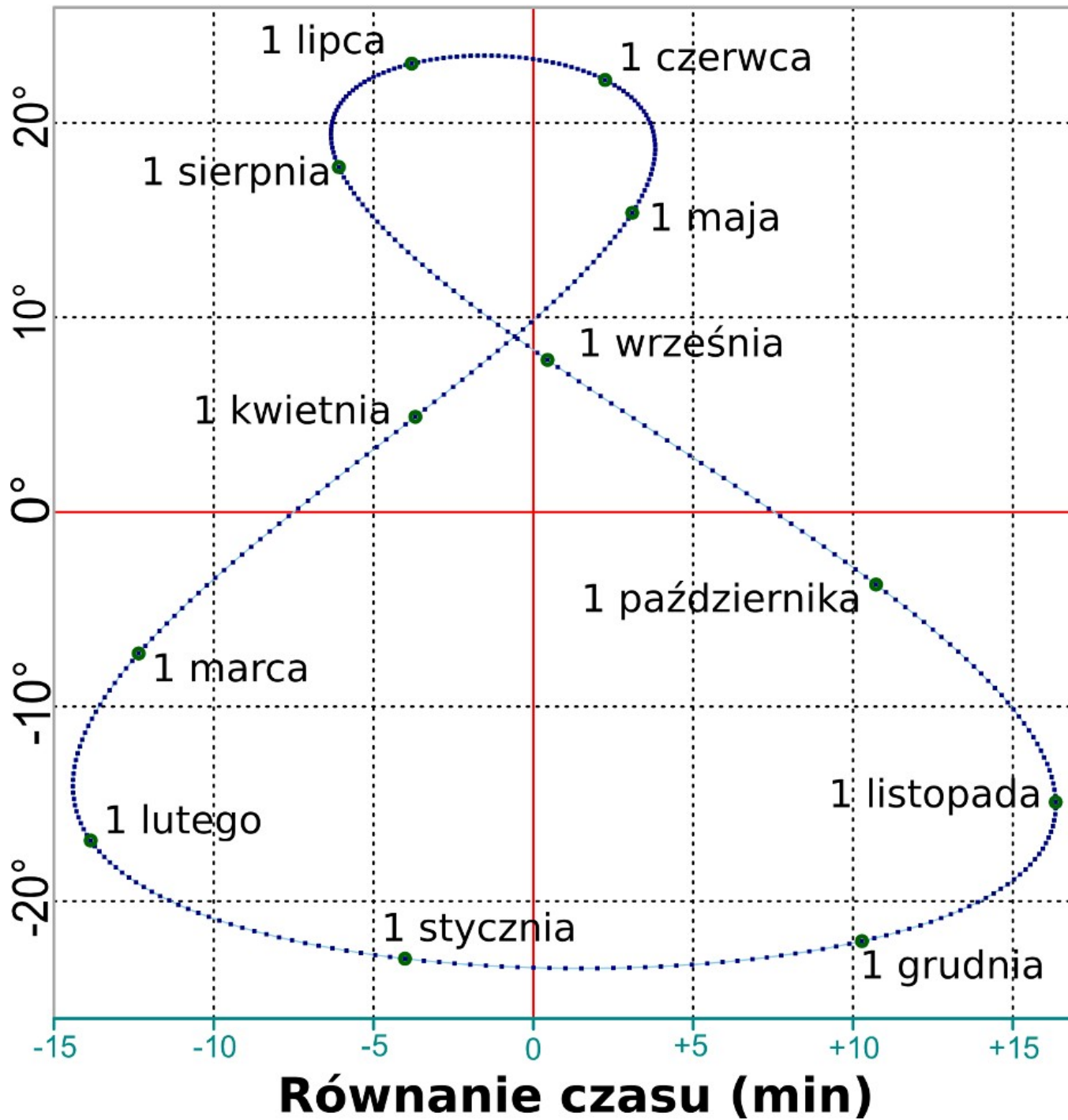


ced by the SOVIET UNION in 1945,  
ered by RUSSIA, claimed by JAPAN

Scale 1:85,000,  
Miller Cylindrical



# Analemma



Deklinacja Słońca

Równanie czasu (min)



Analema 2003, copyright: Anthony Ayiomamitis



# W roku 2015:

- Ziemia najbliżej Słońca (w peryhelium) 4 stycznia,
- Początek astronomicznej wiosny: 20 marca, 23:45
- Początek astronomicznego lata: 21 czerwca, 18:38
- Ziemia najdalej od Słońca (w aphelium) 6 lipca,
- Początek astronomicznej jesieni: 23 września, 10:21
- Początek astronomicznej zimy: 22 grudnia, 5.48

(momenty podane w czasie urzędowym)

# W roku 2016:

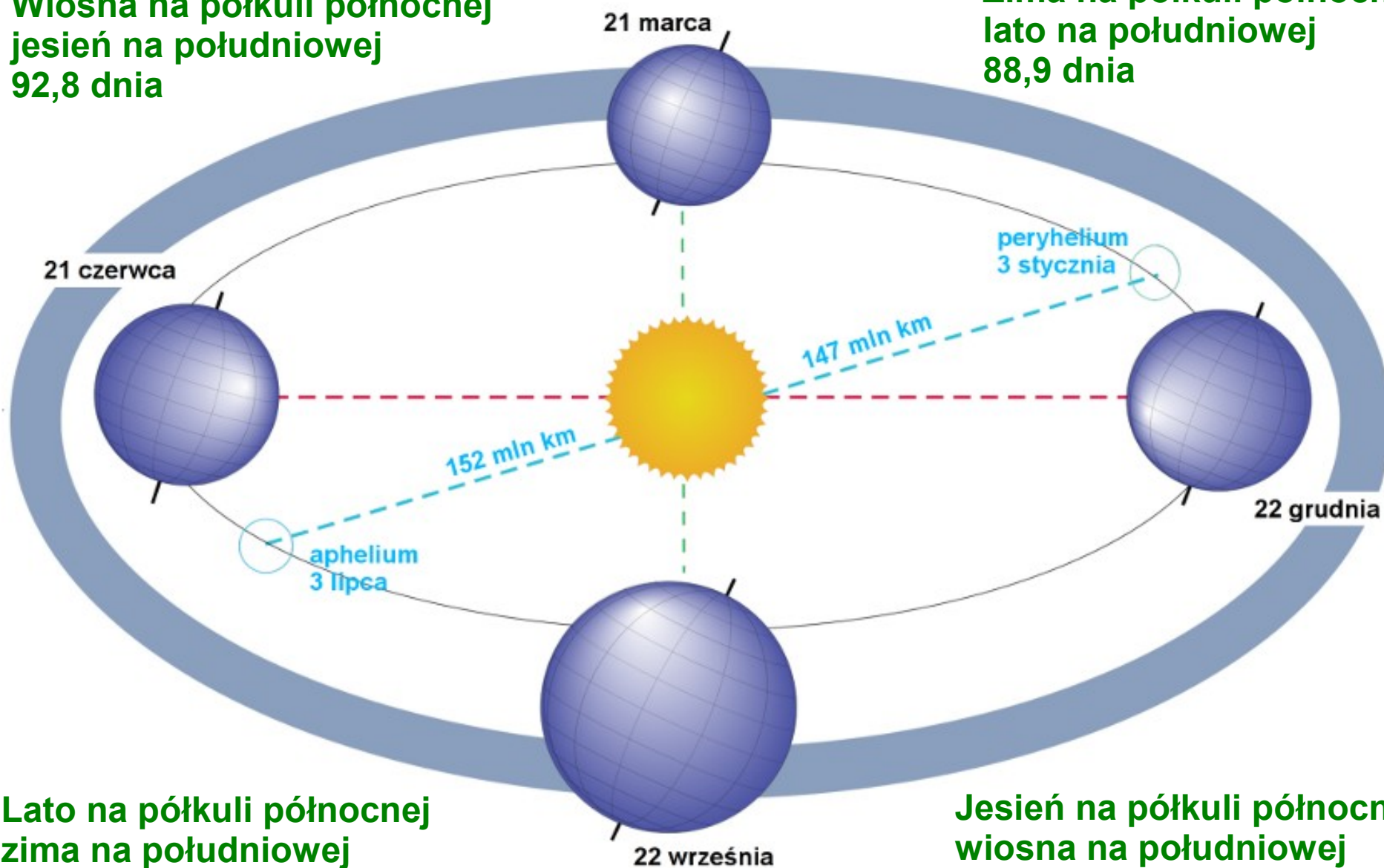
- Ziemia najbliżej Słońca (w peryhelium) 2 stycznia,
- Początek astronomicznej wiosny: 20 marca, 5:30
- Początek astronomicznego lata: 21 czerwca, 0:34
- Ziemia najdalej od Słońca (w aphelium) 4 lipca,
- Początek astronomicznej jesieni: 22 września, 16:21
- Początek astronomicznej zimy: 21 grudnia, 11:44

(momenty podane w czasie urzędowym)

**Pory roku**

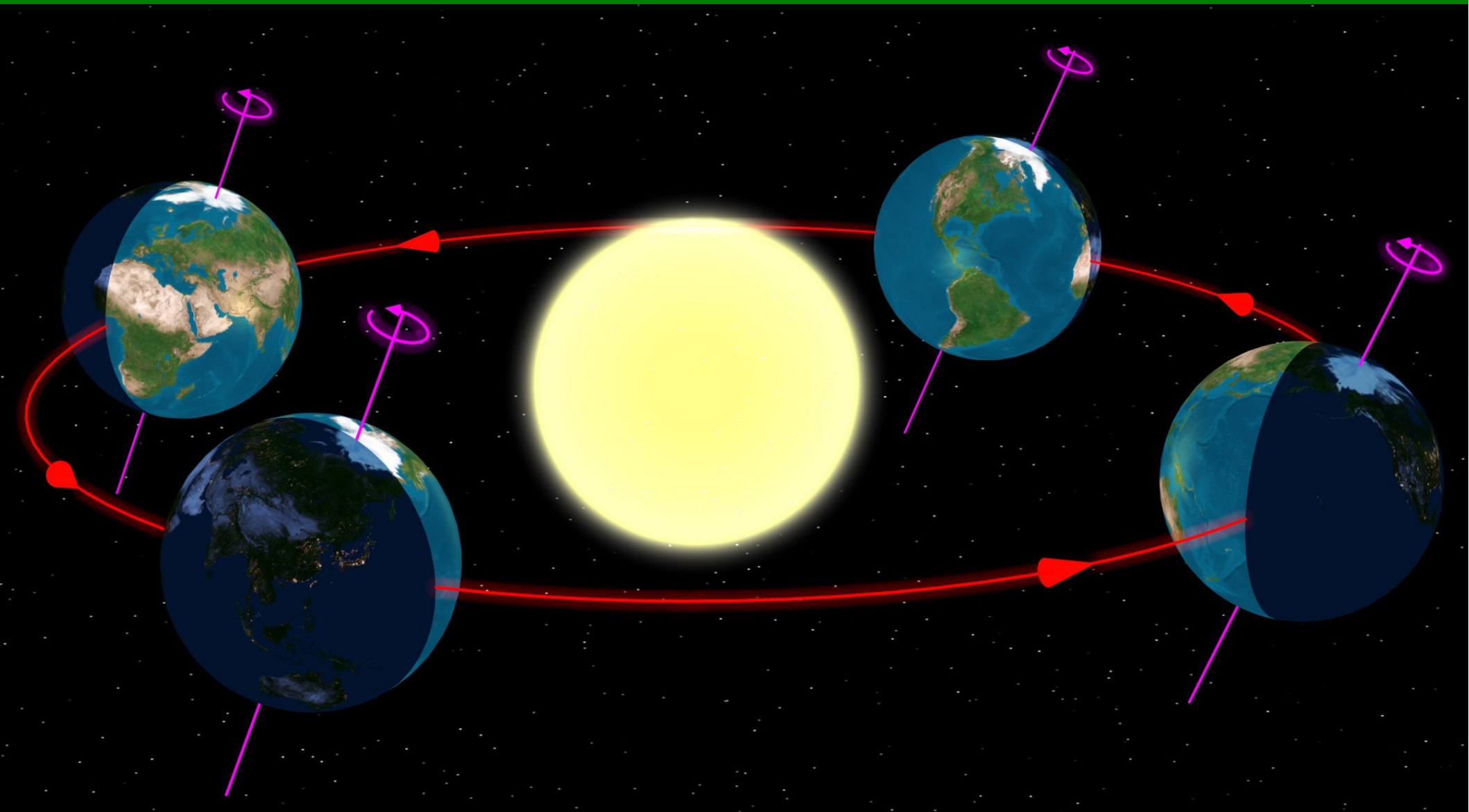
Wiosna na półkuli północnej  
jesień na południowej  
92,8 dnia

Zima na półkuli północnej  
lato na południowej  
88,9 dnia

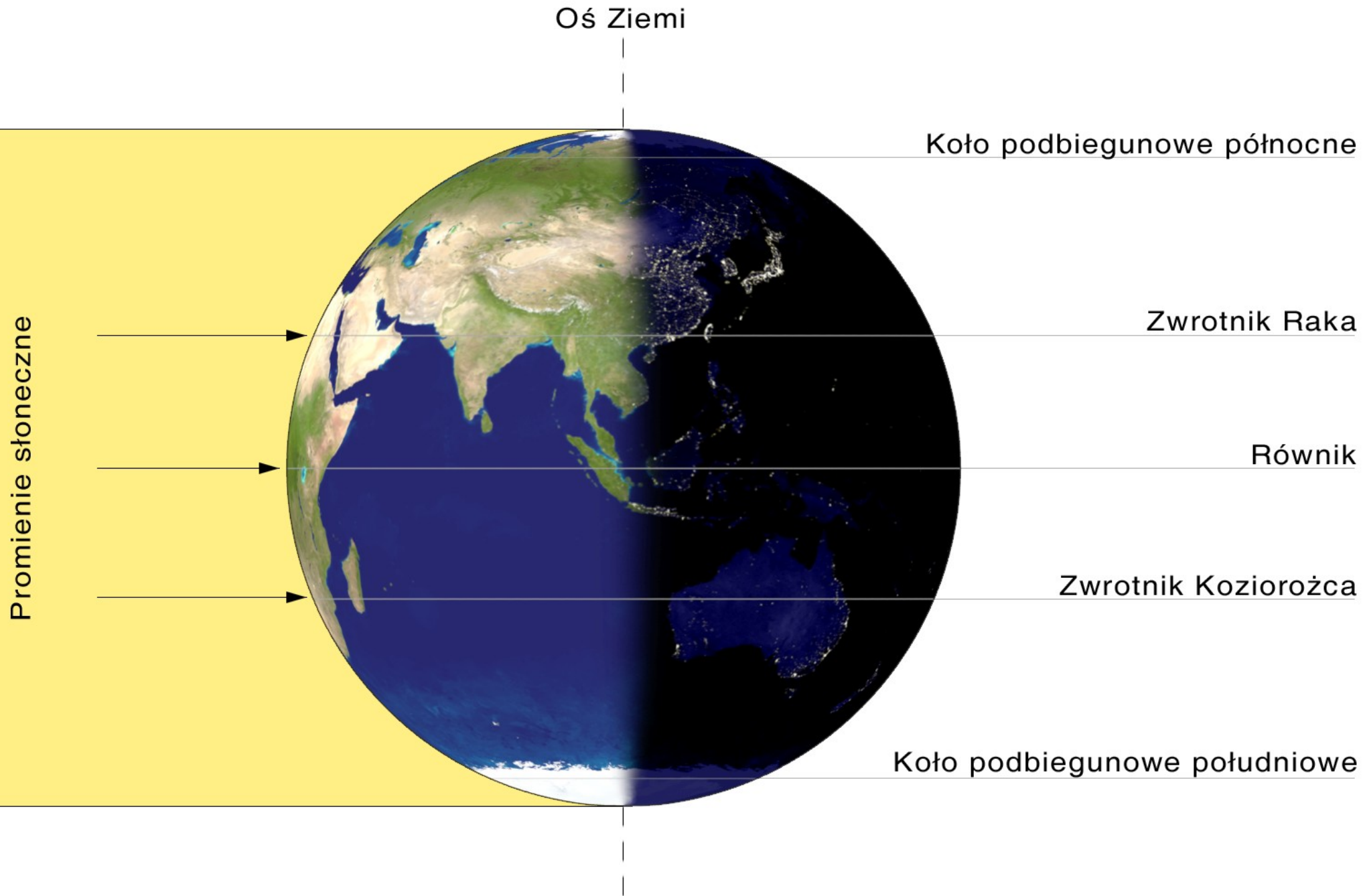


Lato na półkuli północnej  
zima na południowej  
93,6 dnia

Jesień na półkuli północnej  
wiosna na południowej  
89,9 dnia



# Równonoc jesienna i wiosenna





# Przesilenie letnie

Oś Ziemi

Koło podbiegunowe północne

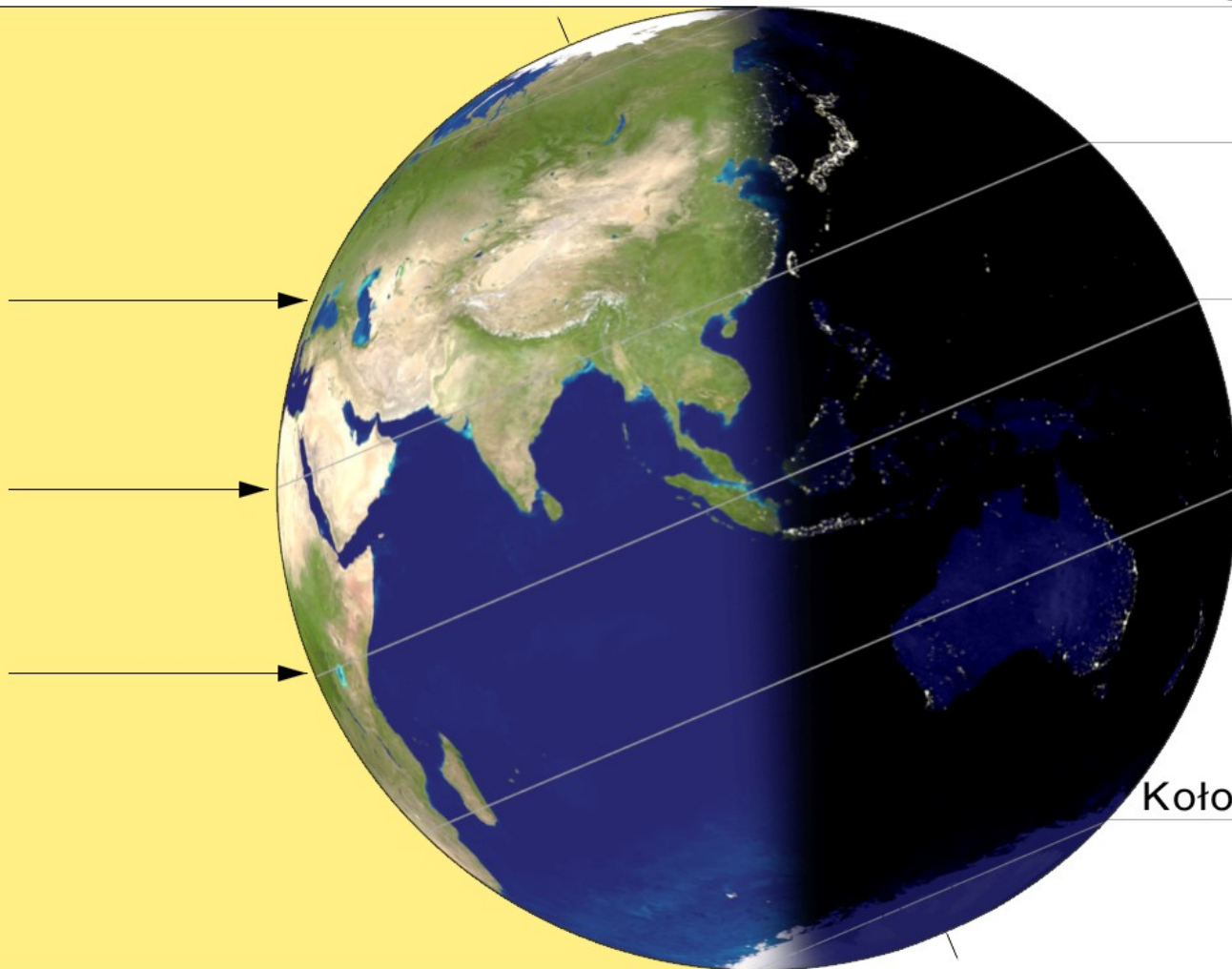
Zwrotnik Raka

Równik

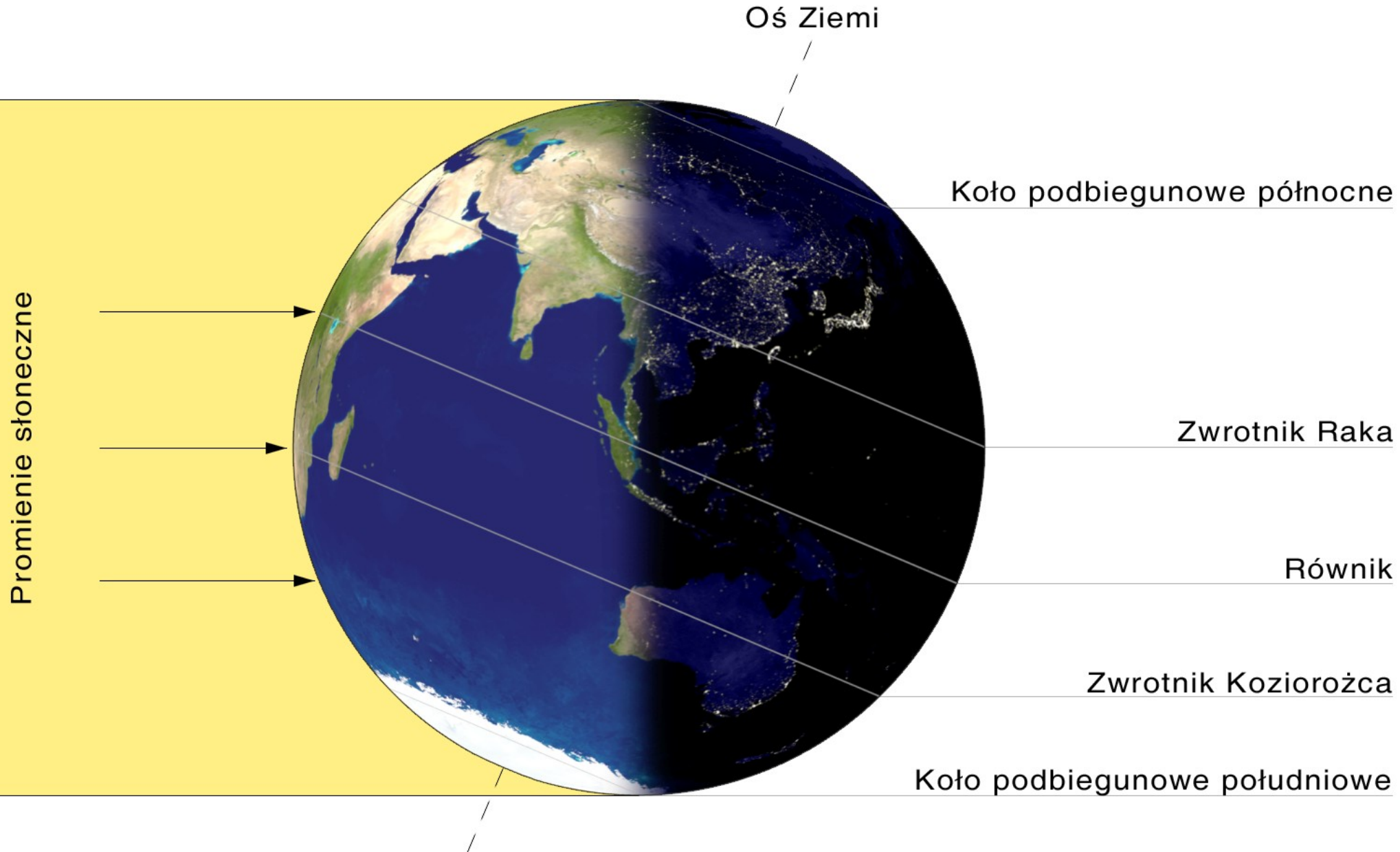
Zwrotnik Koziorożca

Koło podbiegunowe południowe

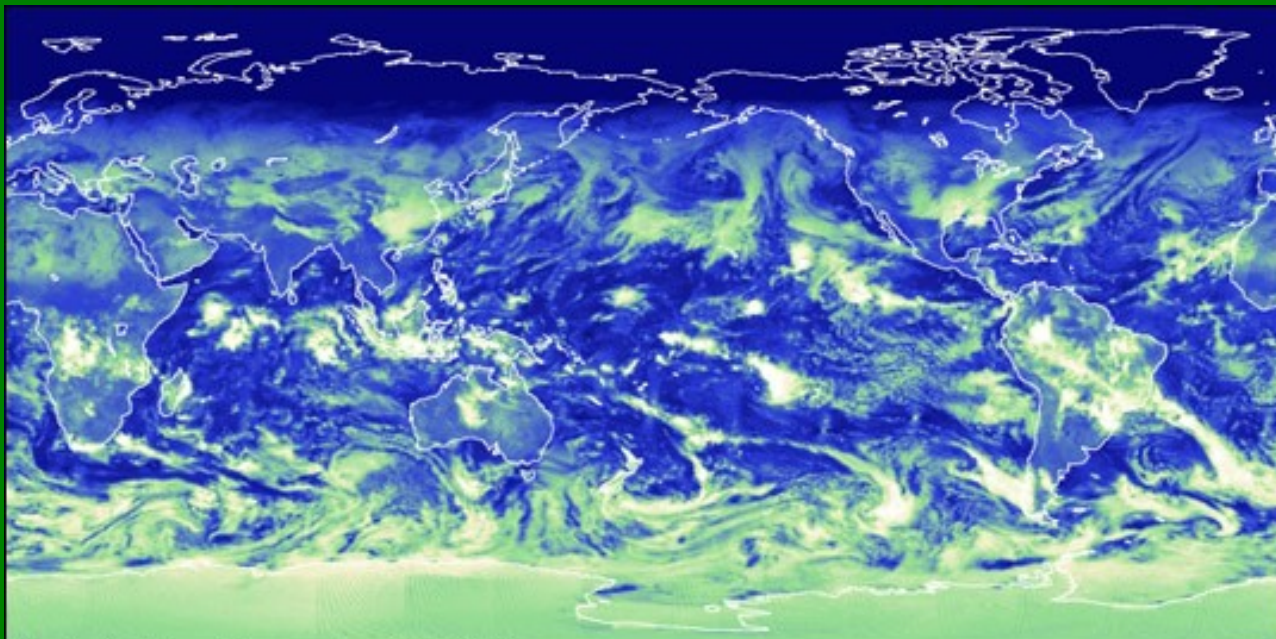
Promienie słoneczne



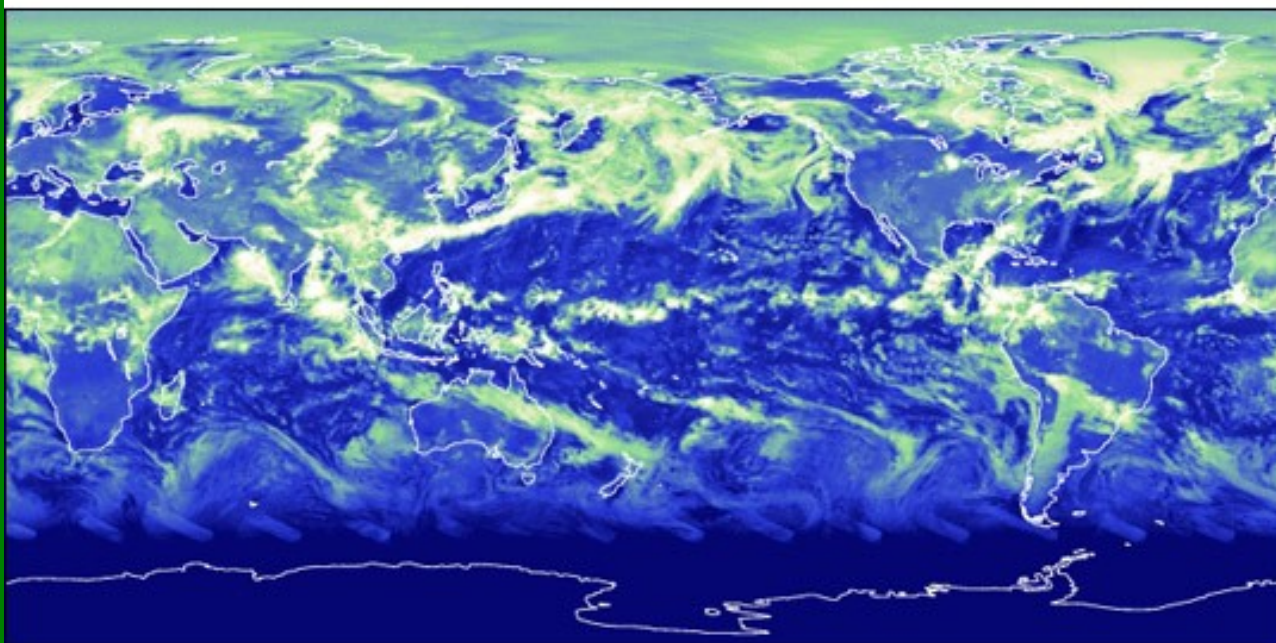
# Przesilenie zimowe







Winter Solstice, December 22, 2004

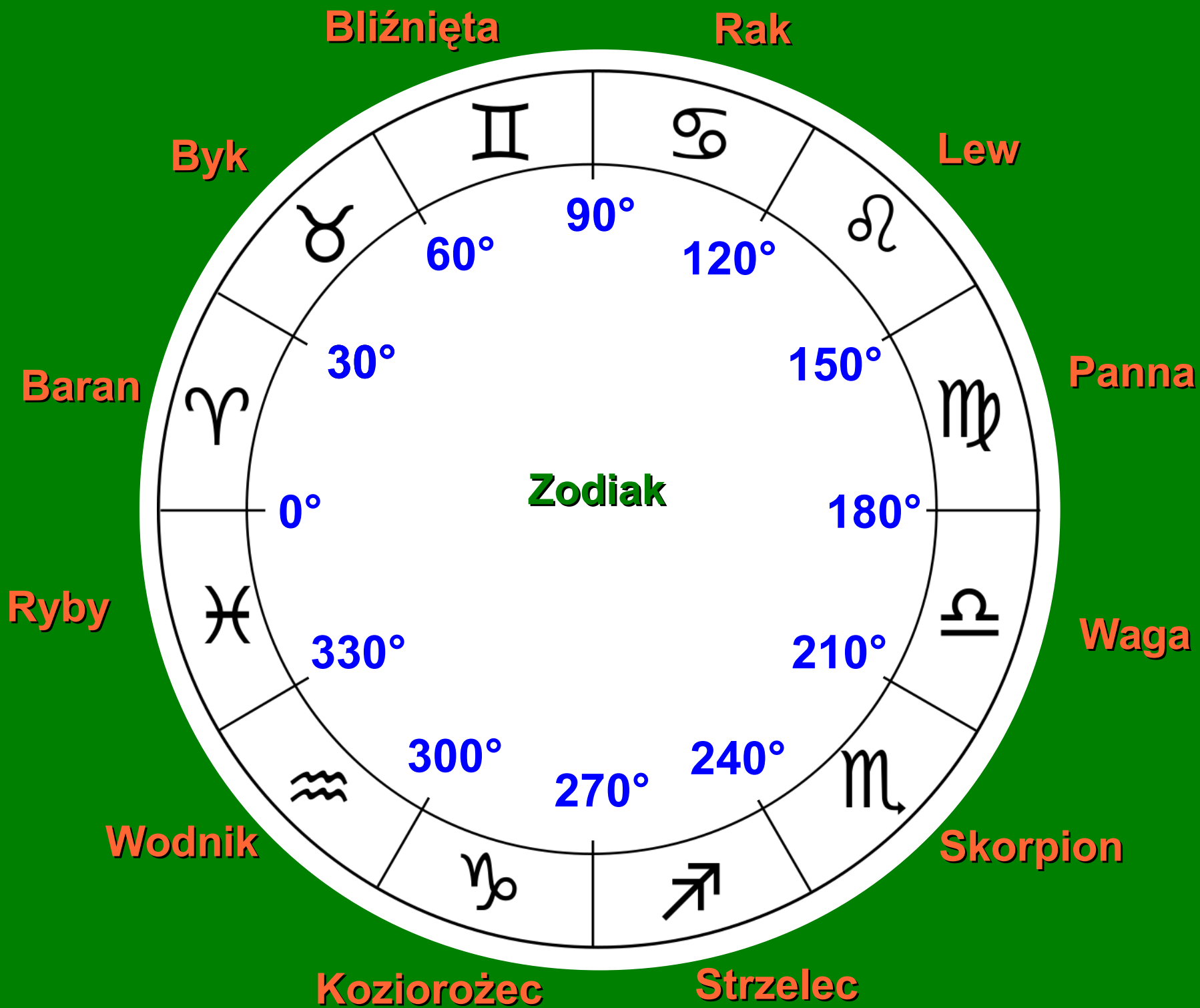


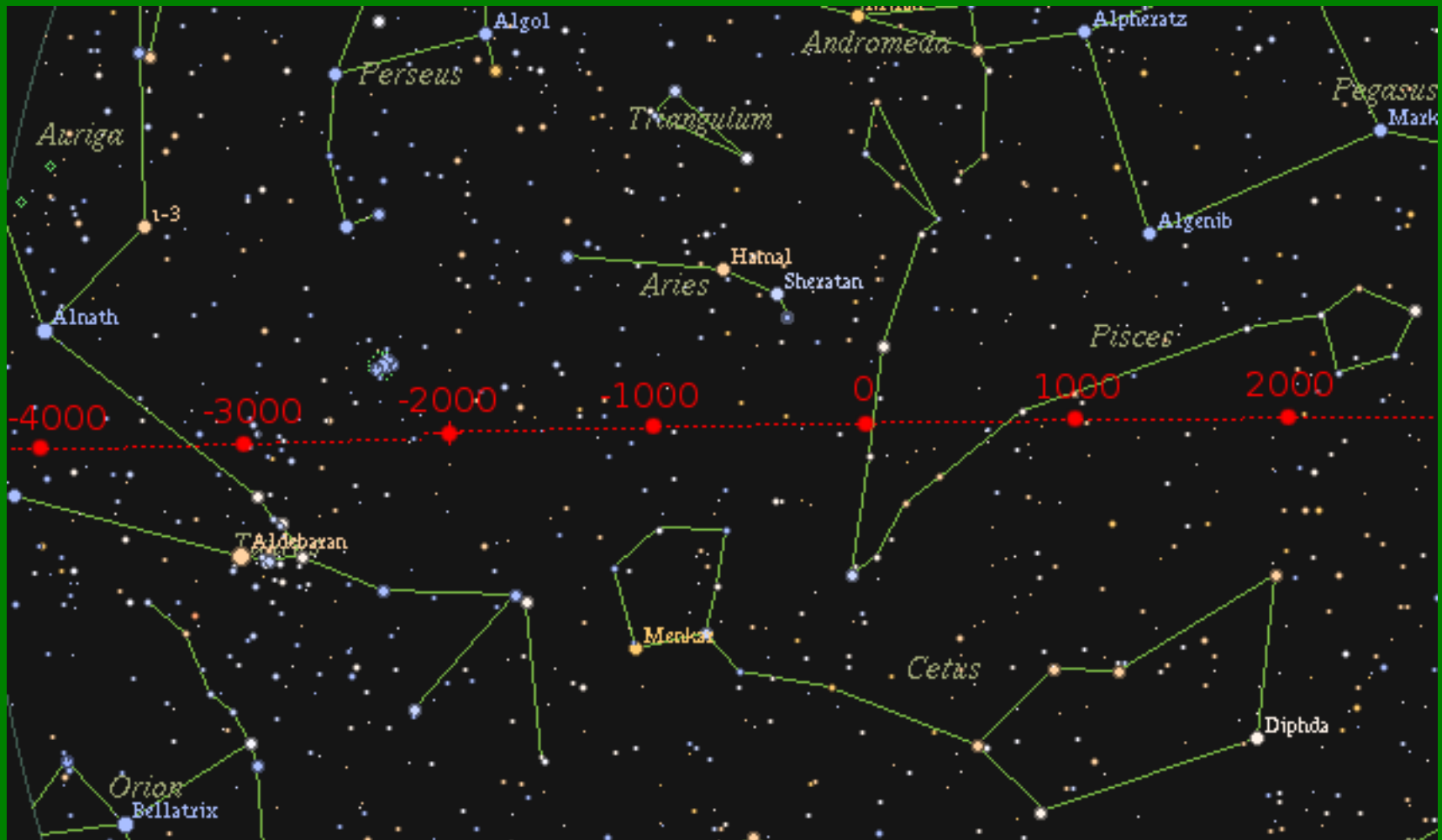
Summer Solstice, June 20, 2005

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.**

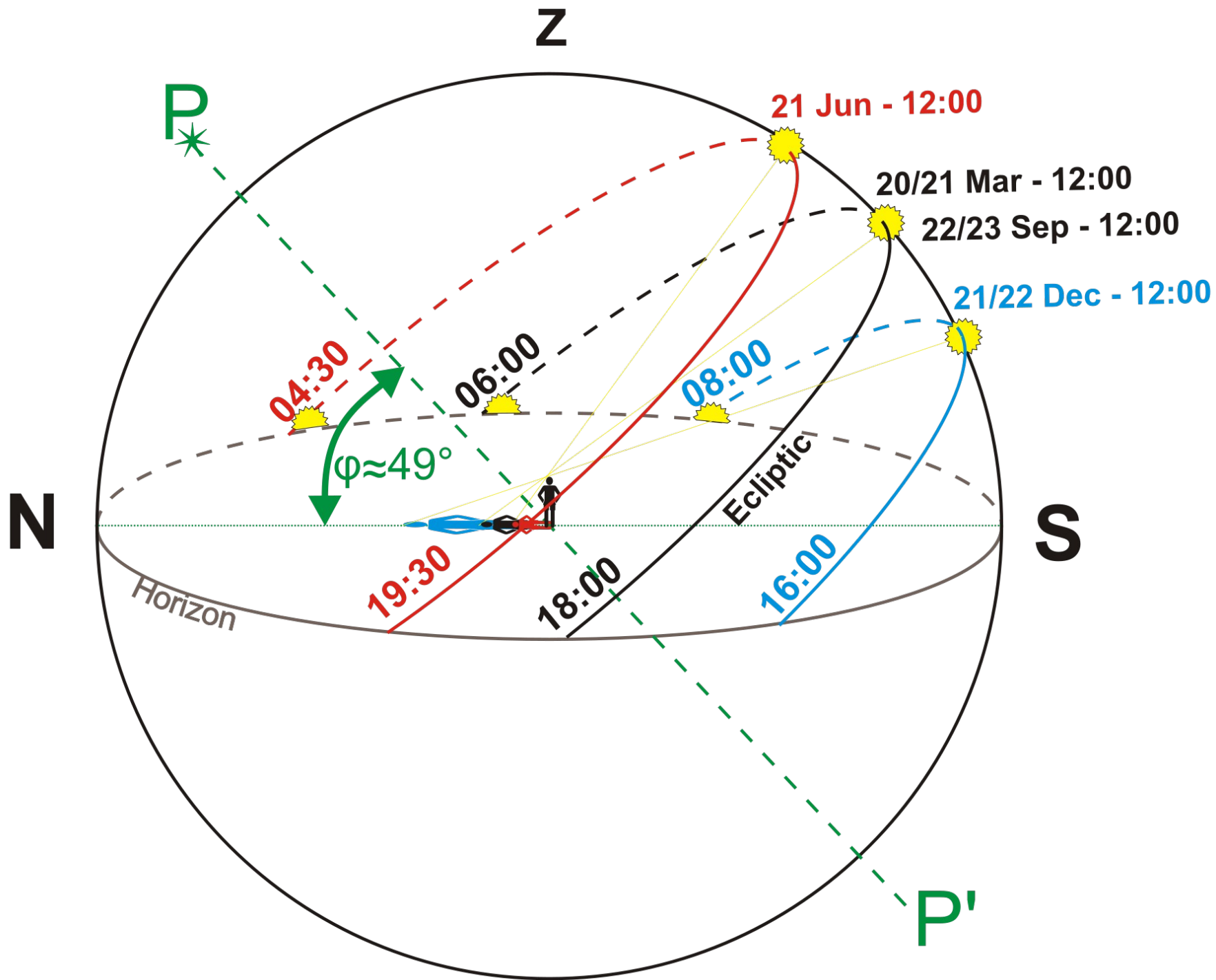
# Lata przestępne

- 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 !



# Wschód i zachód Słońca

- **Wschód i zachód Słońca** gdy górna krawędź tarczy ma wysokość  $h = 0^\circ$
- **Świt i zmierzch cywilny** gdy środek tarczy Słońca ma wysokość  $h = -6^\circ$
- **Świt i zmierzch nawigacyjny (żeglarski)** gdy środek tarczy Słońca ma wysokość  $h = -12^\circ$
- **Świt i zmierzch astronomiczny** gdy środek tarczy Słońca ma wysokość  $h = -18^\circ$
- **Konieczne uwzględnienie refrakcji atmosferycznej !**





$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

## Słońce, październik 2015, Poznań

01/10	--	wschód: 06:39,	zachód: 18:19
02/10	--	wschód: 06:41,	zachód: 18:17
03/10	--	wschód: 06:42,	zachód: 18:15
04/10	--	wschód: 06:44,	zachód: 18:13
05/10	--	wschód: 06:46,	zachód: 18:11
06/10	--	wschód: 06:47,	zachód: 18:09
07/10	--	wschód: 06:49,	zachód: 18:07
08/10	--	wschód: 06:50,	zachód: 18:04
09/10	--	wschód: 06:52,	zachód: 18:02
10/10	--	wschód: 06:53,	zachód: 18:00
11/10	--	wschód: 06:55,	zachód: 17:58
12/10	--	wschód: 06:57,	zachód: 17:56
13/10	--	wschód: 06:58,	zachód: 17:54
14/10	--	wschód: 07:00,	zachód: 17:52
15/10	--	wschód: 07:01,	zachód: 17:50
16/10	--	wschód: 07:03,	zachód: 17:48
17/10	--	wschód: 07:05,	zachód: 17:46
18/10	--	wschód: 07:06,	zachód: 17:44
19/10	--	wschód: 07:08,	zachód: 17:42
20/10	--	wschód: 07:09,	zachód: 17:40
21/10	--	wschód: 07:11,	zachód: 17:38
22/10	--	wschód: 07:13,	zachód: 17:36
23/10	--	wschód: 07:14,	zachód: 17:34
24/10	--	wschód: 07:16,	zachód: 17:32
25/10	--	wschód: 06:18,	zachód: 16:30
26/10	--	wschód: 06:19,	zachód: 16:28
27/10	--	wschód: 06:21,	zachód: 16:26
28/10	--	wschód: 06:23,	zachód: 16:25
29/10	--	wschód: 06:24,	zachód: 16:23
30/10	--	wschód: 06:26,	zachód: 16:21
31/10	--	wschód: 06:28,	zachód: 16:19



Data i godzina ✕

▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼
2012	/	11	/	13	7	:	10	:	43
▼		▼		▼	▼		▼		▼

+119°

+120°

+121°

+0°

Słońce



-1°

Data i godzina



2012

/

11

/

13

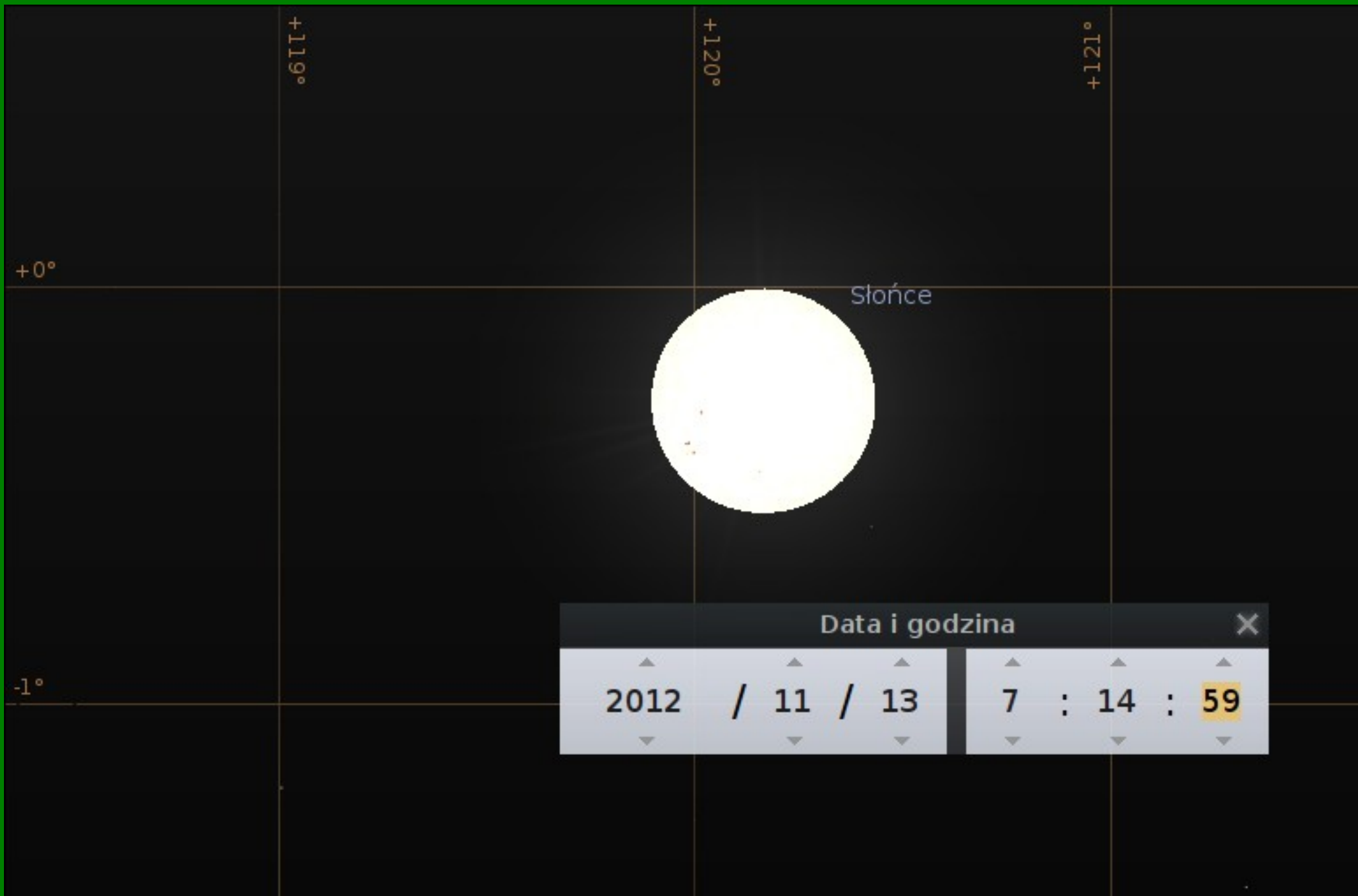
7

:

10

:

43



# Wschody i zachody Słońca w Polsce w czasie środkowo-europejskim.

