

Wykład udostępniam na licencji Creative Commons:

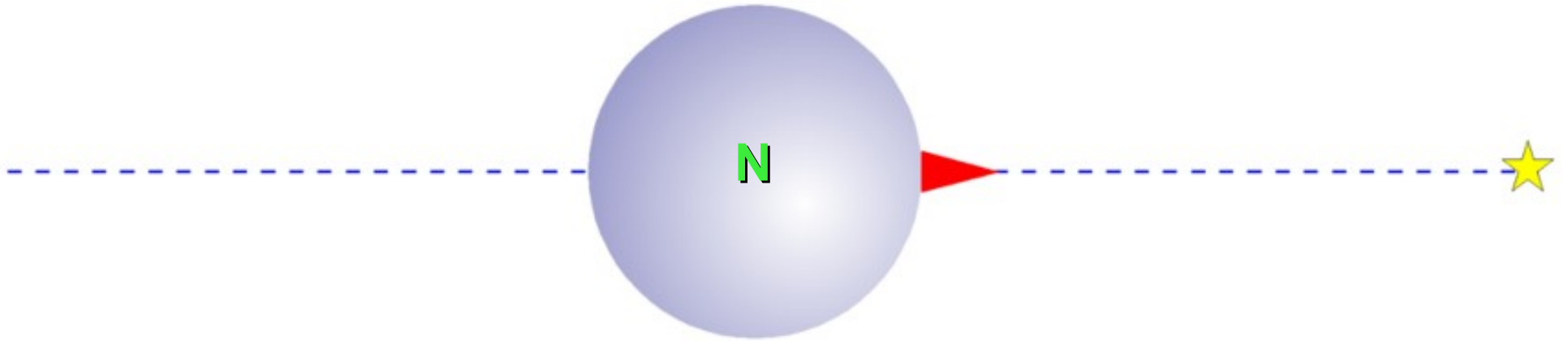


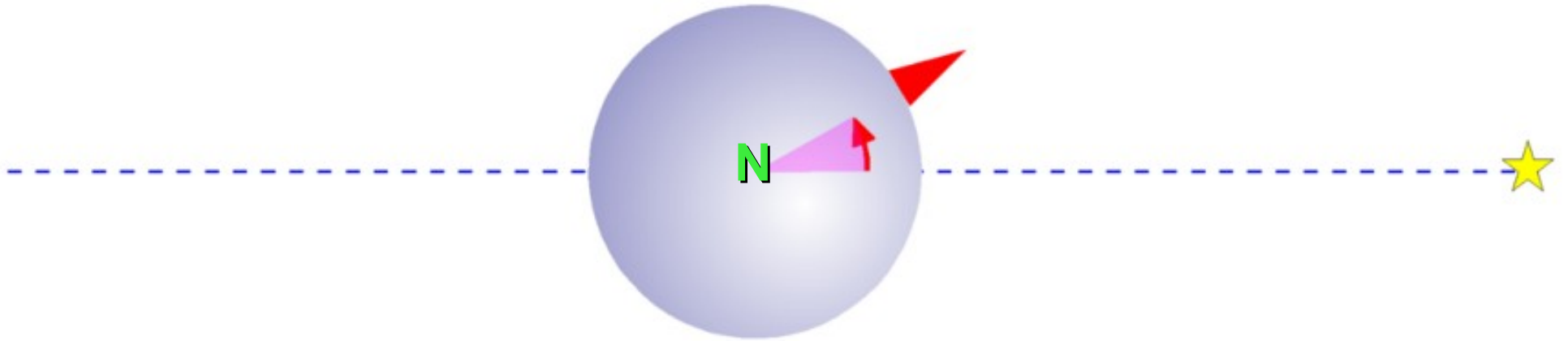
Ziemia jako zegar

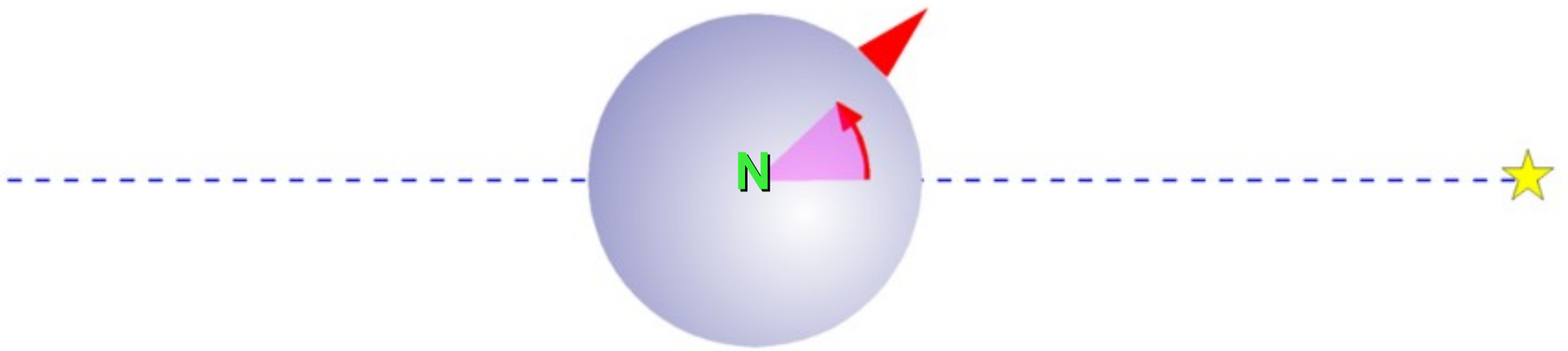
Piotr A. Dybczyński

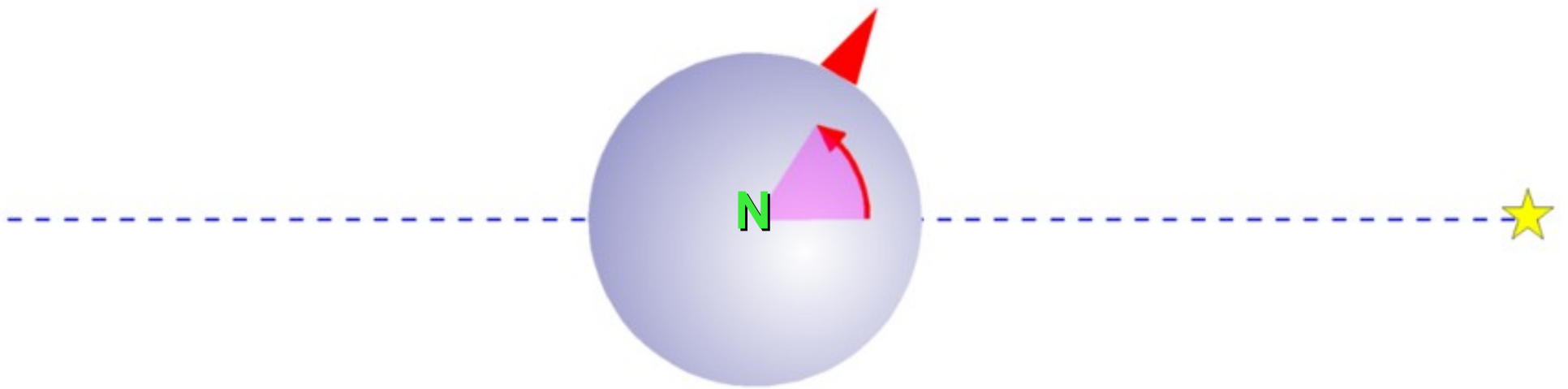


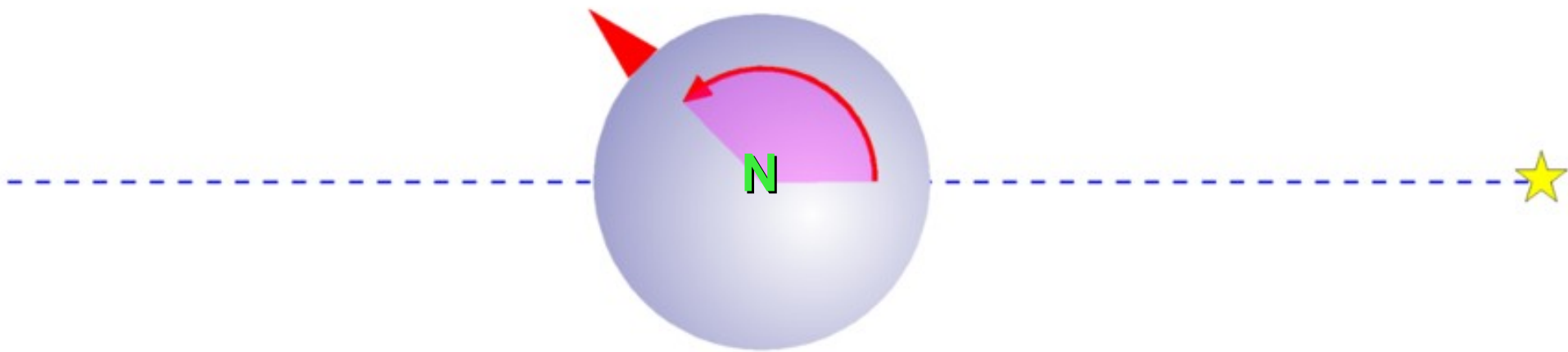
Czas gwiazdowy

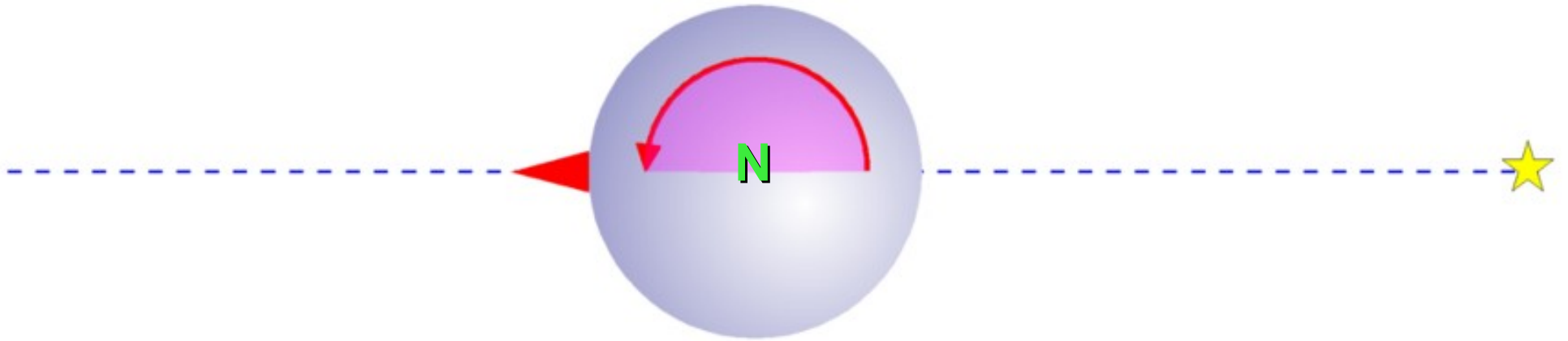


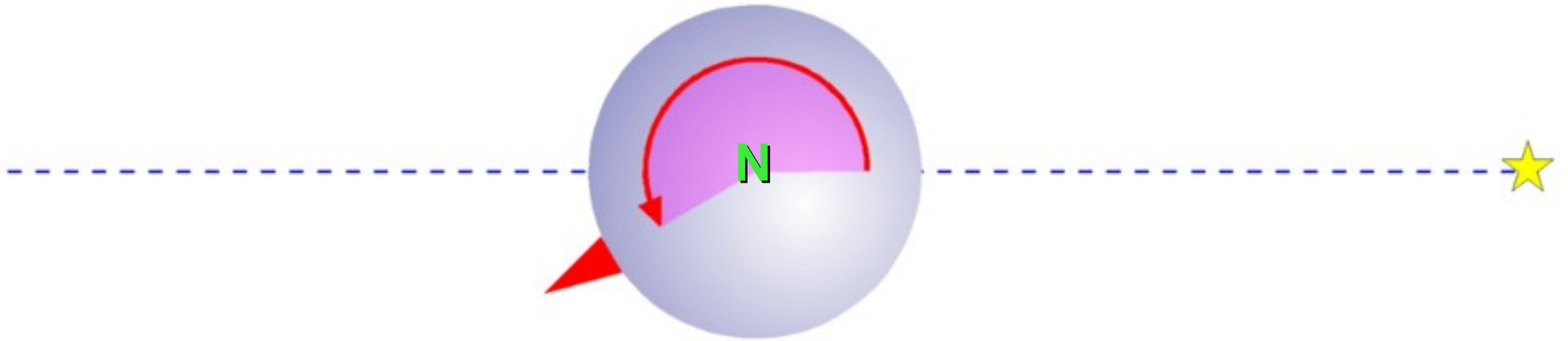


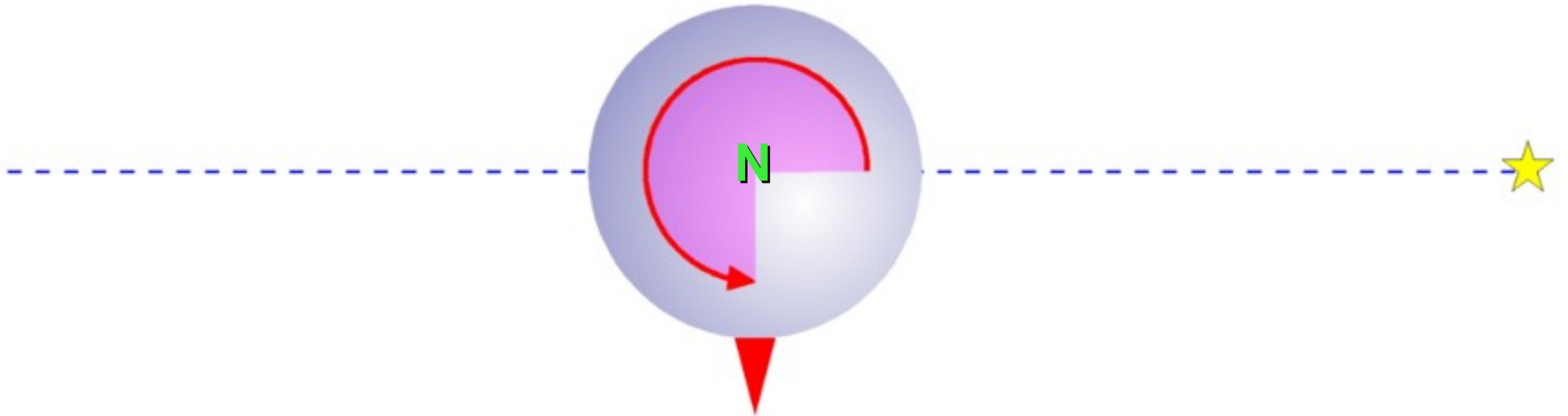


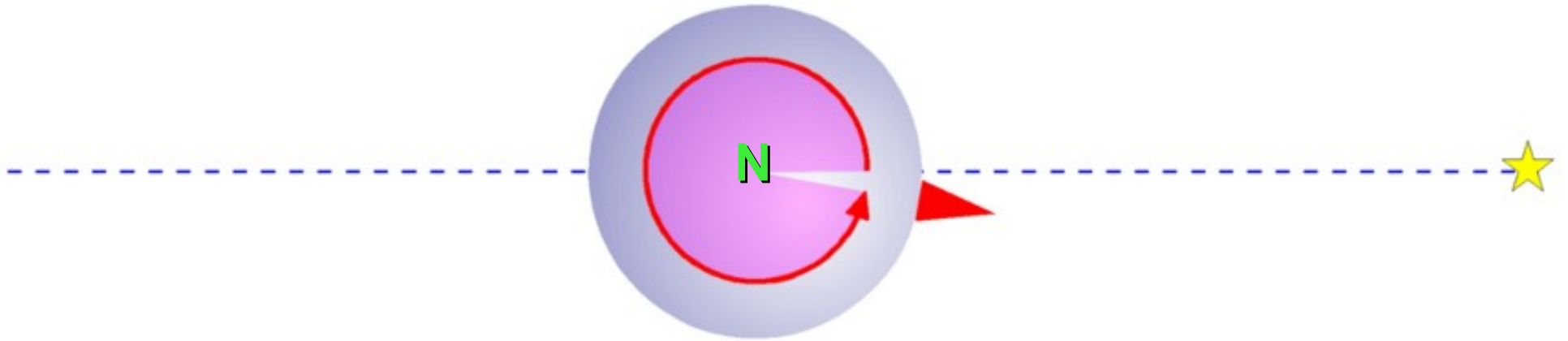


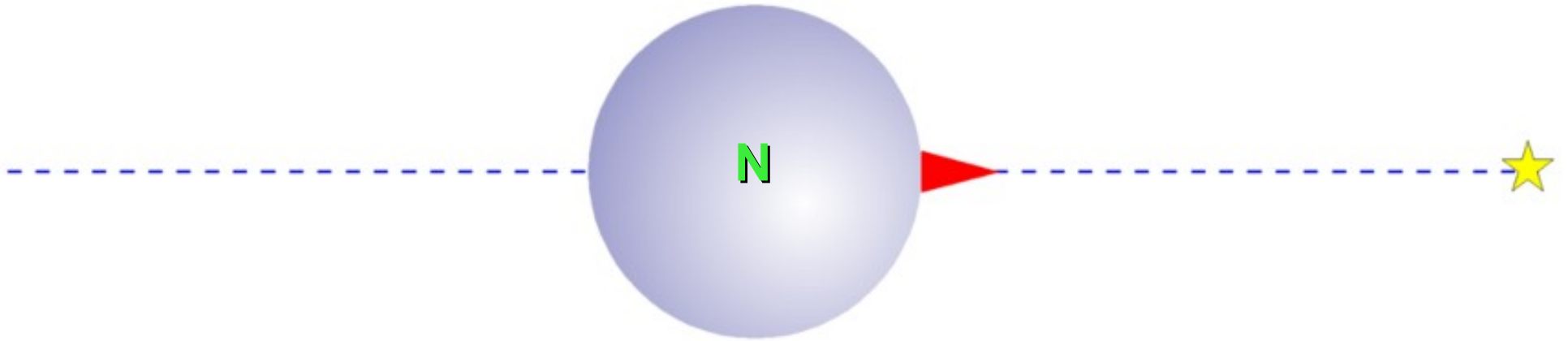


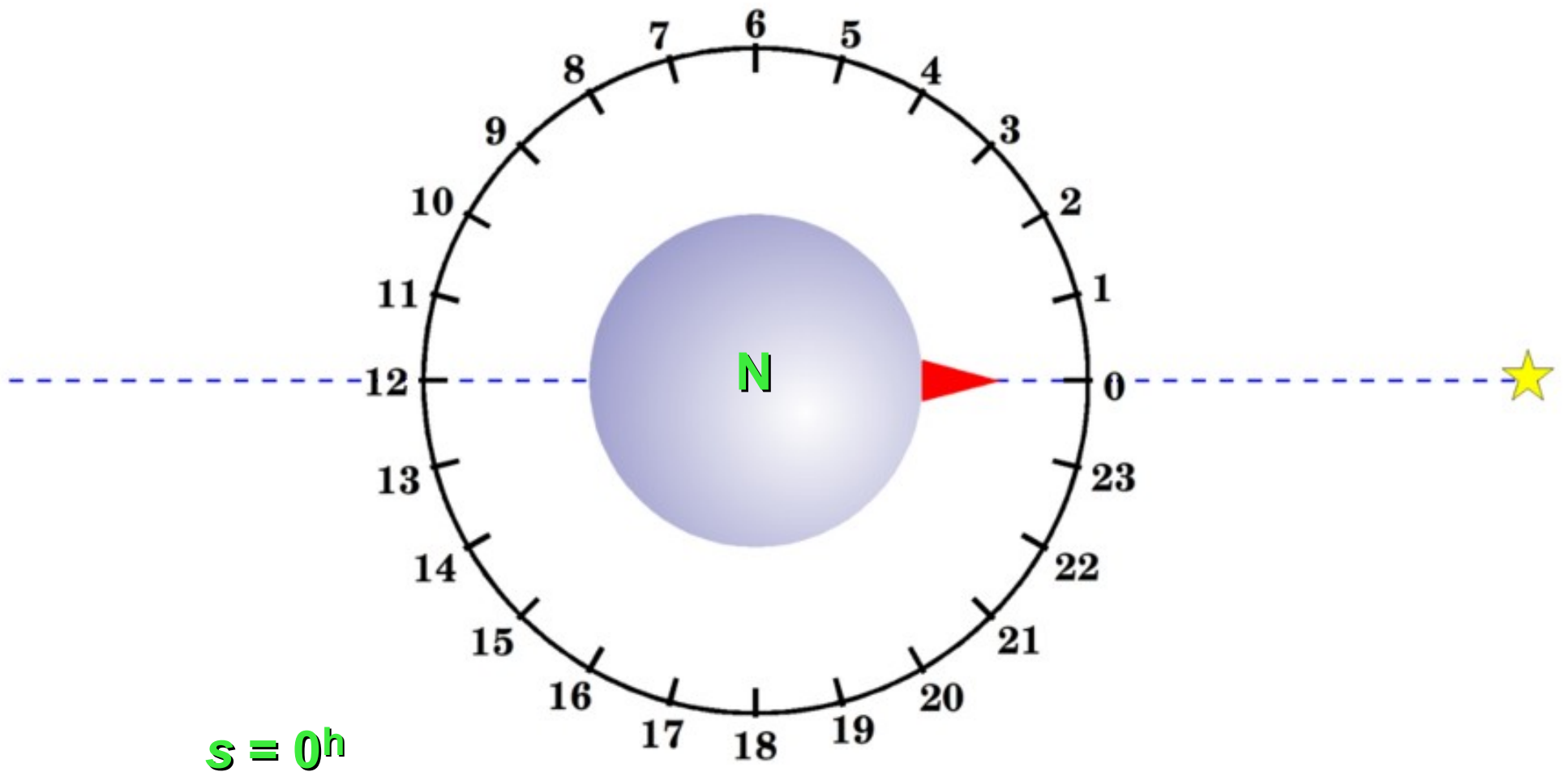




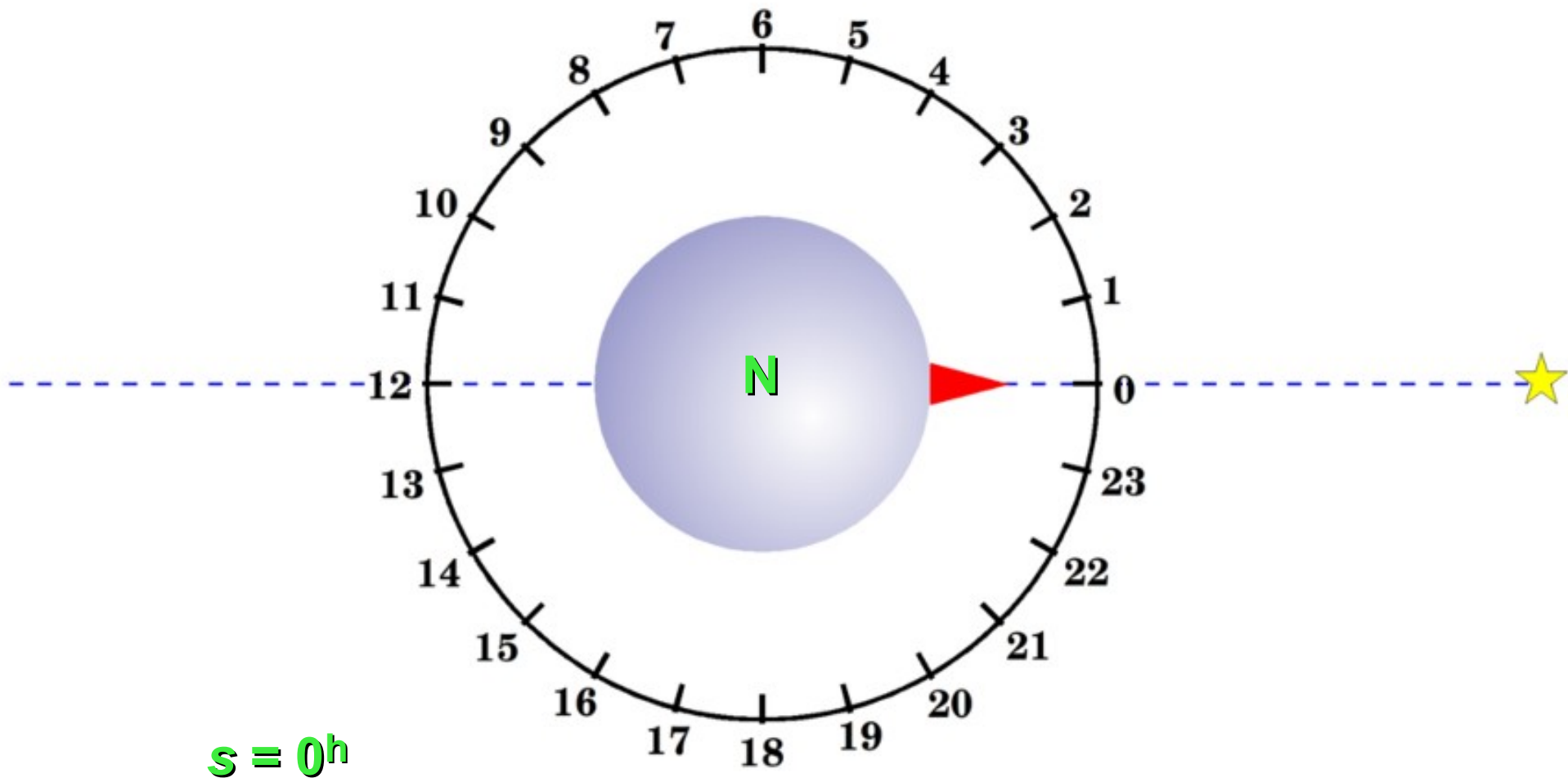




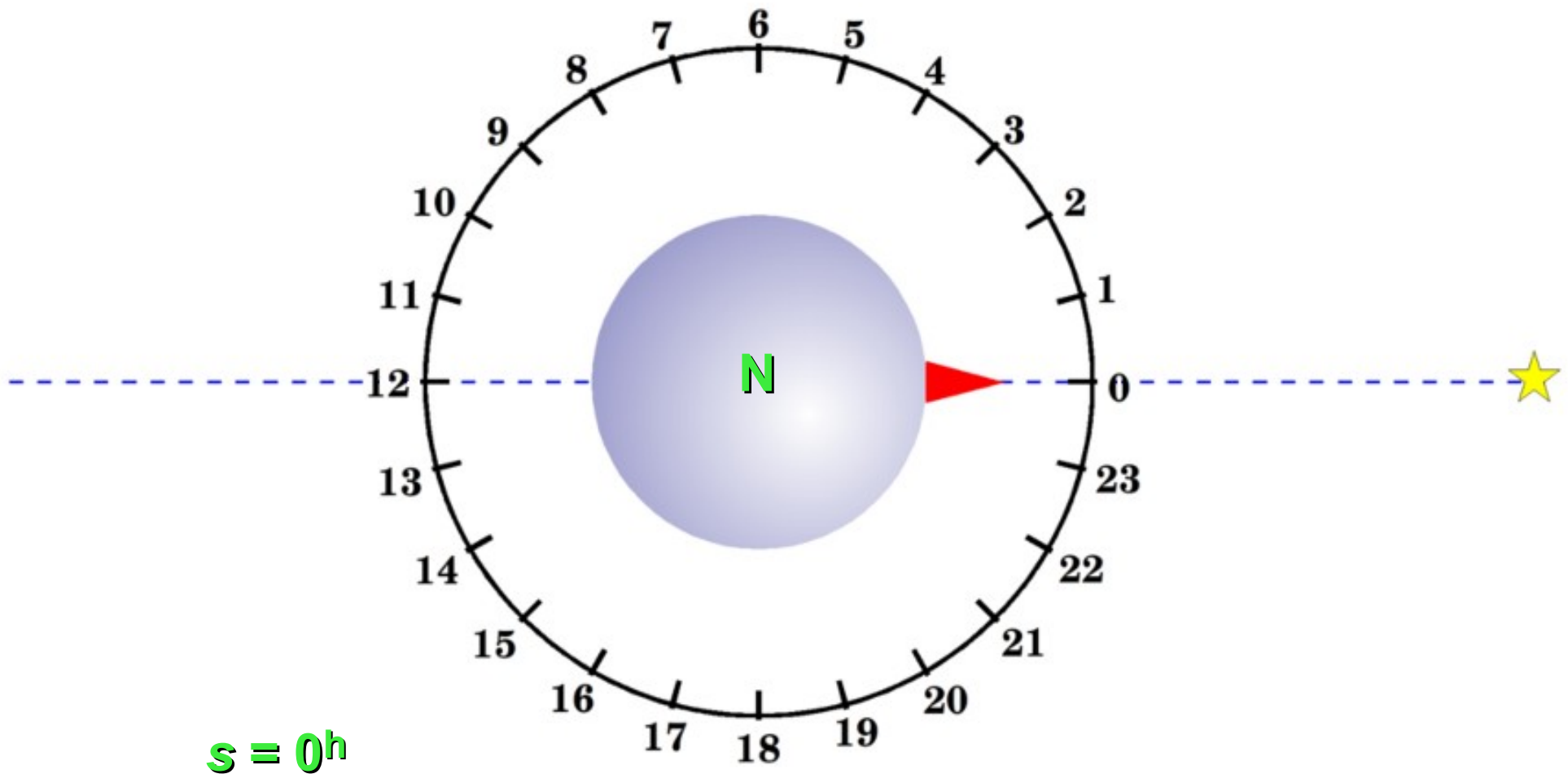




$s = 0h$



Czemu taka dziwna tarcza?

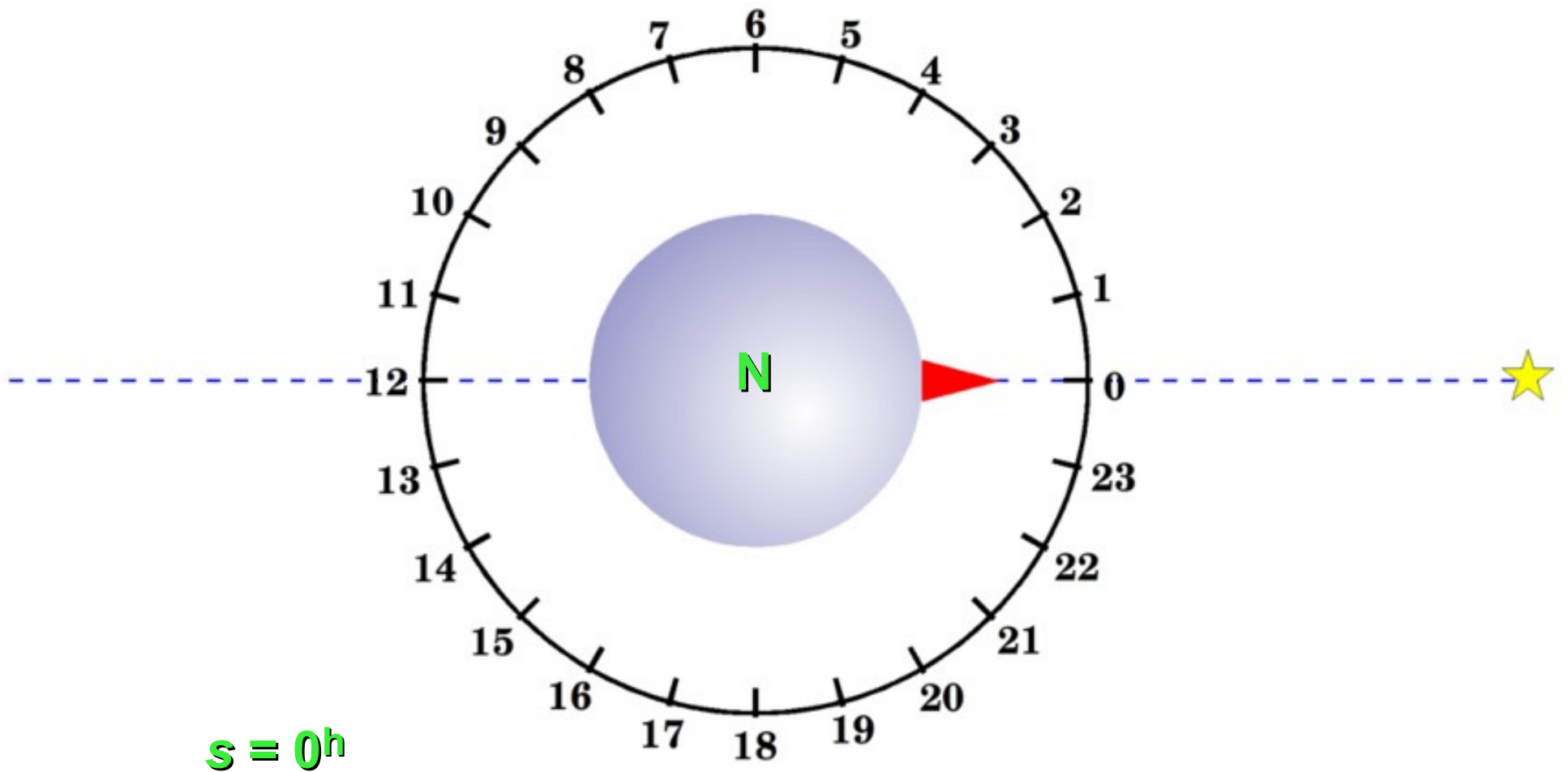


Czemu taka dziwna tarcza?

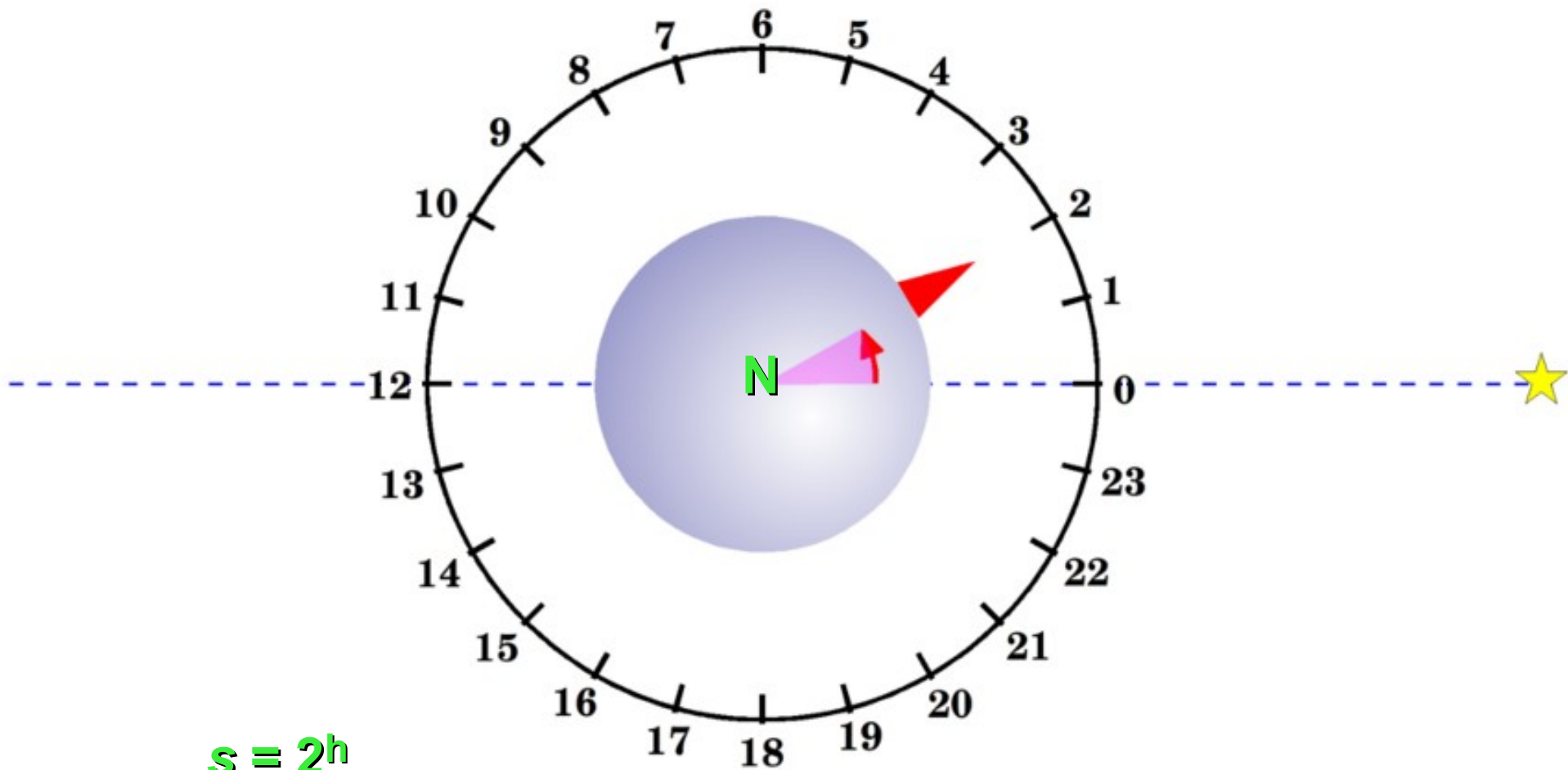
Bo astronomowie mierzą niektóre kąty w godzinach...

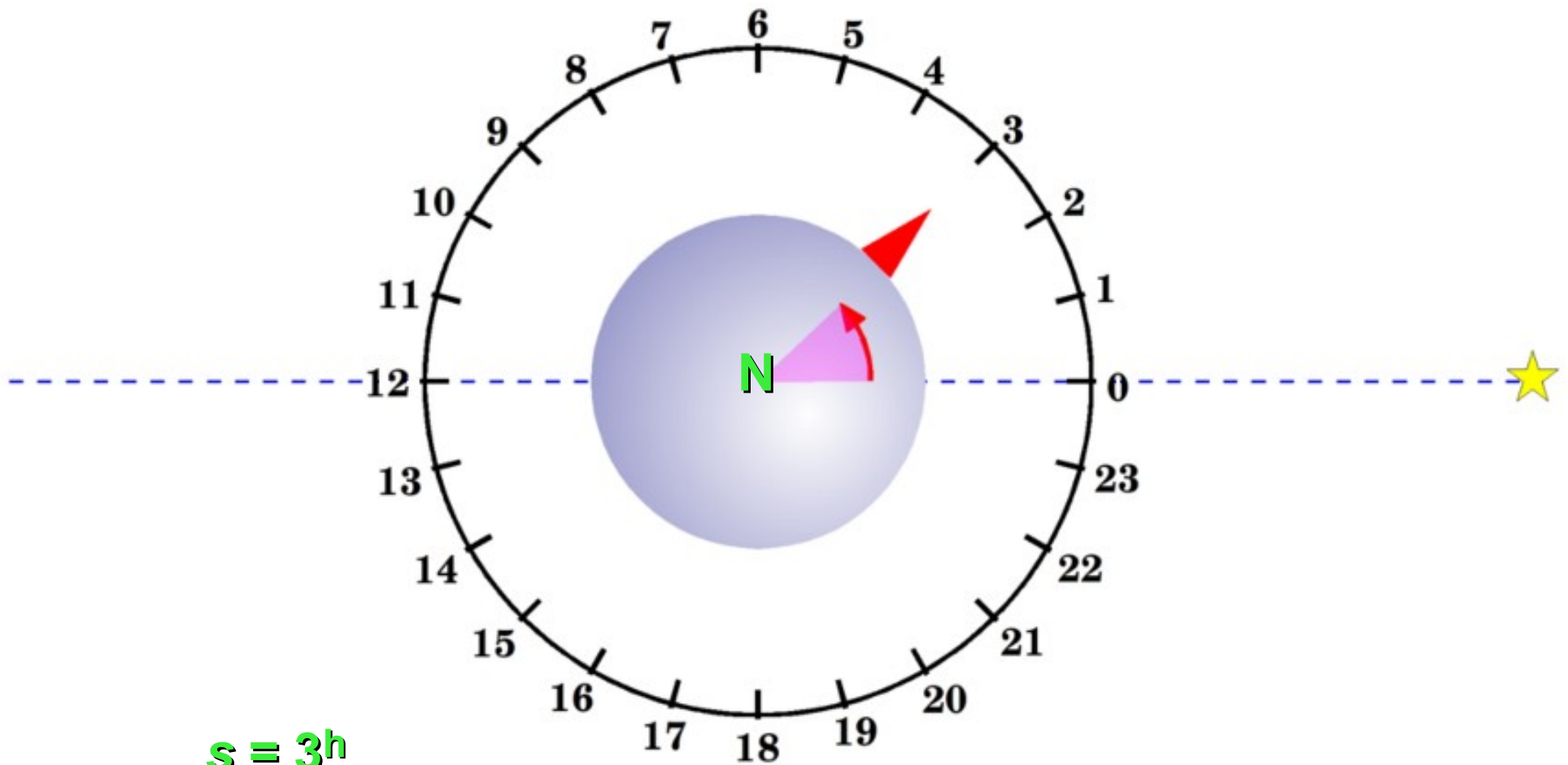
Miara czasowa kątów

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

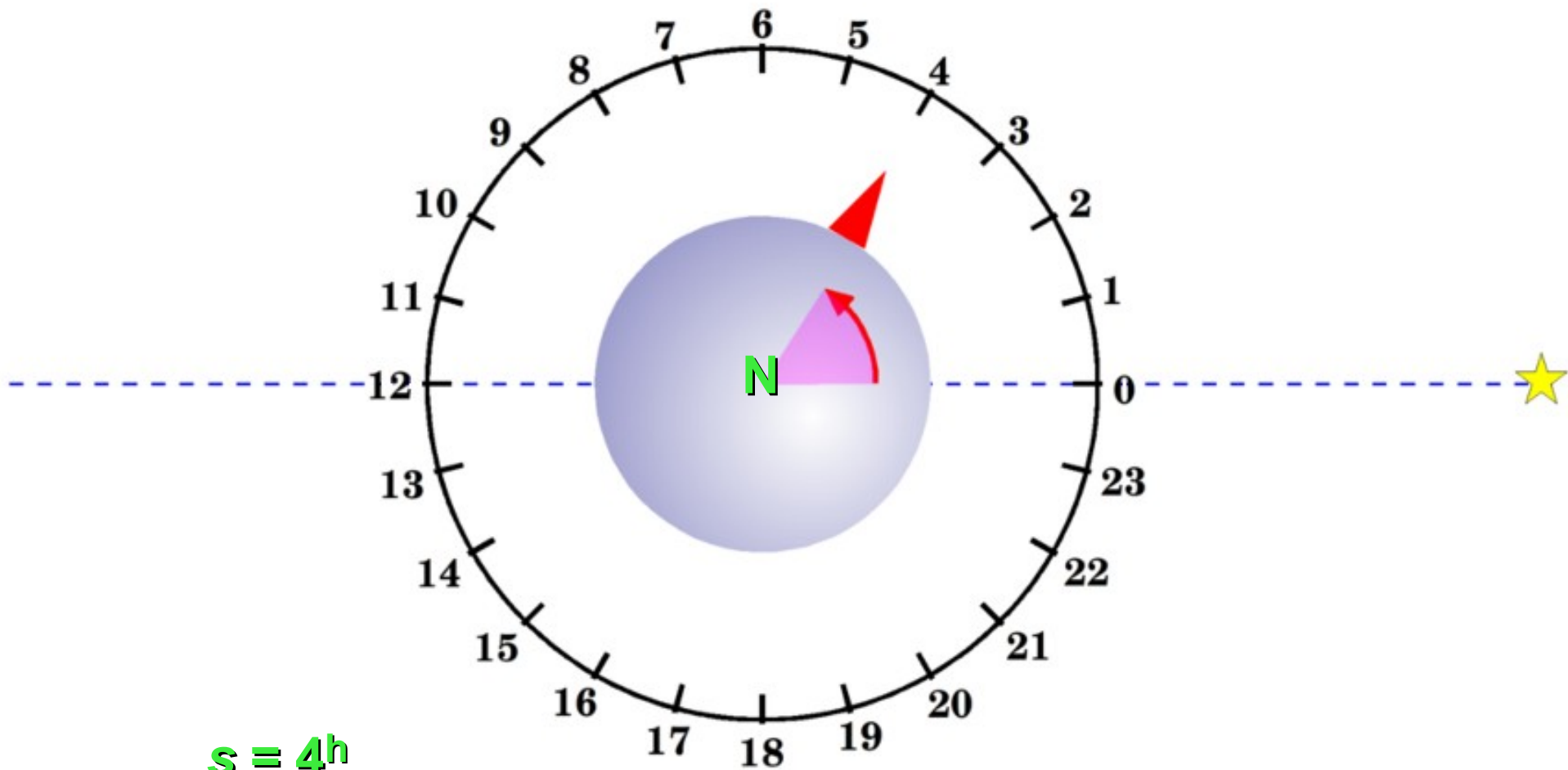


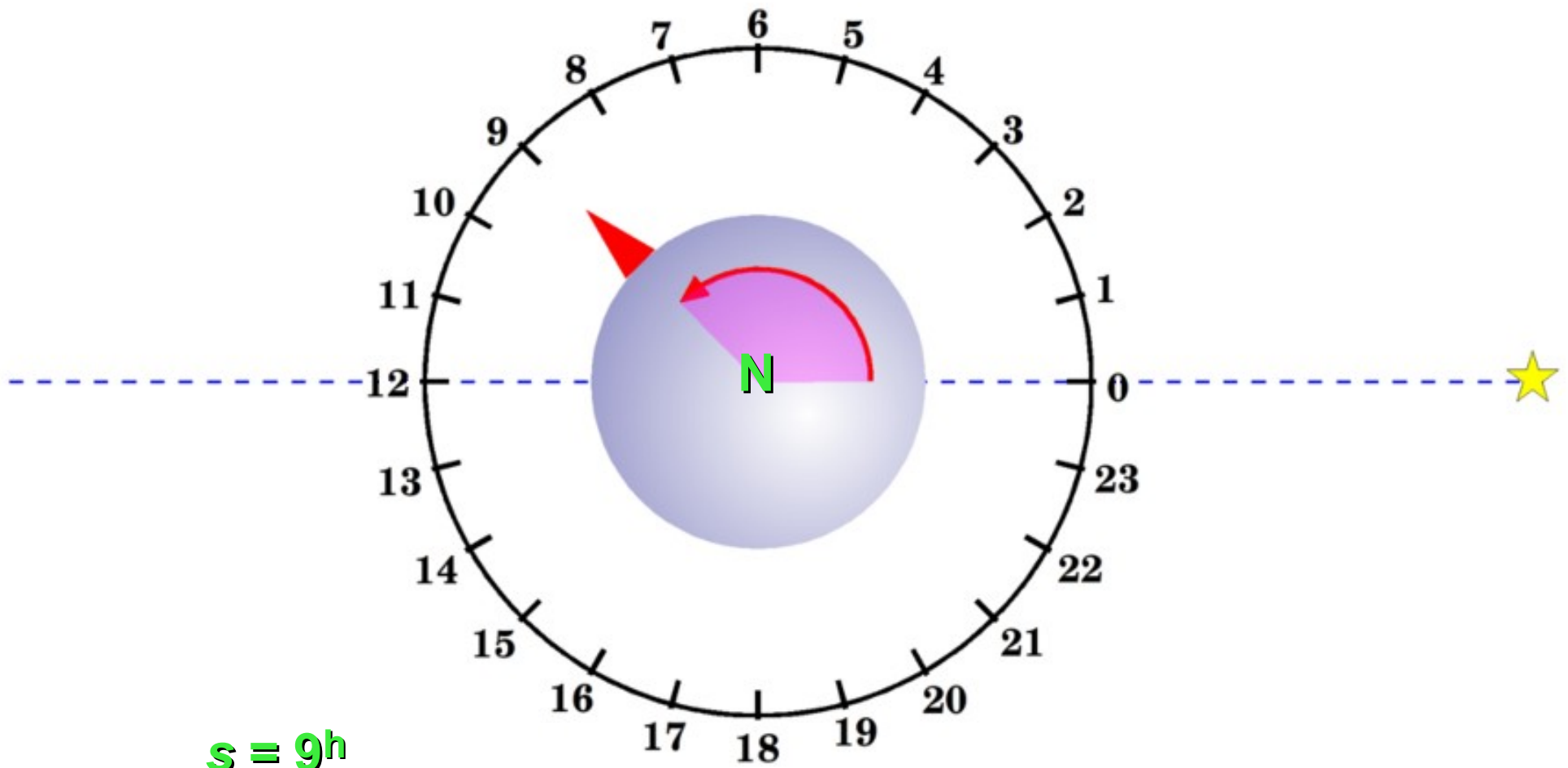
$s = 0h$



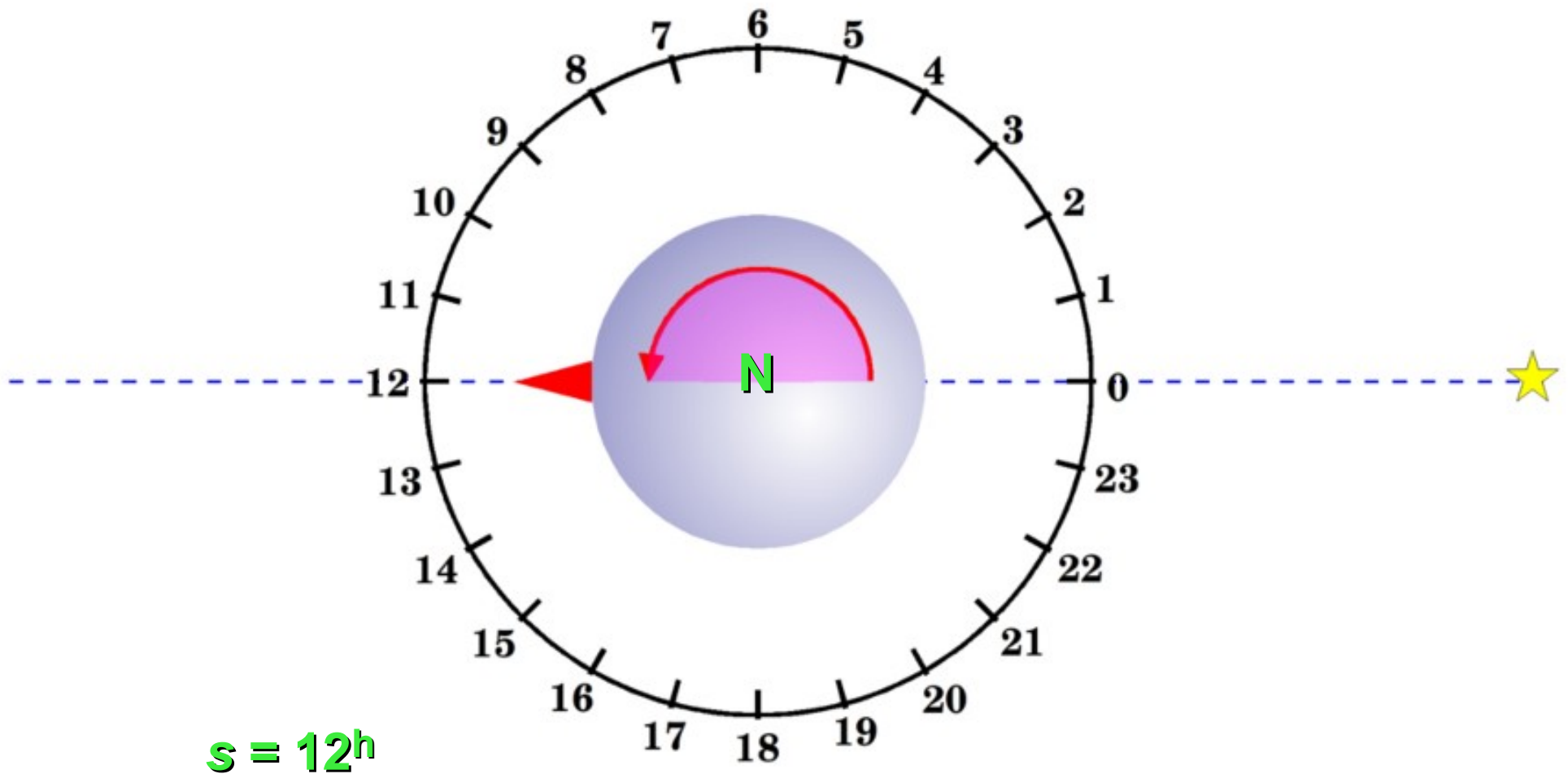


$s = 3h$

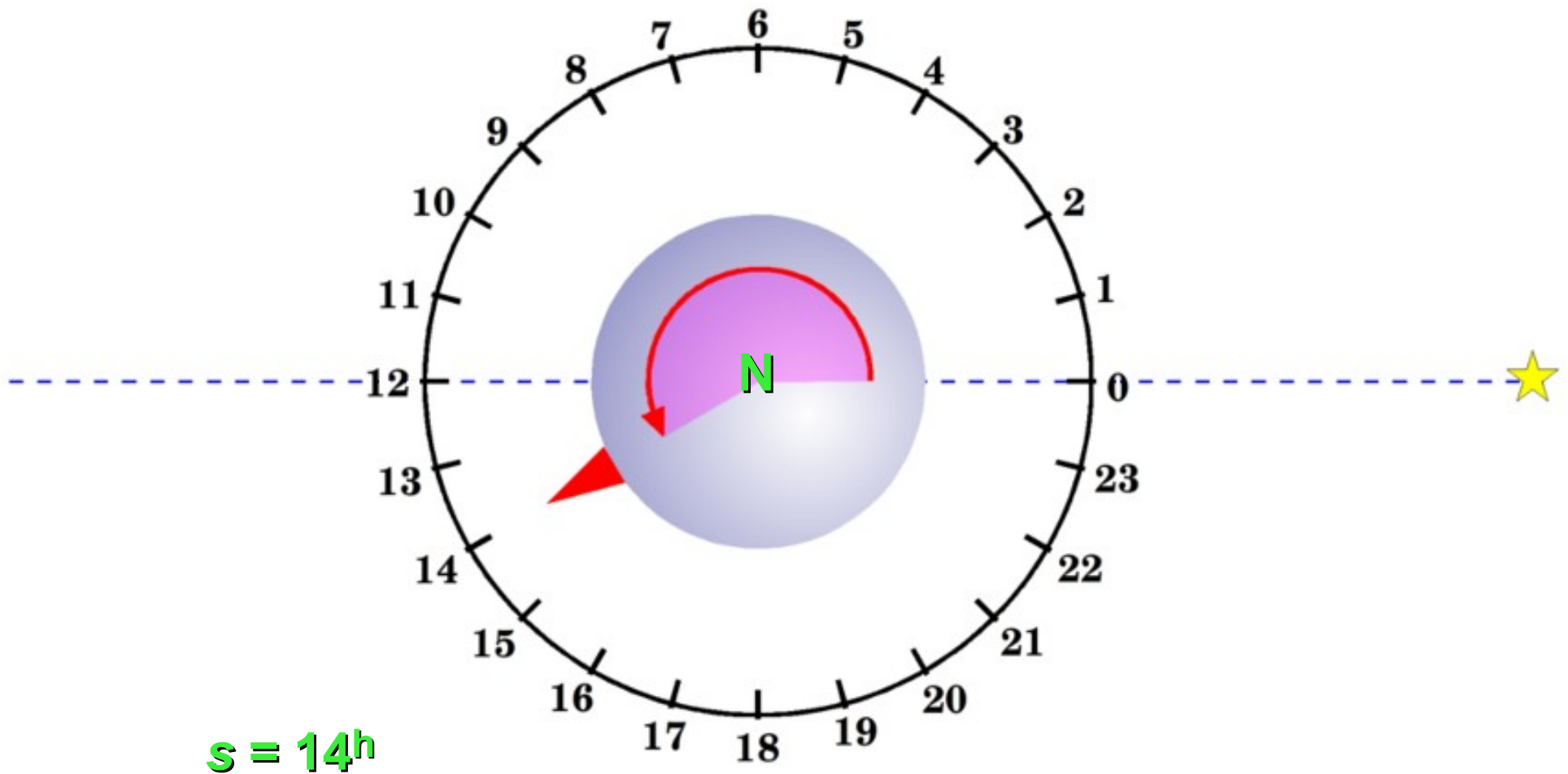




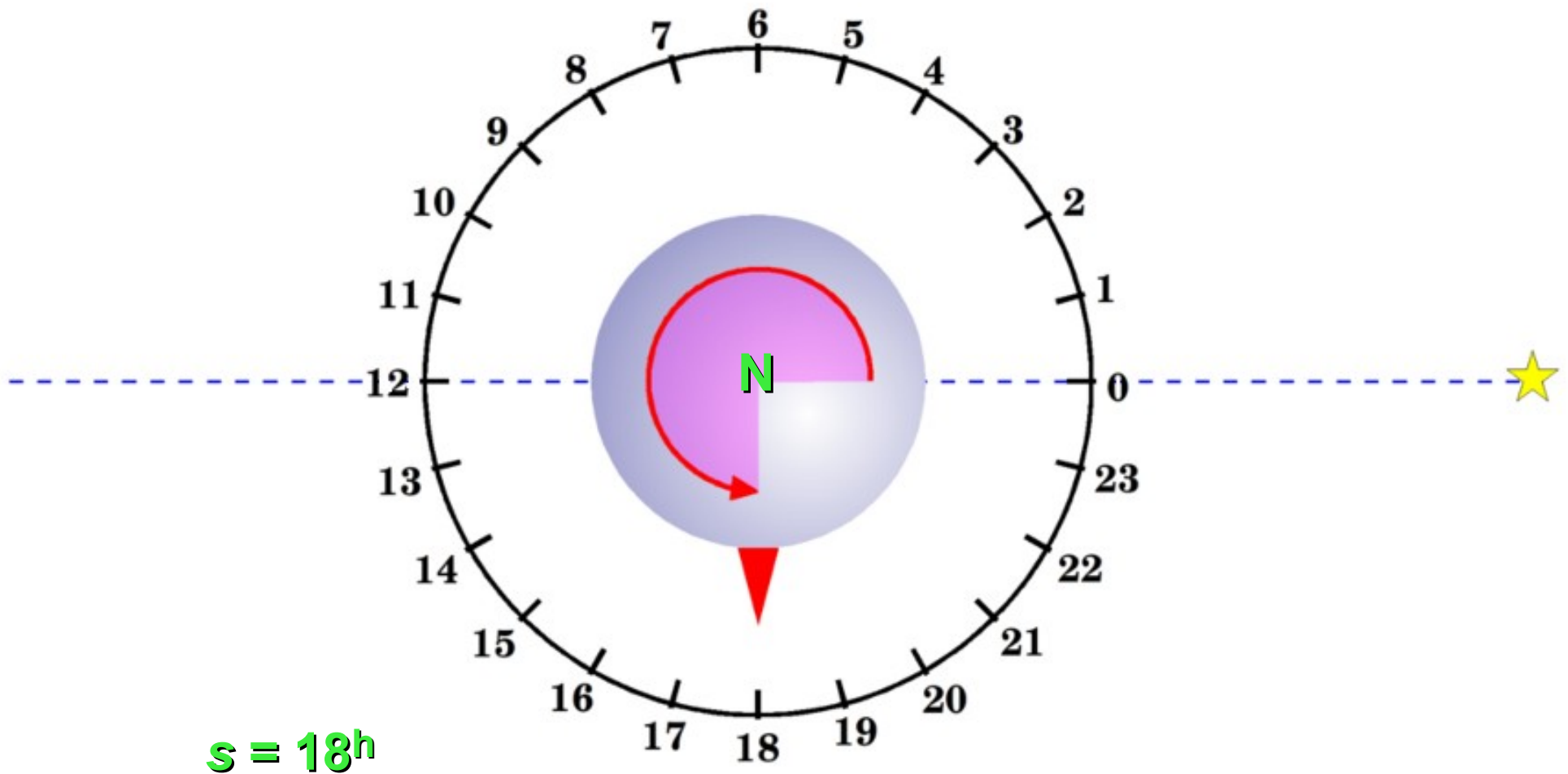
$$s = gh$$

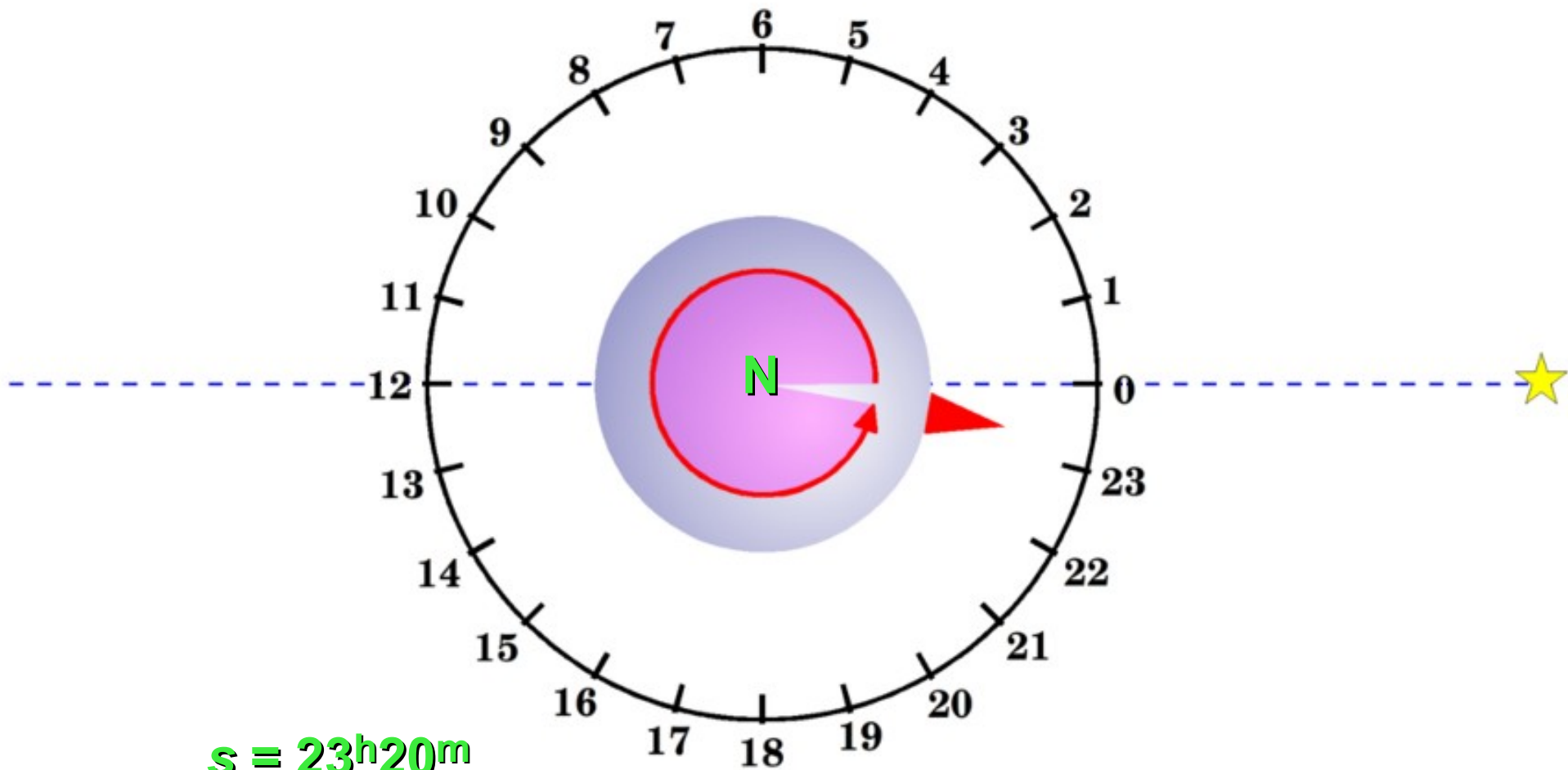


$s = 12^h$



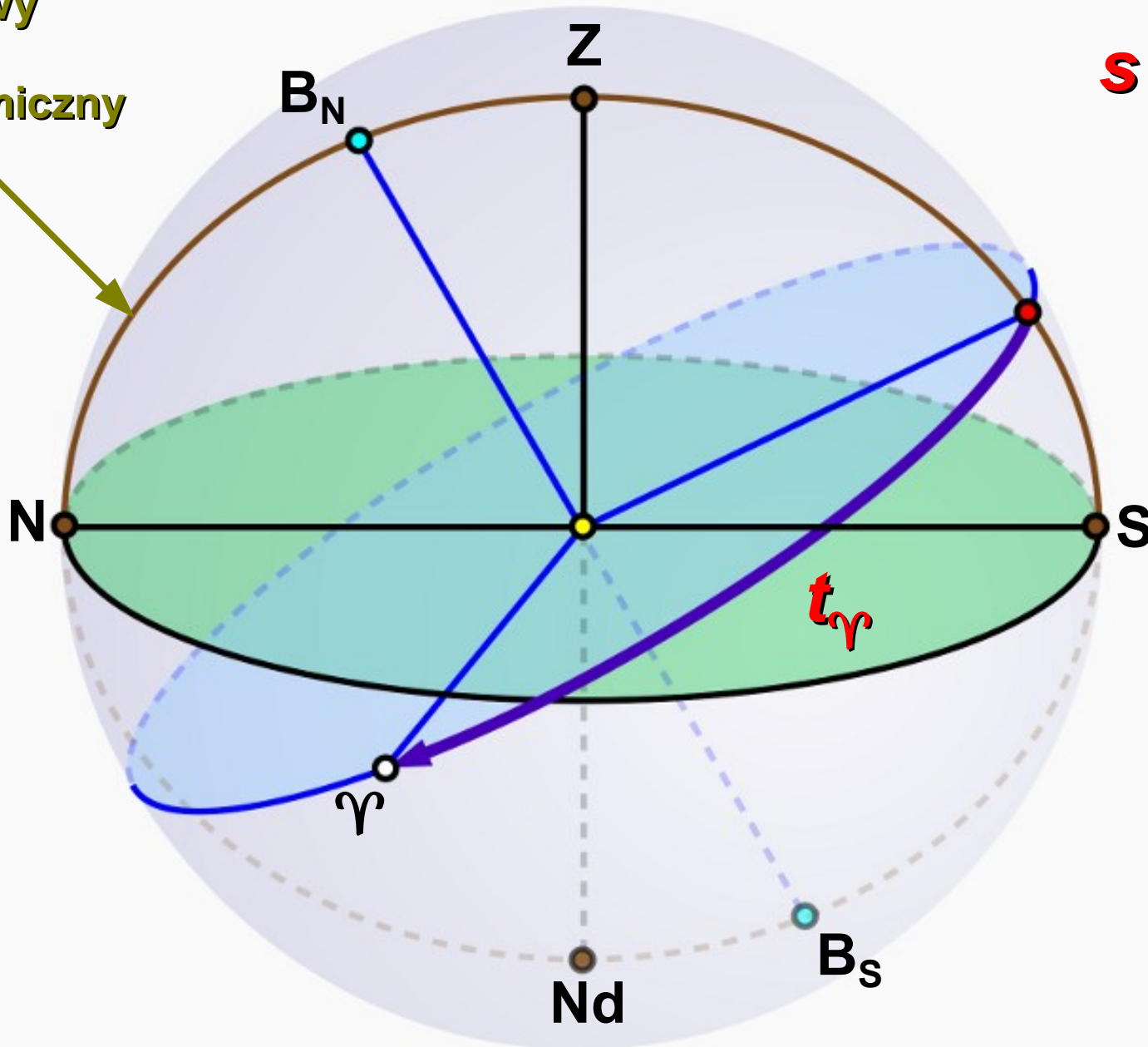
$s = 14h$





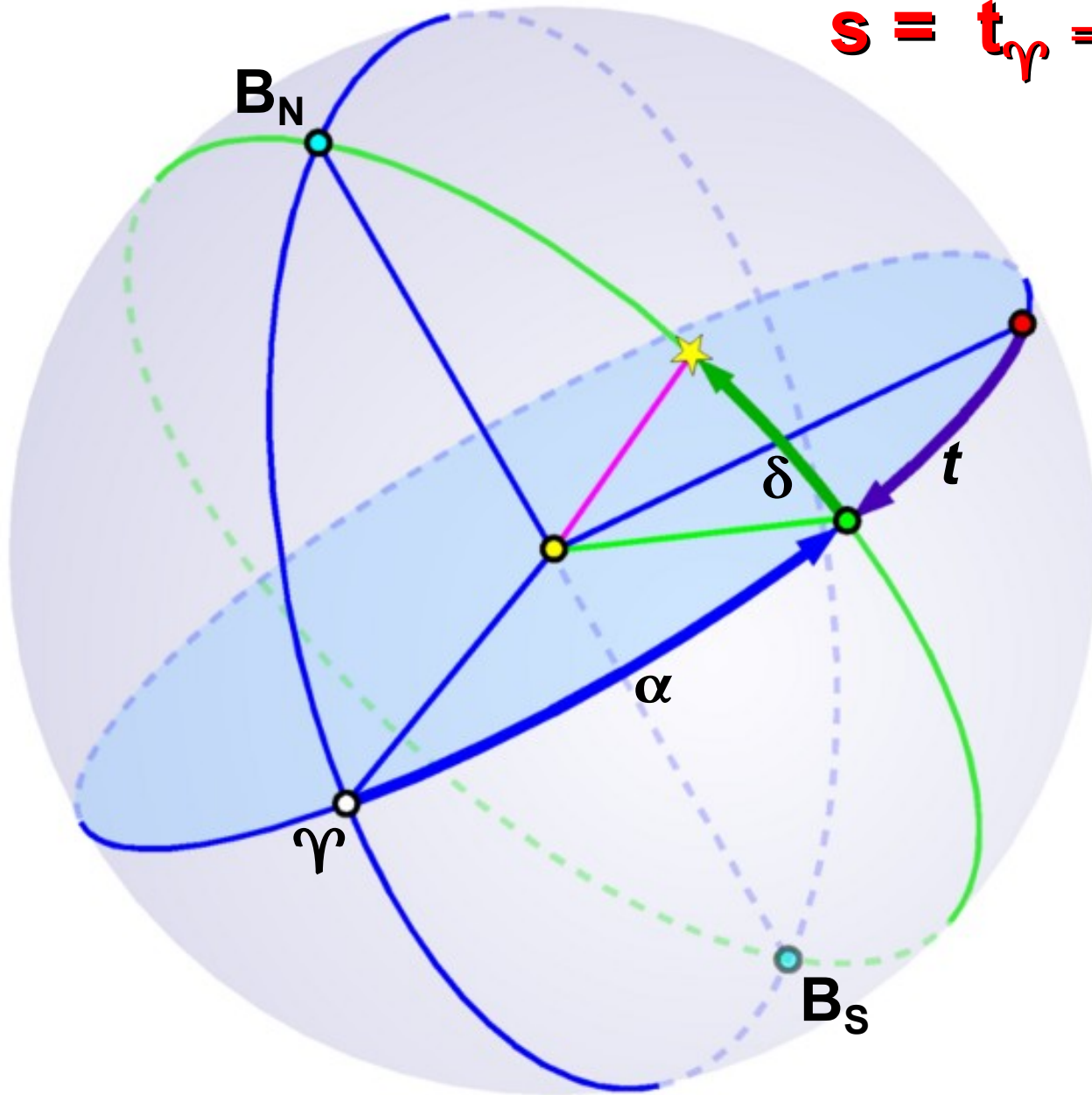
$s = 23^{\text{h}}20^{\text{m}}$

miejskowy
południk
astronomiczny



Definicja: czas gwiazdowy to kąt godzinny punktu Barana

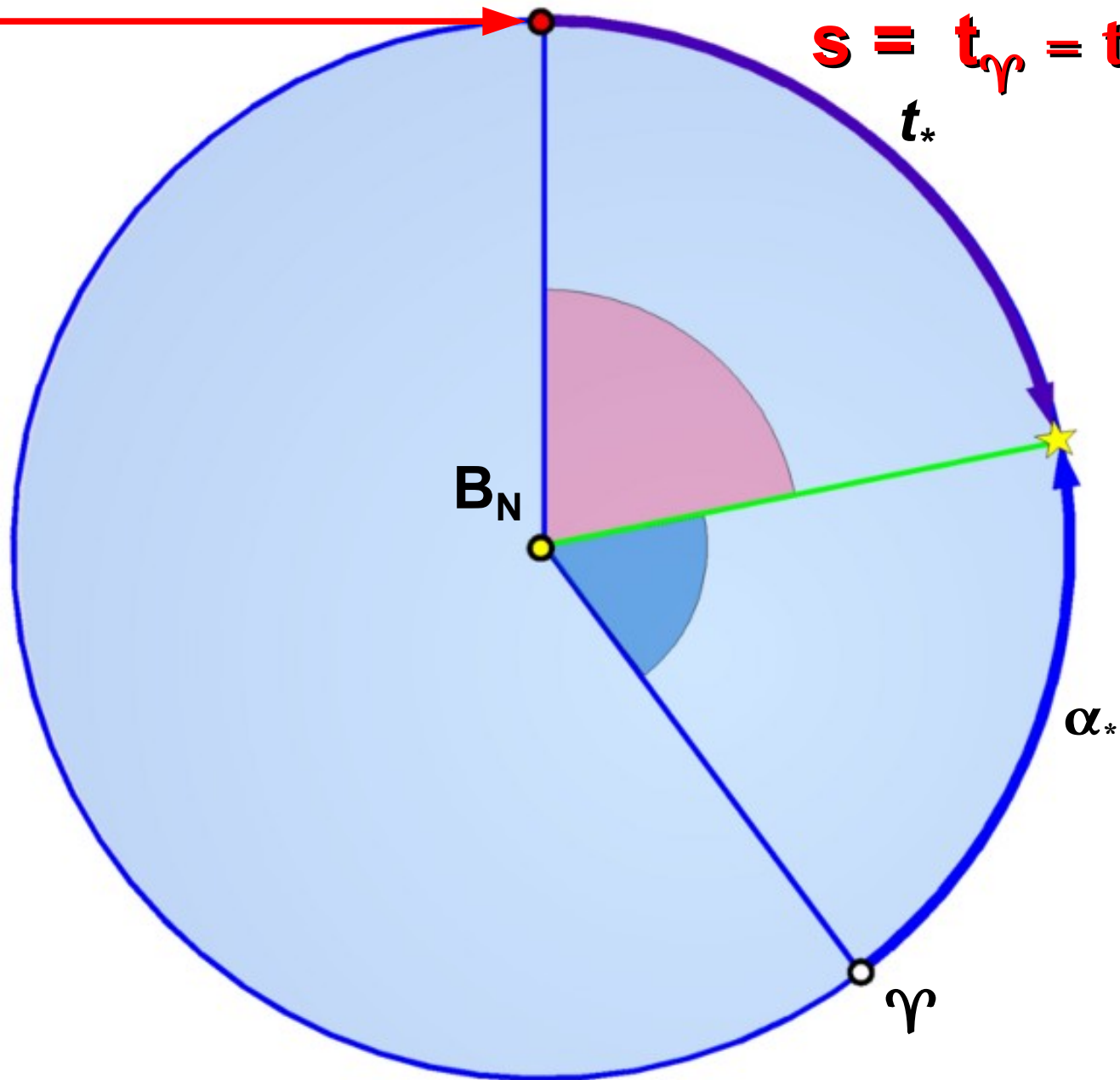
$$\mathbf{s} = \mathbf{t}_\gamma = \mathbf{t}_* + \boldsymbol{\alpha}_*$$



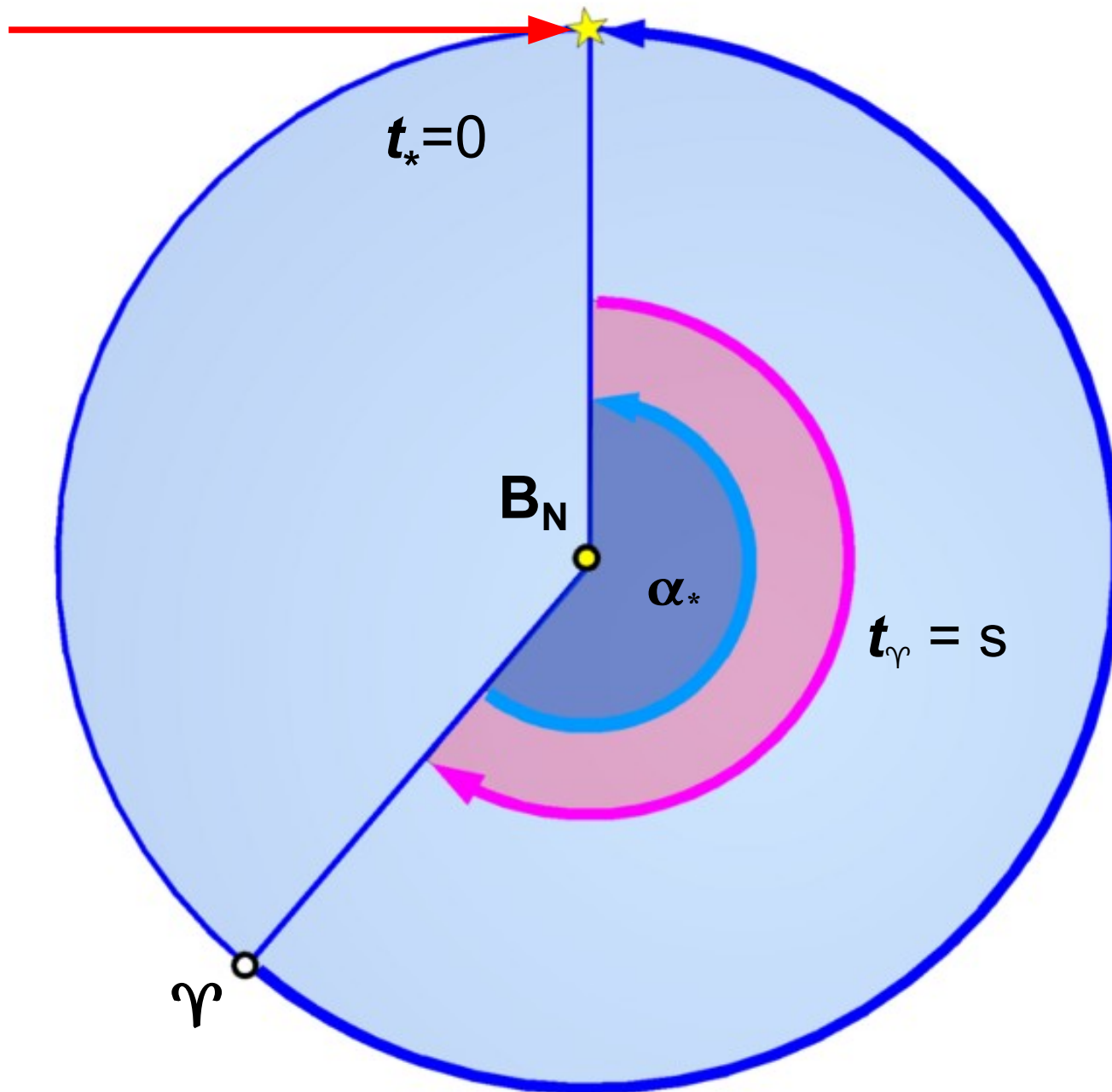
punkt
górowania
na równiku



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



punkt
górowania
na równiku



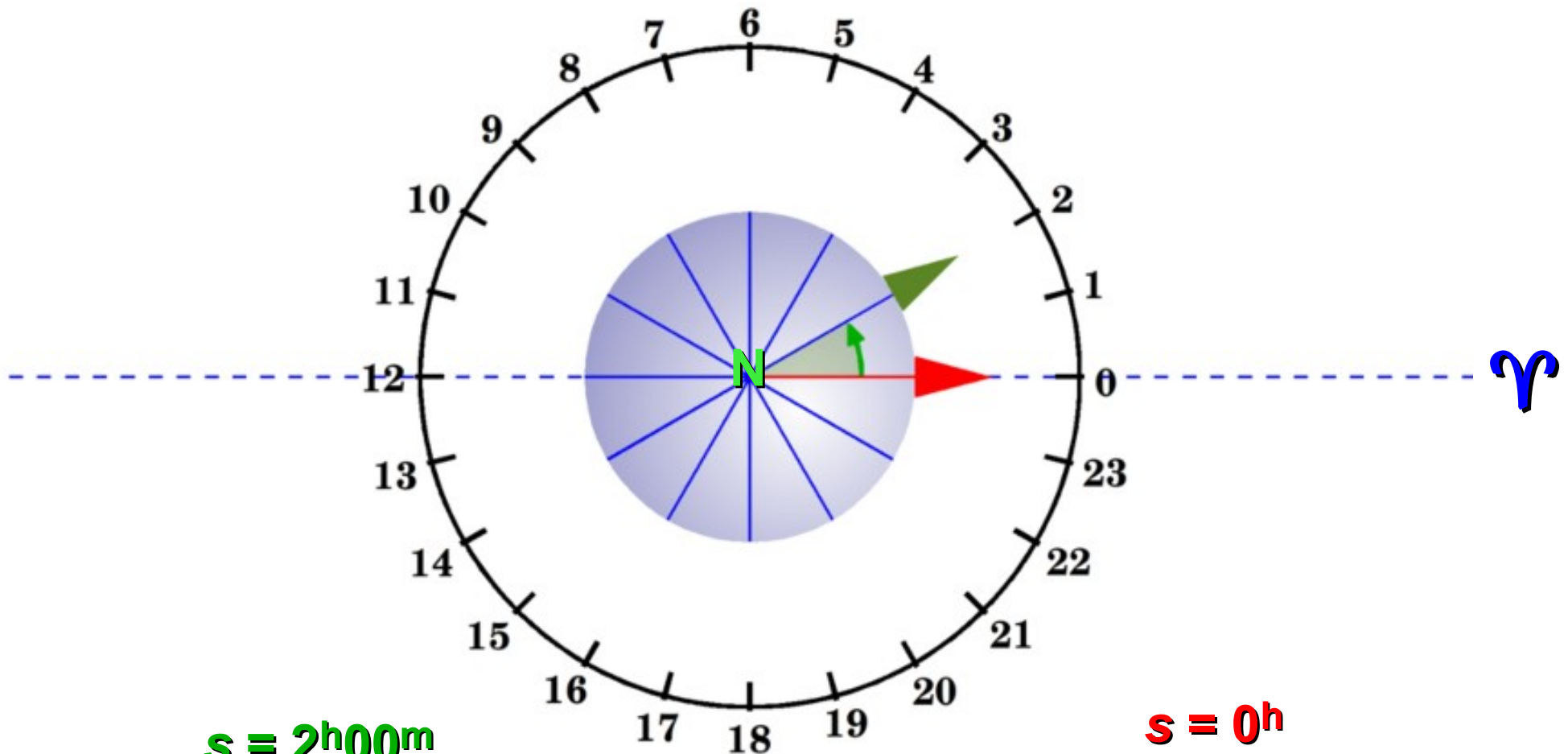
Czas gwiazdowy (t_γ) jest zawsze równy rektascensji gwiazd górujących!

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.

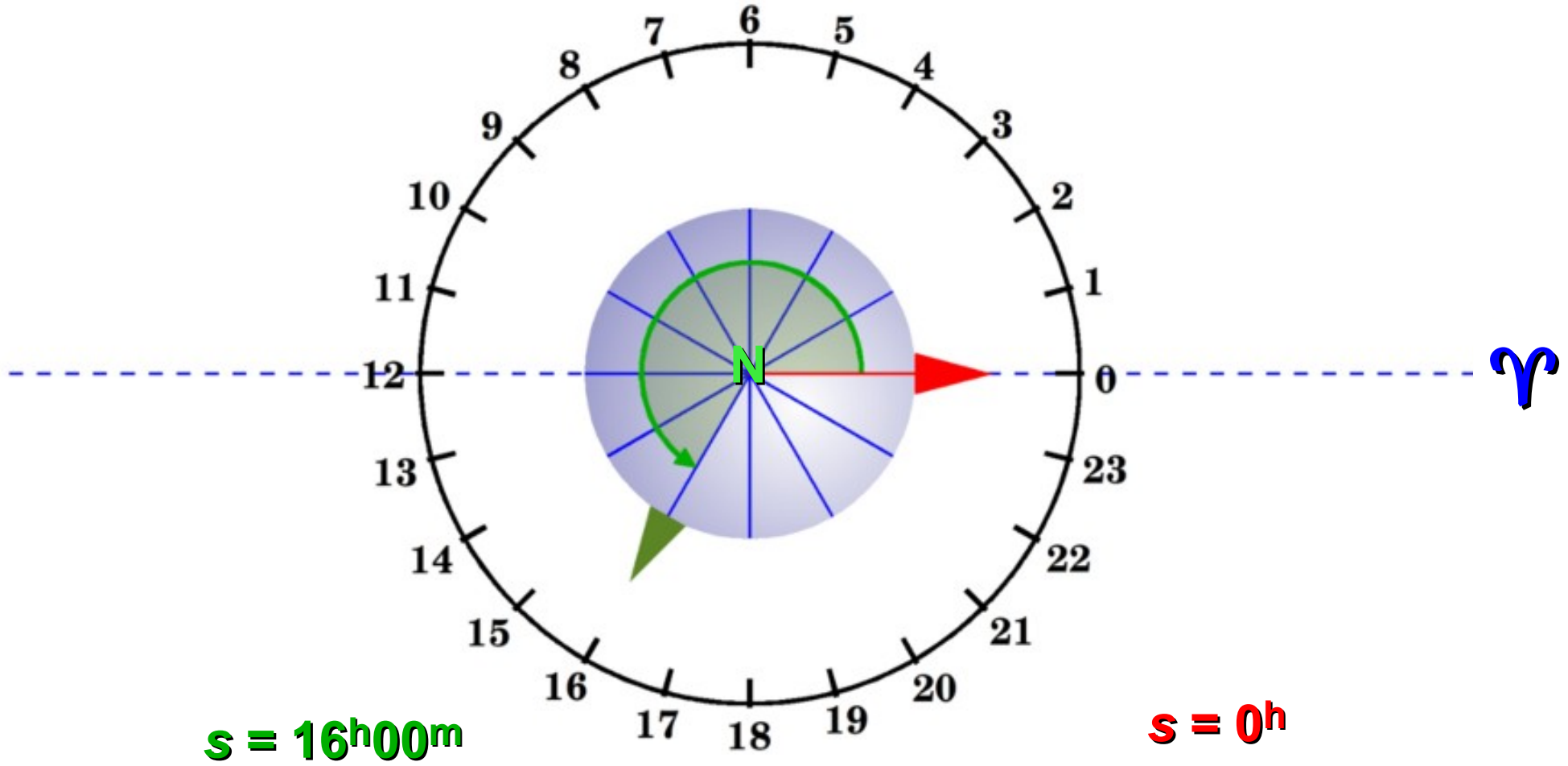
$$\lambda_E = 30^\circ = 2^h$$



$$s = 2^h00^m$$

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

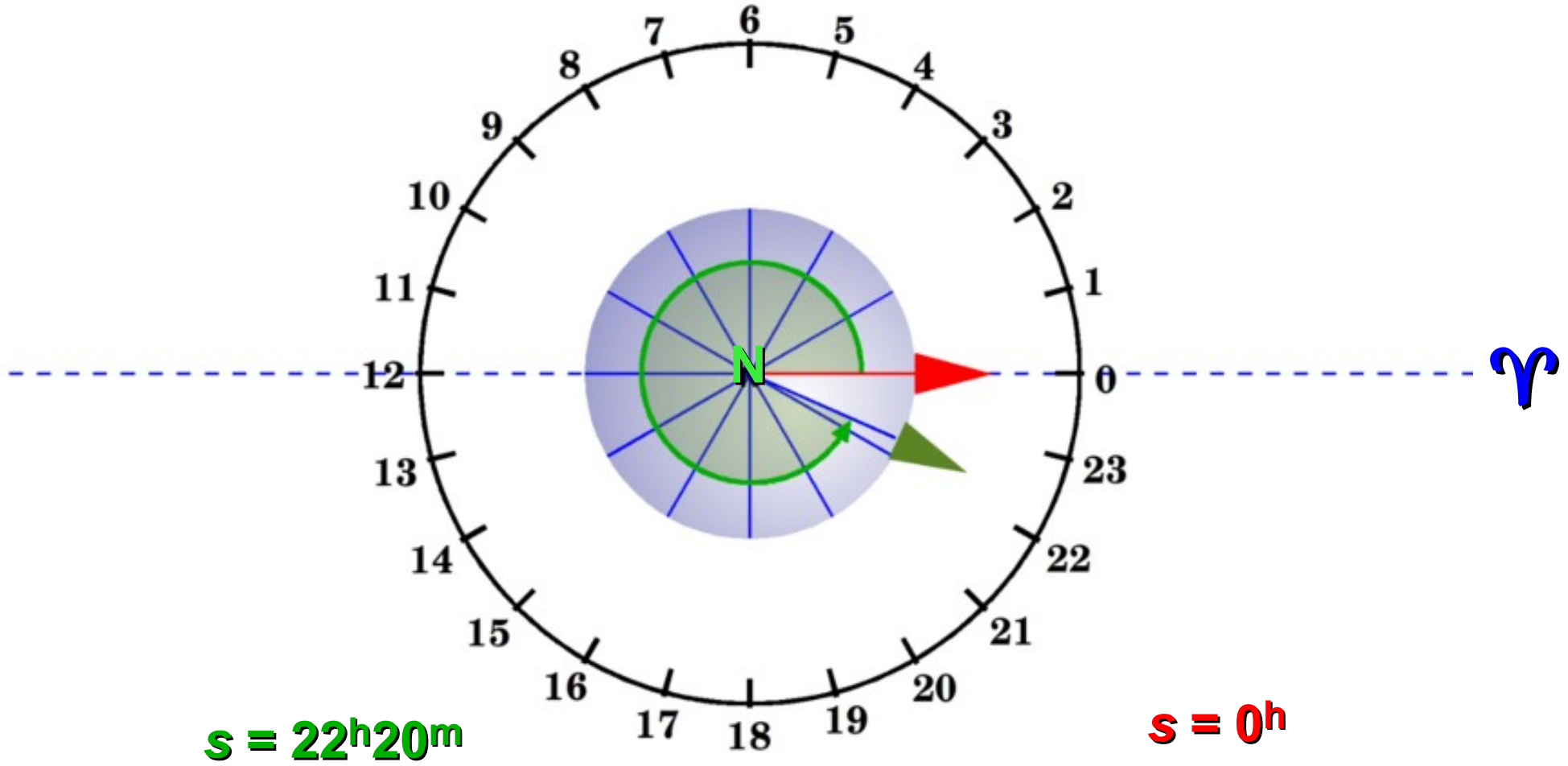
$$\lambda_E = 240^\circ = 16^{\text{h}}00^{\text{m}}$$



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

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

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



$$s = 22^{\text{h}}20^{\text{m}}$$

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

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

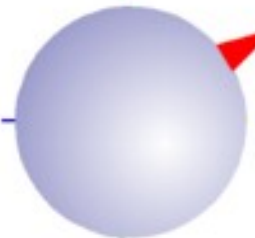
orbita Ziemi

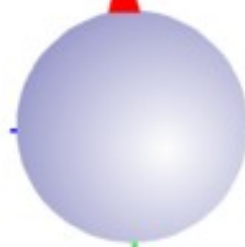


Definicja: czas słoneczny prawdziwy to kąt godzinny środka tarczy Słońca powiększony o 12^h.

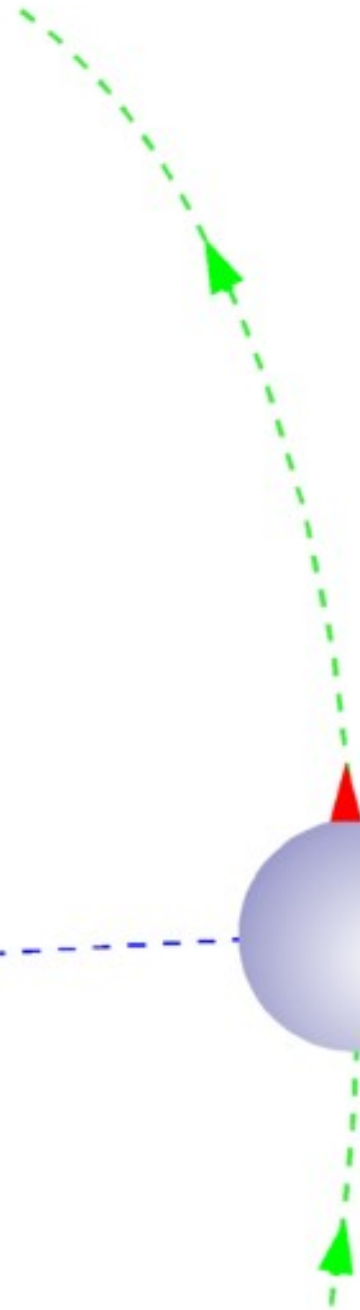
Chodzi o to by początek doby (godzina 0) był o północy.

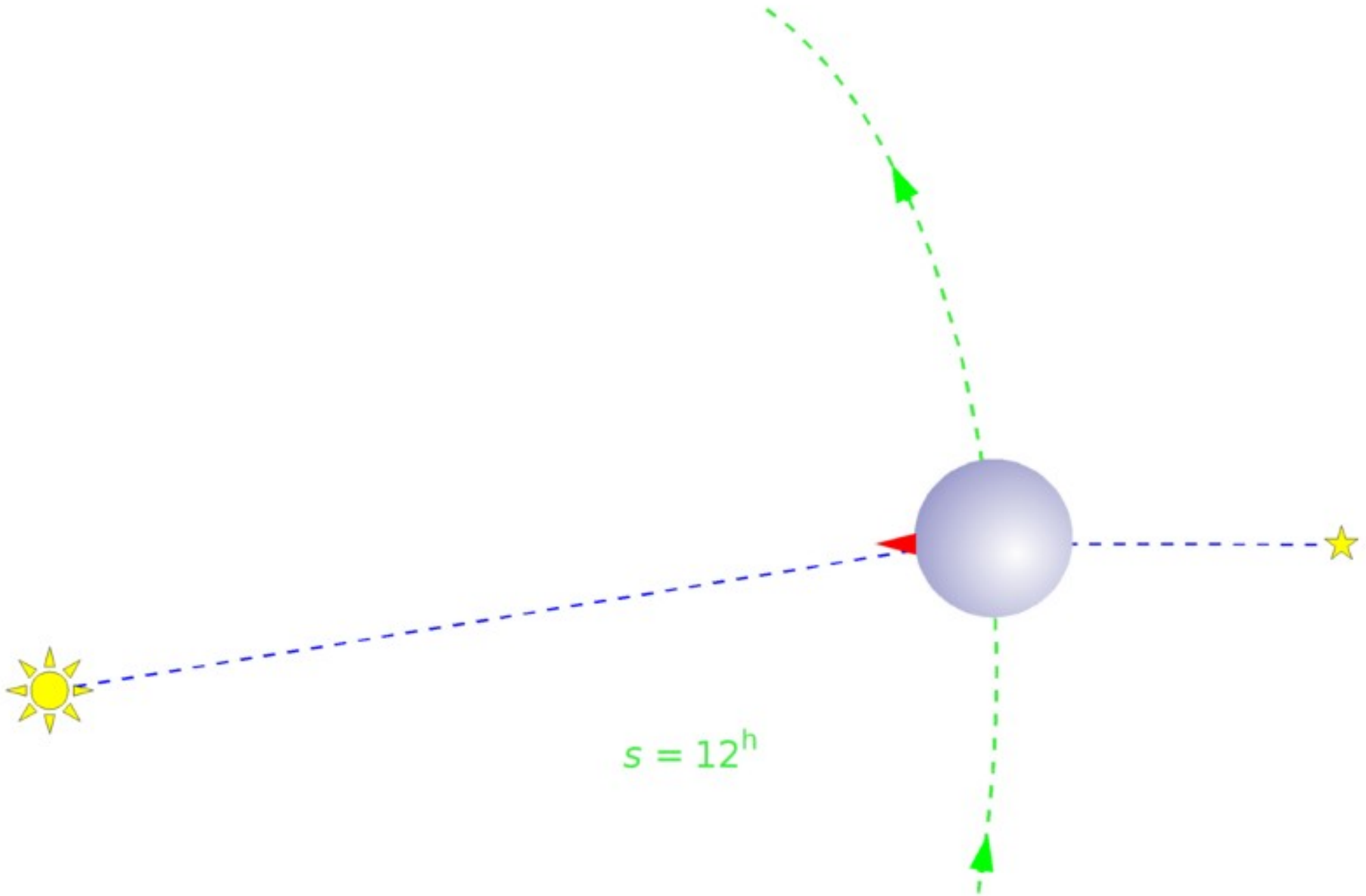




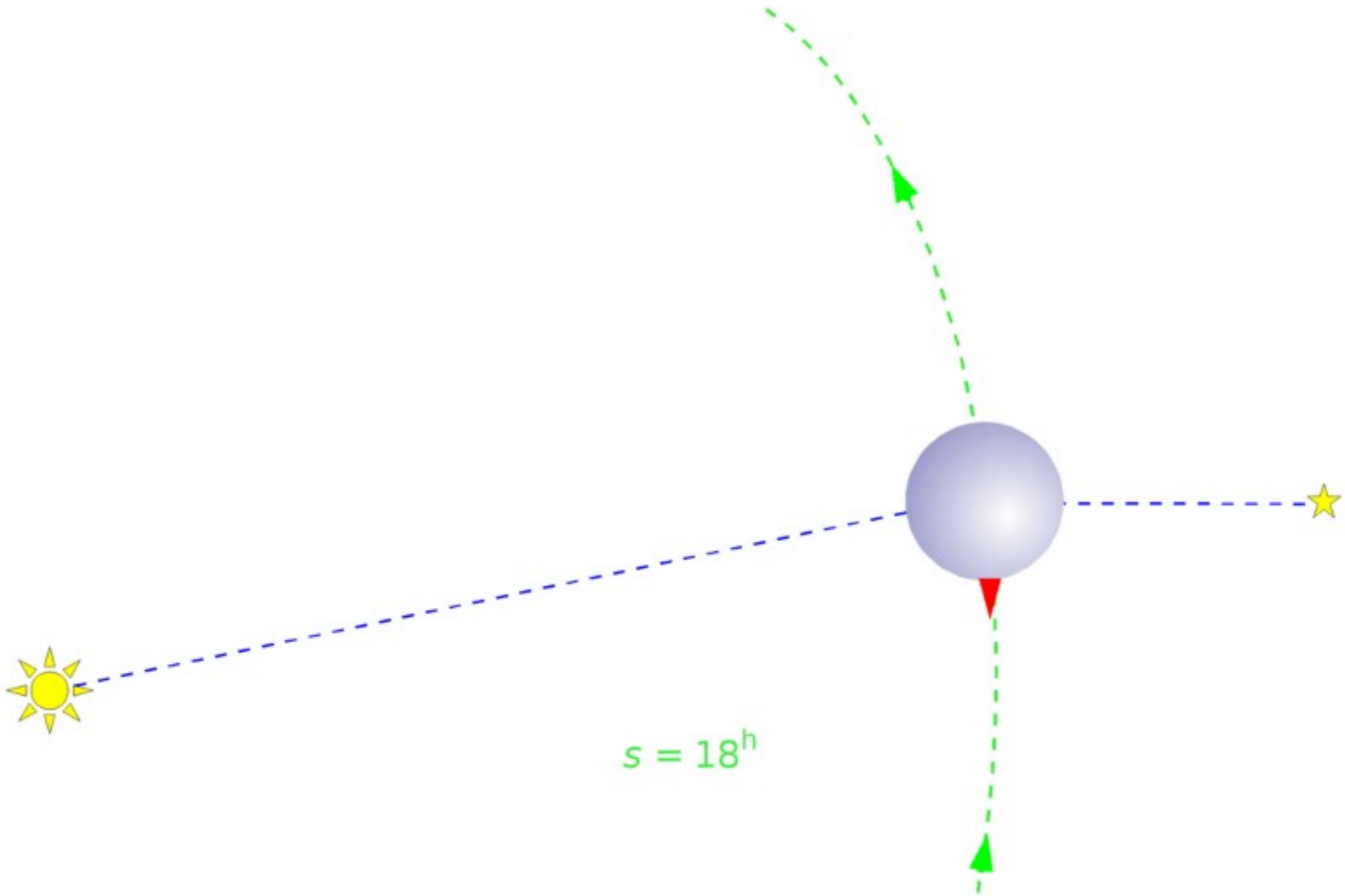


$s = 6^h$

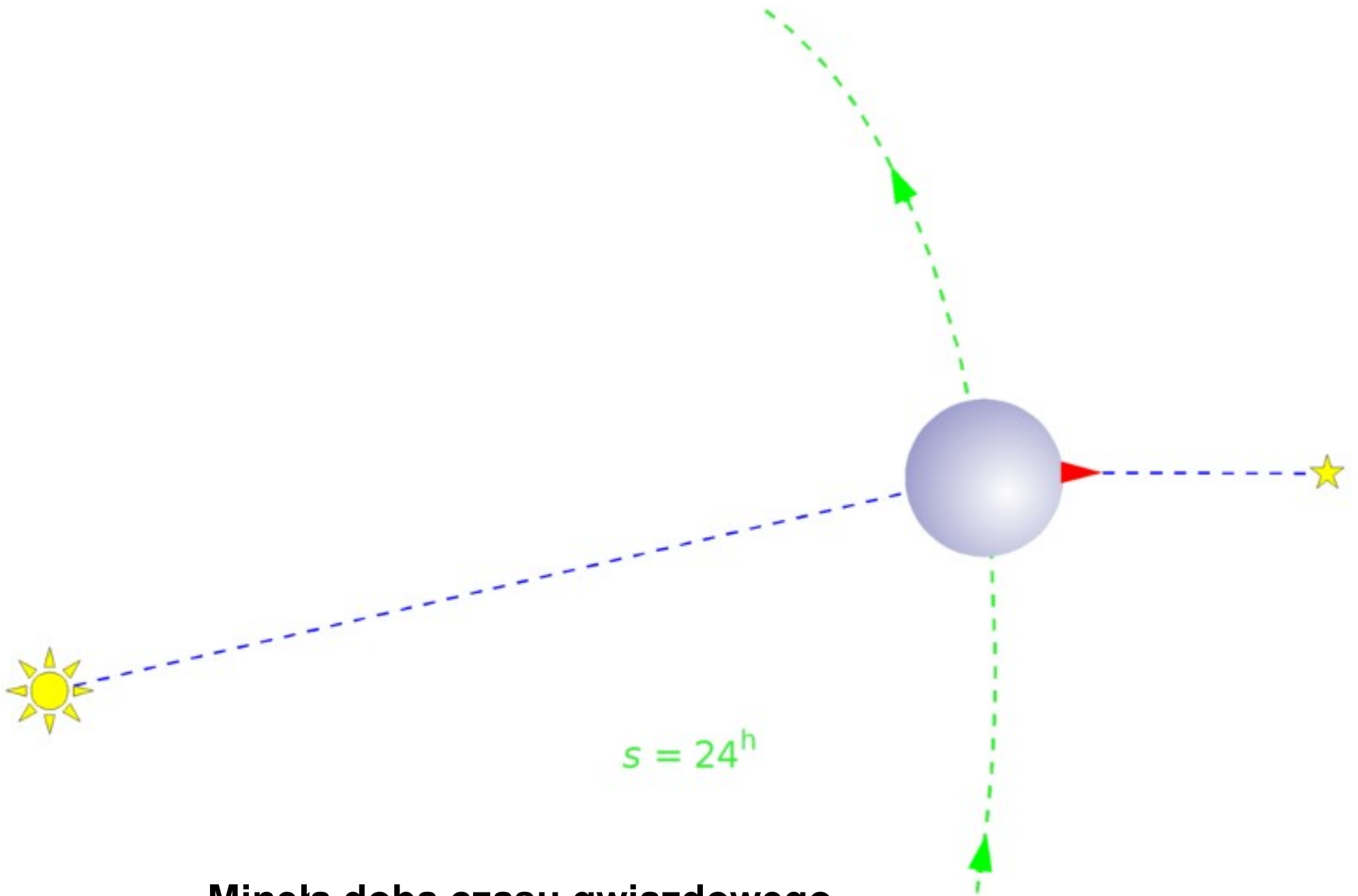




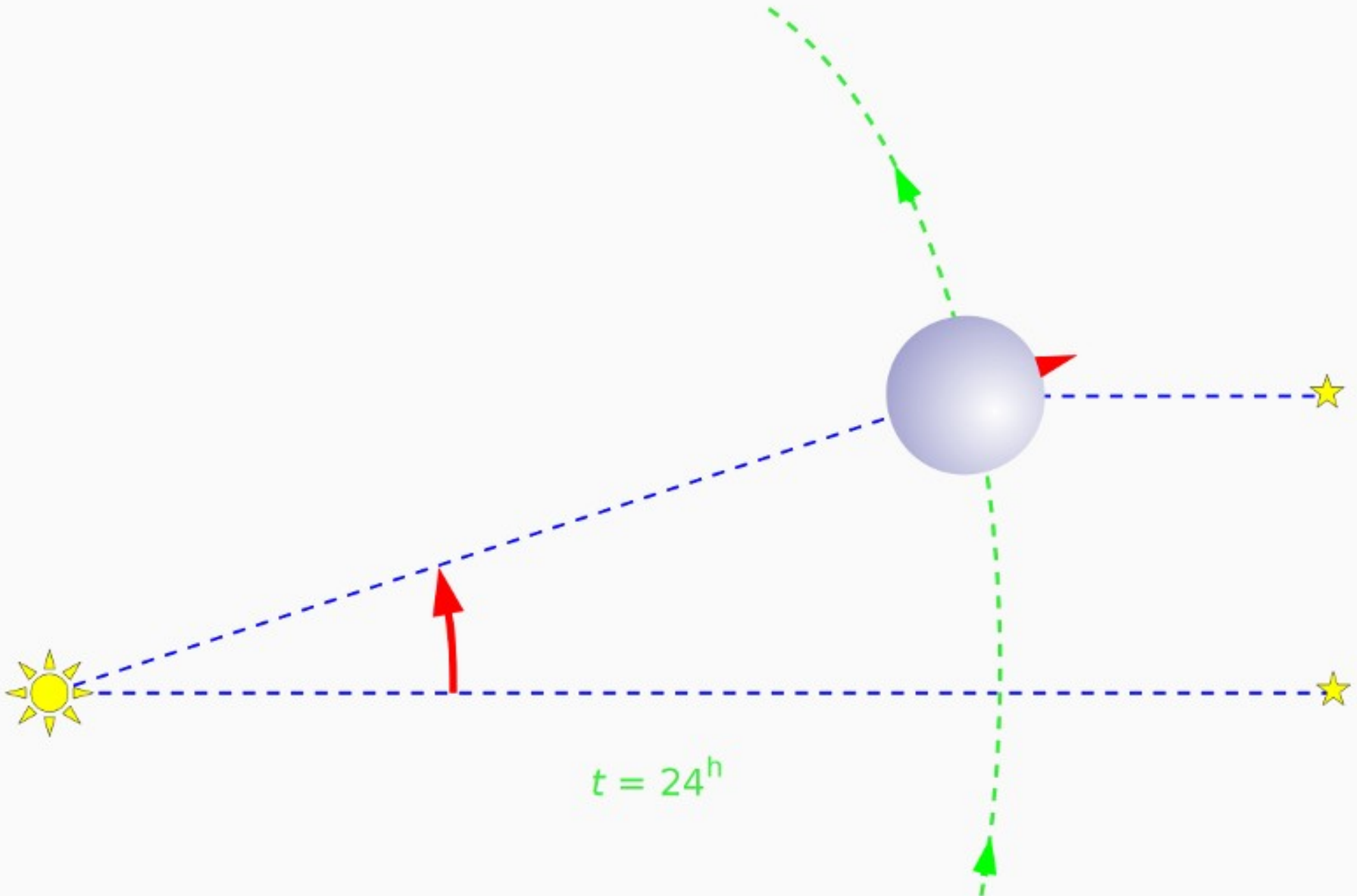
$s = 12^h$



$$s = 18^h$$

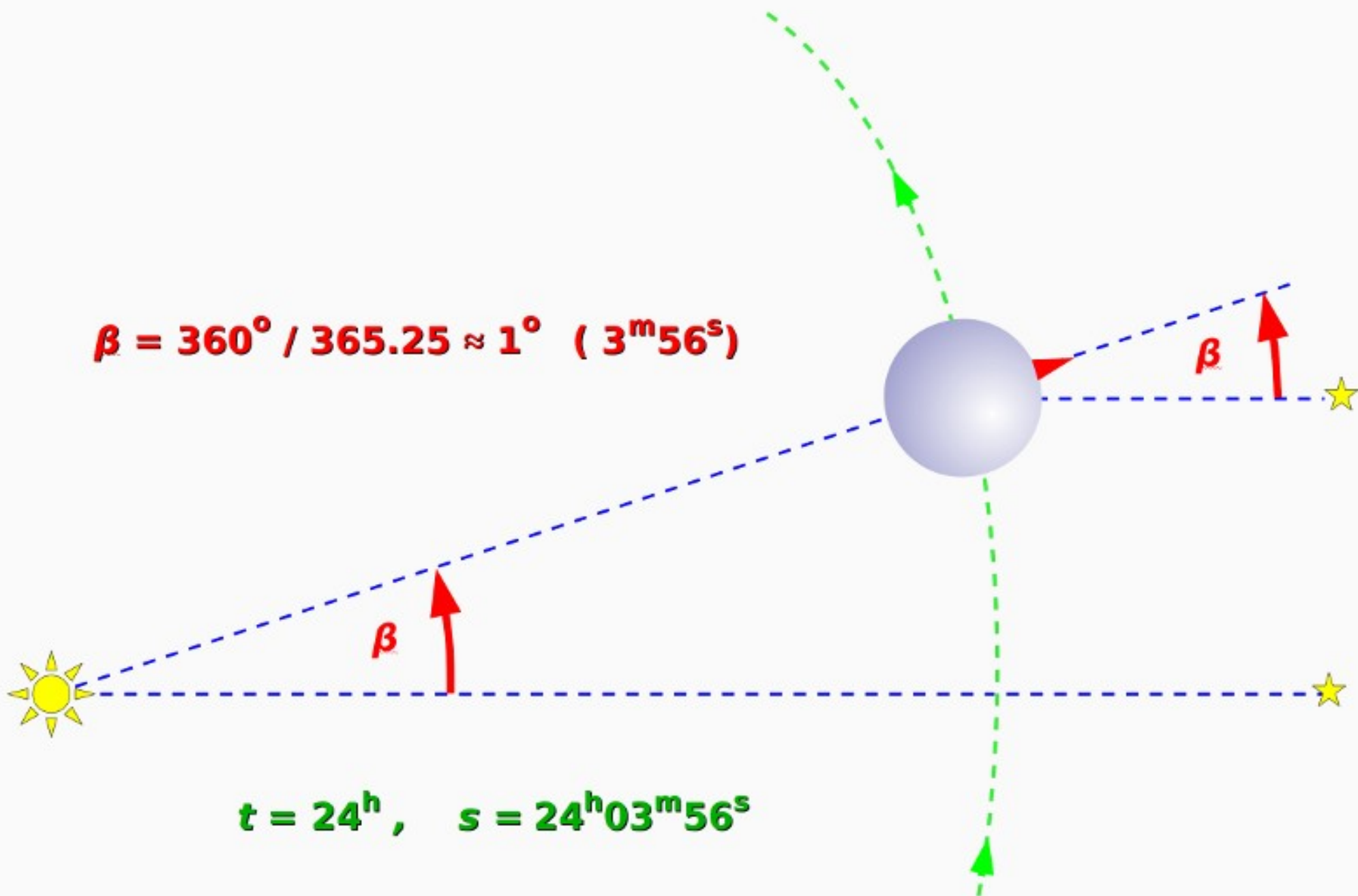


Minęła doba czasu gwiazdowego...



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

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

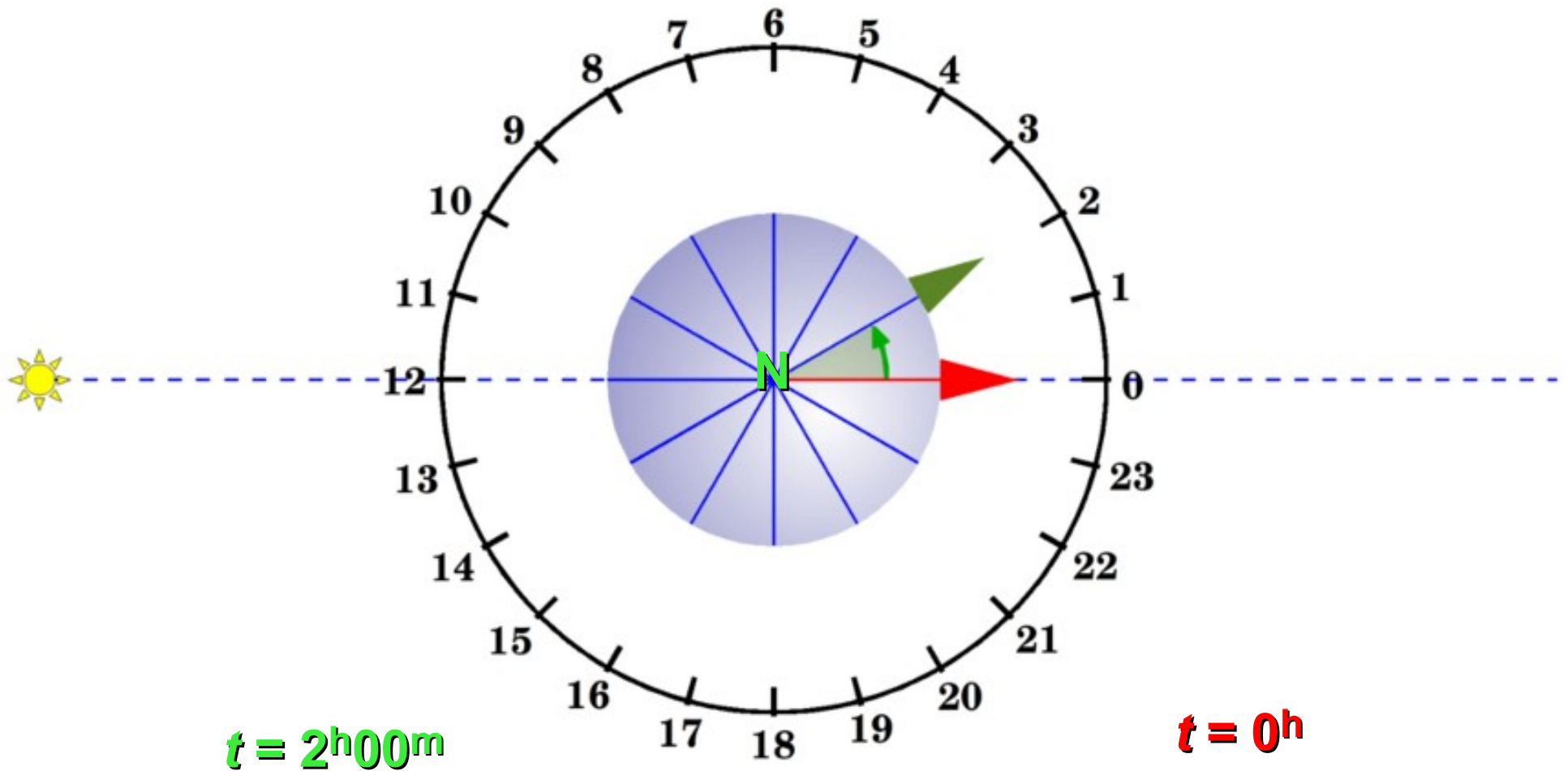


$$t = 24^h, \quad s = 24^h 03^m 56^s$$

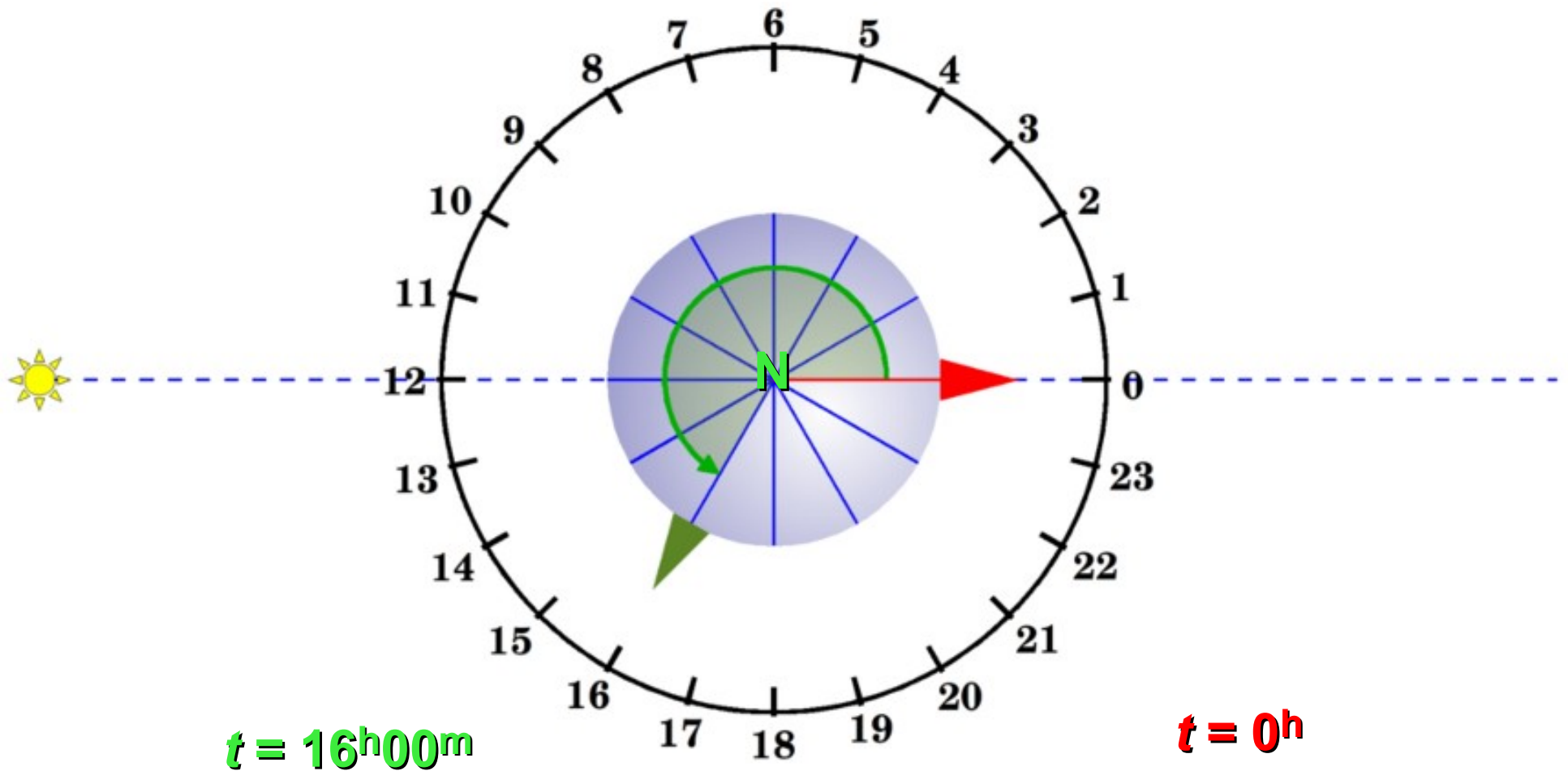
**Czas słoneczny prawdziwy
też jest czasem miejscowym.**

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

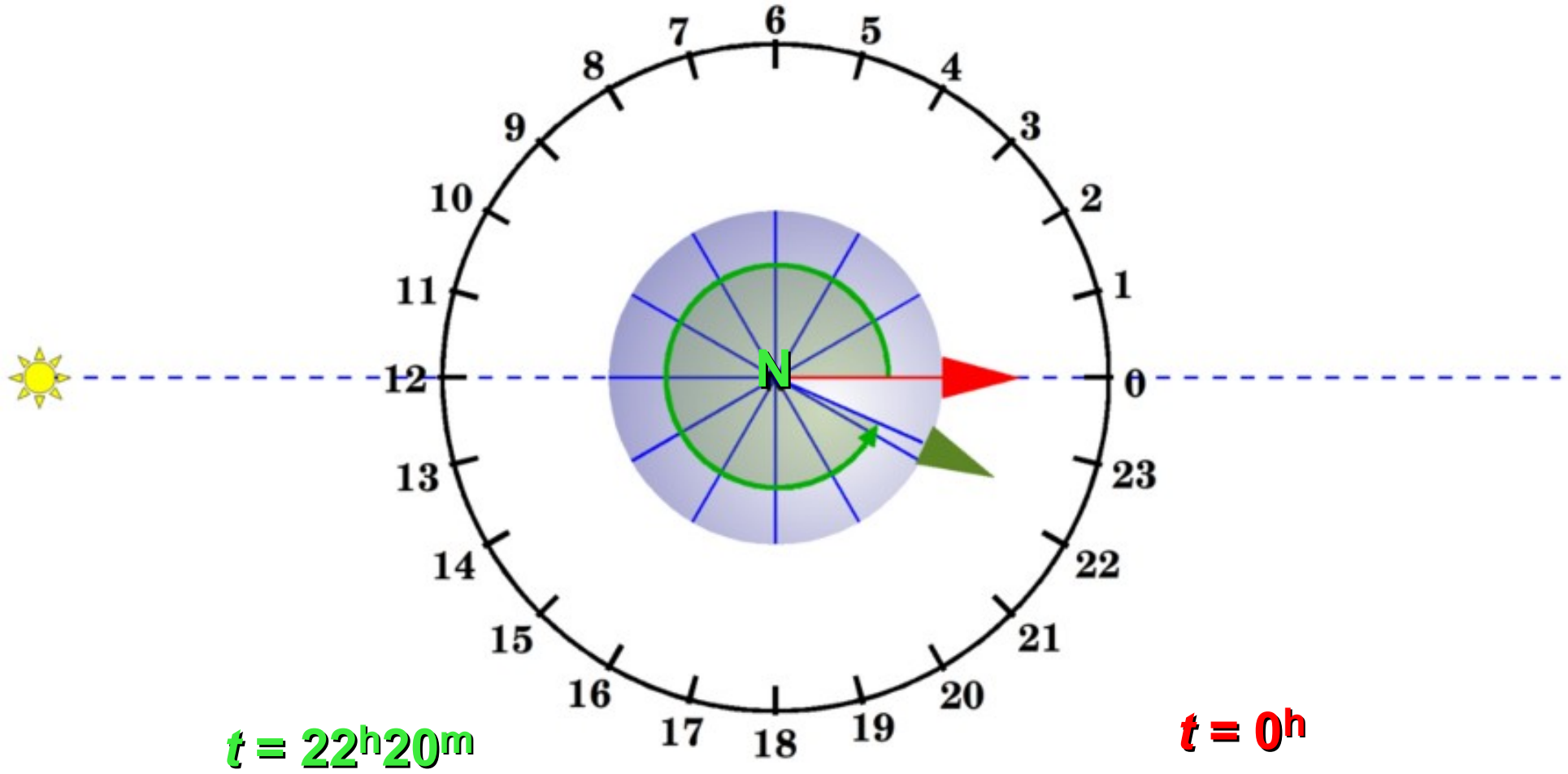
$$\lambda_E = 30^\circ = 2^h$$



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



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



Czas słoneczny prawdziwy

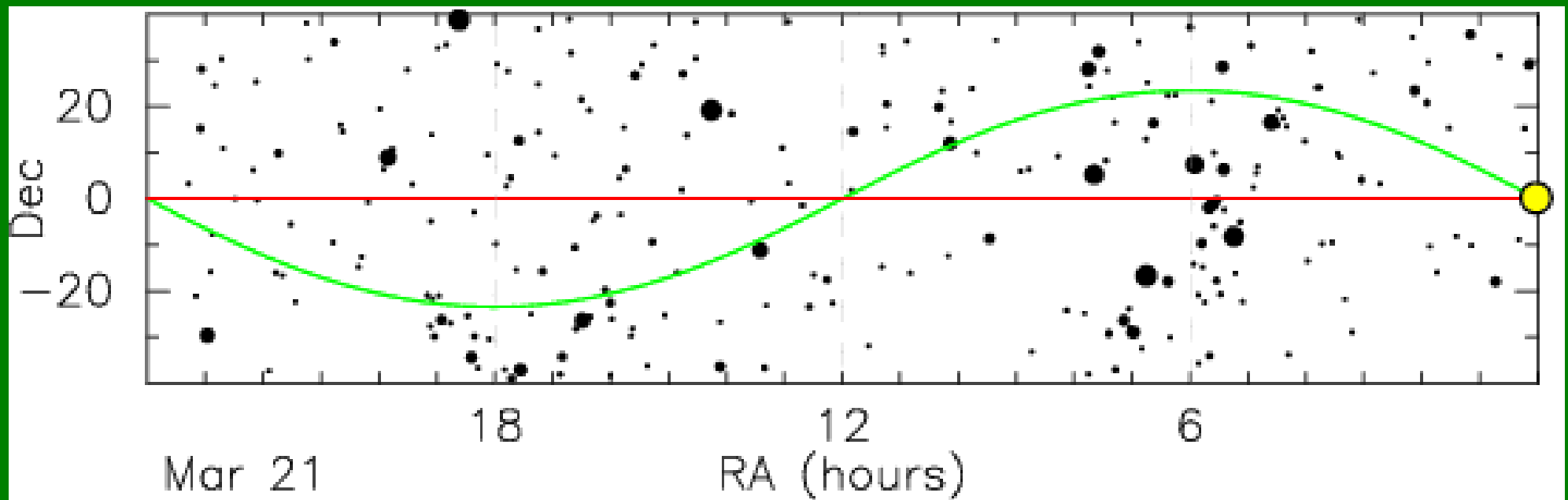


też umiemy mierzyć...

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

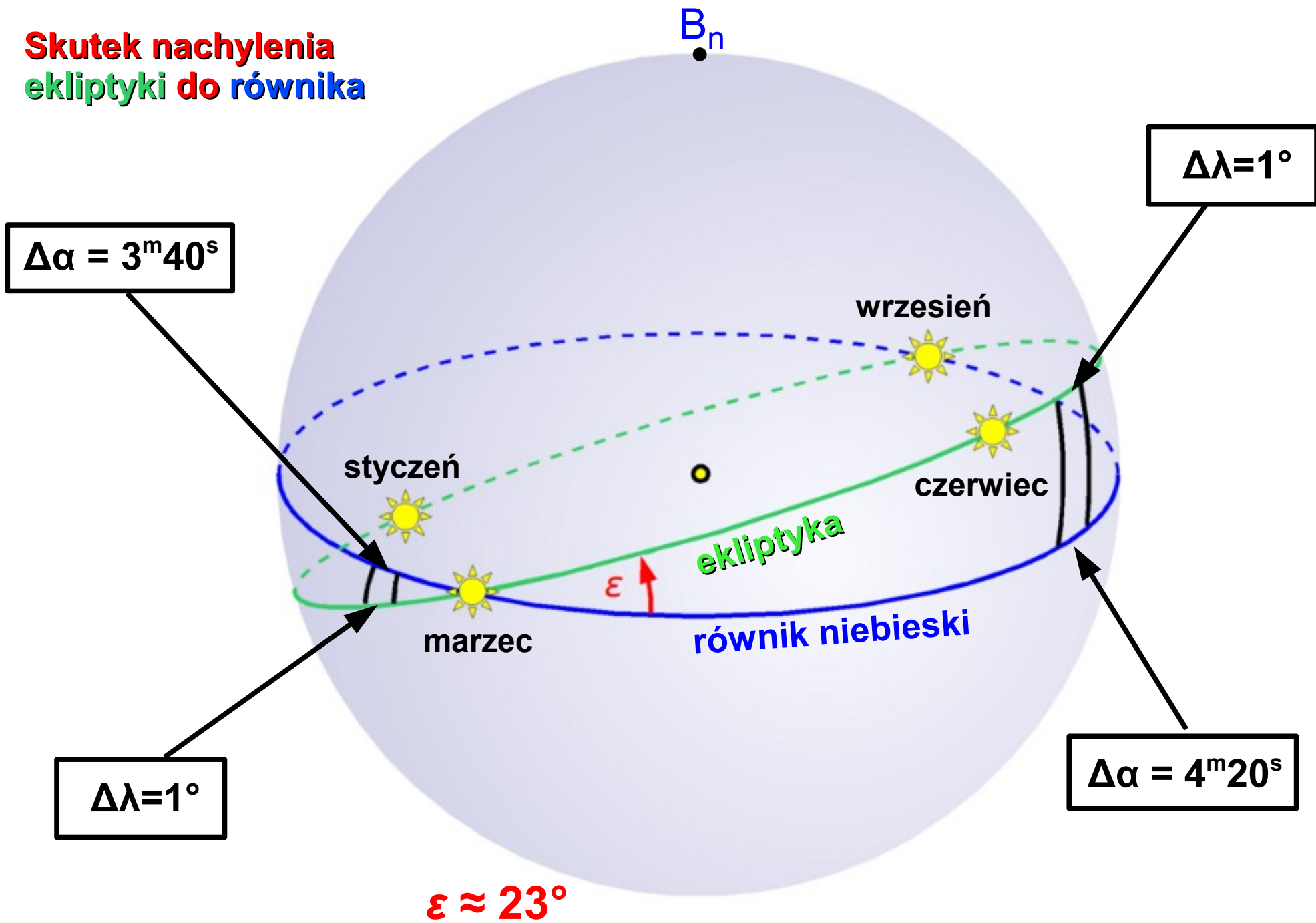
**Rektascensja Słońca rośnie
niejednostajnie tak więc
czas słoneczny prawdziwy jest czasem
niejednostajnym!**

Ruch roczny Słońca



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

**Skutek nachylenia
ekliptyki do równika**



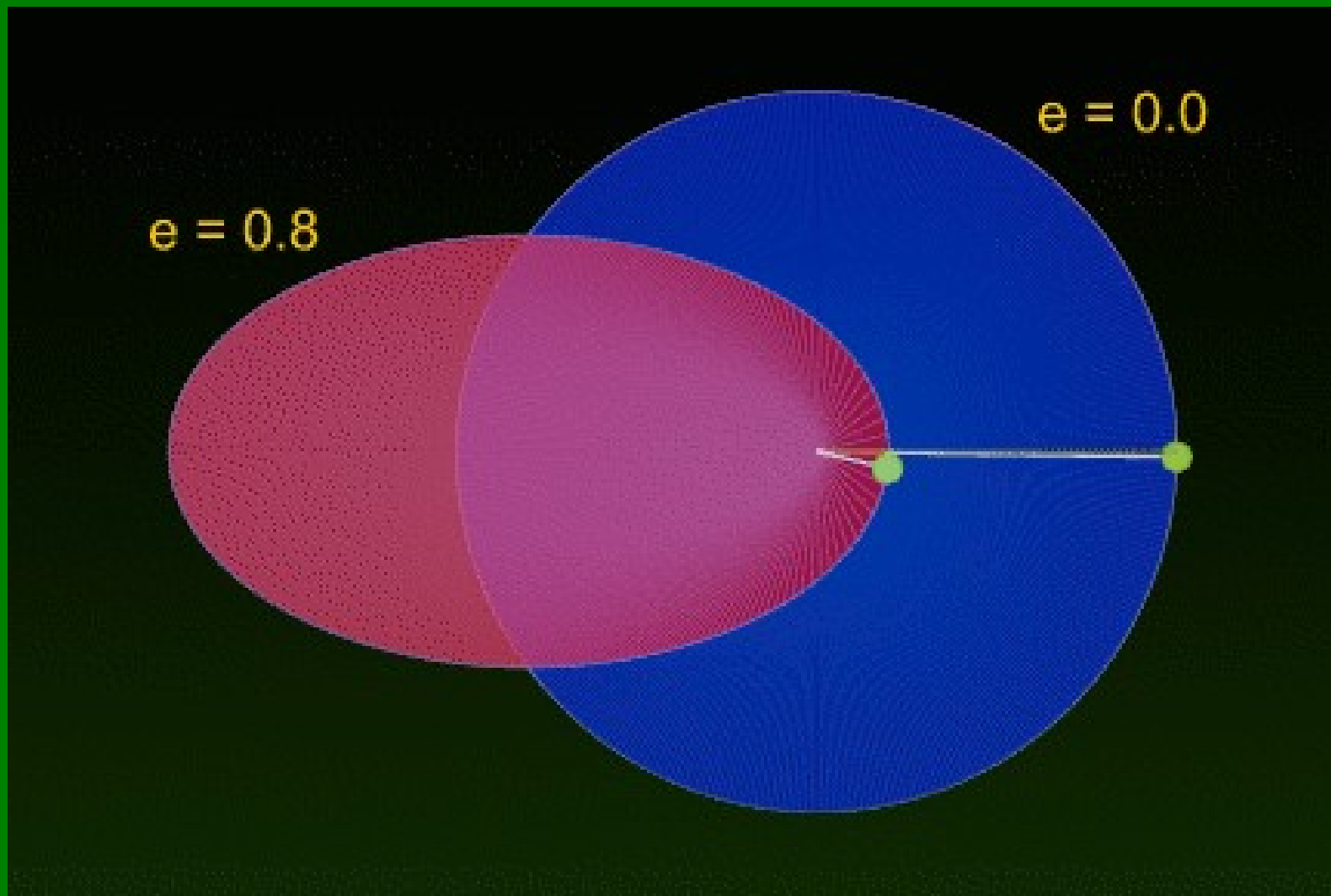
$\Delta\alpha = 3^m 40^s$

$\Delta\lambda = 1^\circ$

$\Delta\lambda = 1^\circ$

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

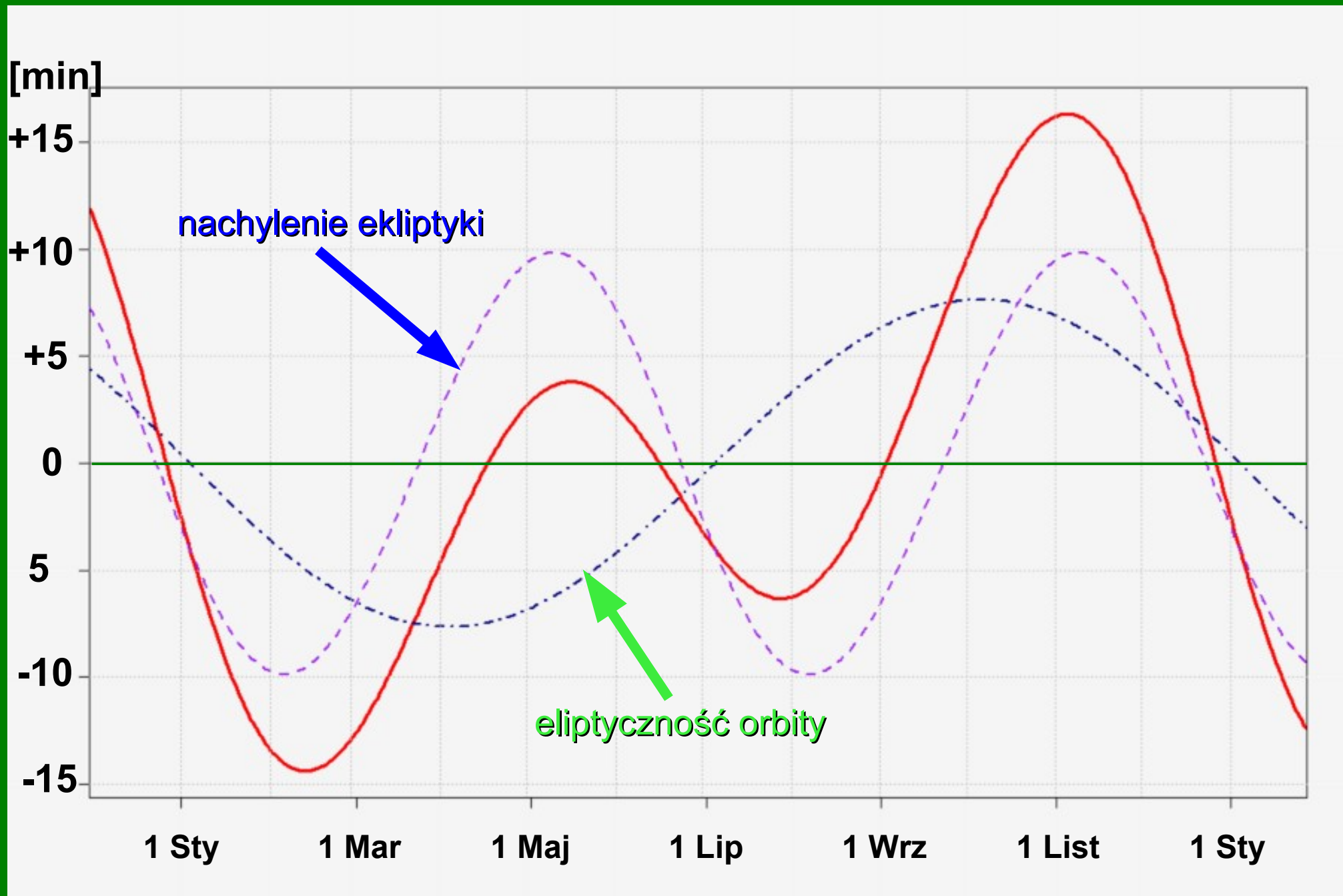
$\epsilon \approx 23^\circ$



By Garry R. Osgood

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

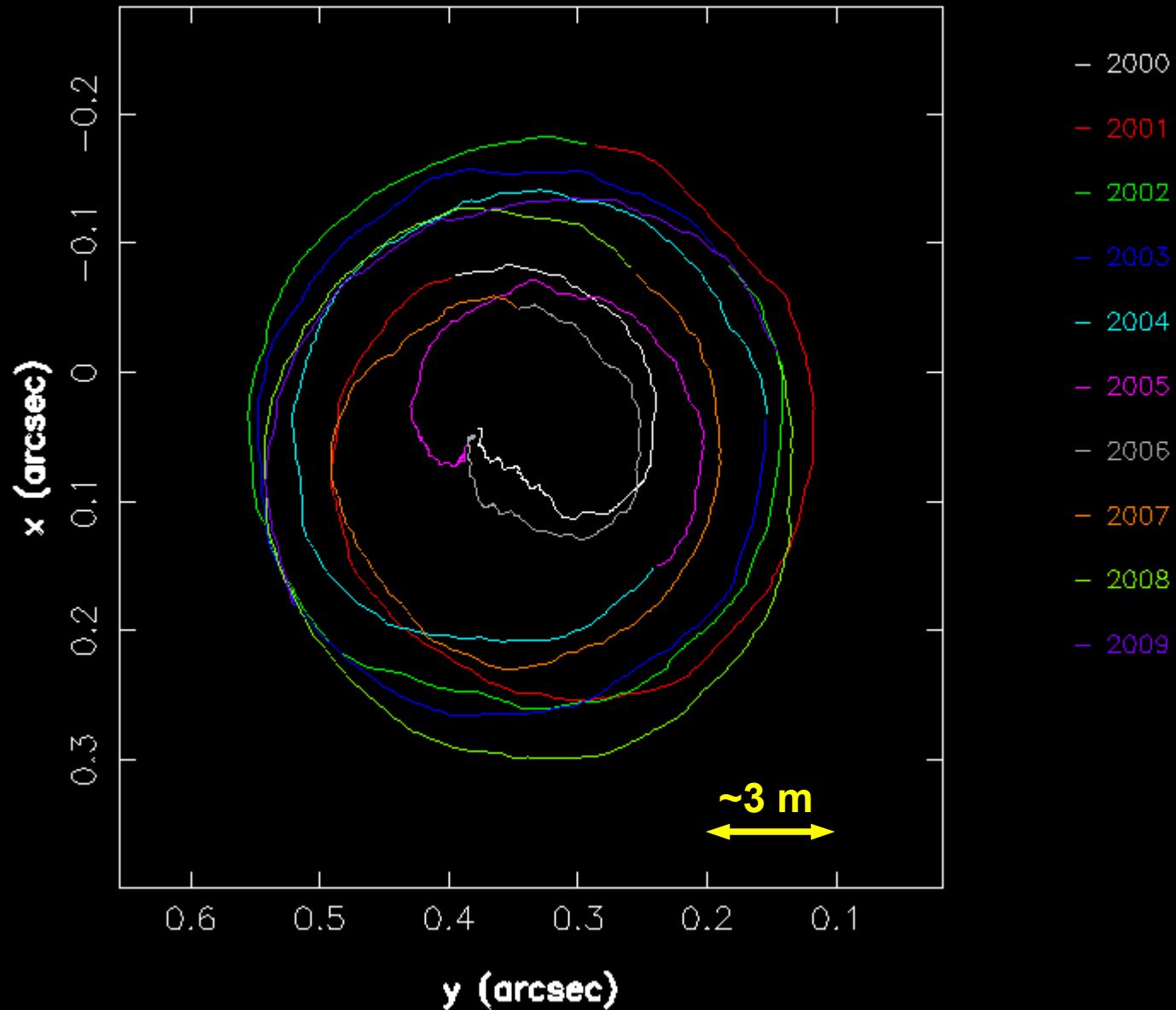
Równanie czasu ($\Delta T = \text{prawdziwy} - \text{średni}$)

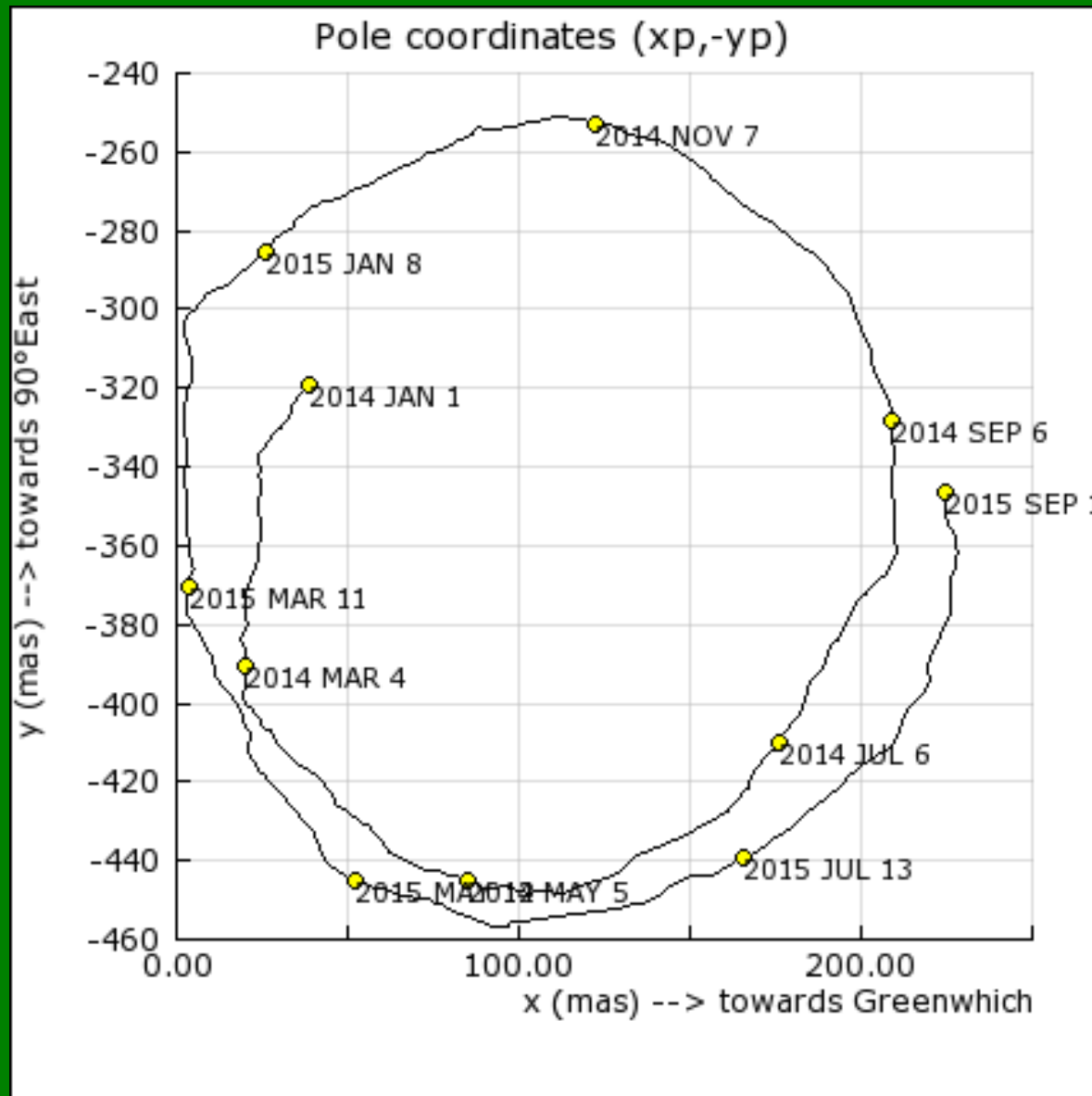


Dalsze kłopoty – nierównomierność rotacji Ziemi

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

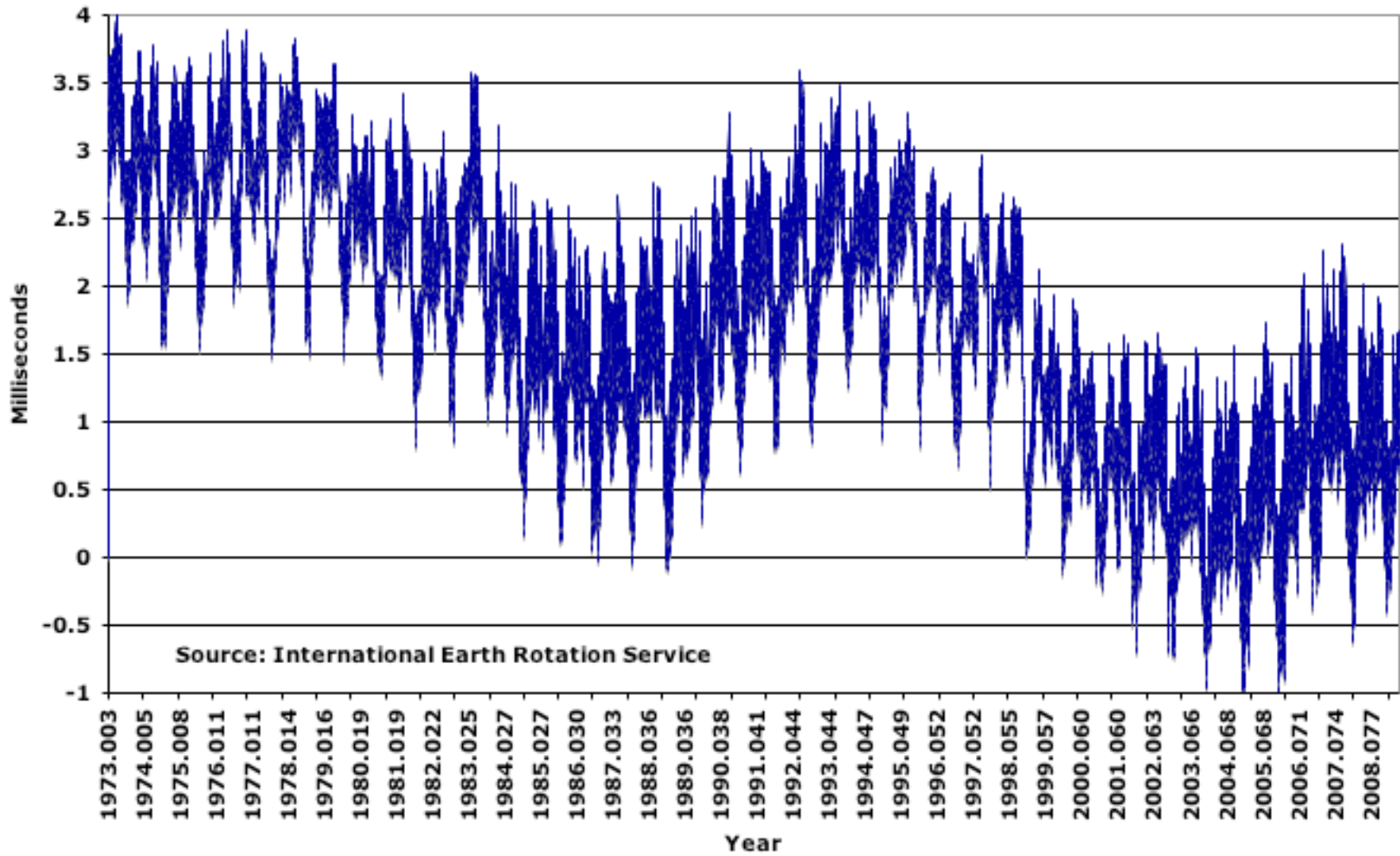
Ruch bieguna na przestrzeni lat



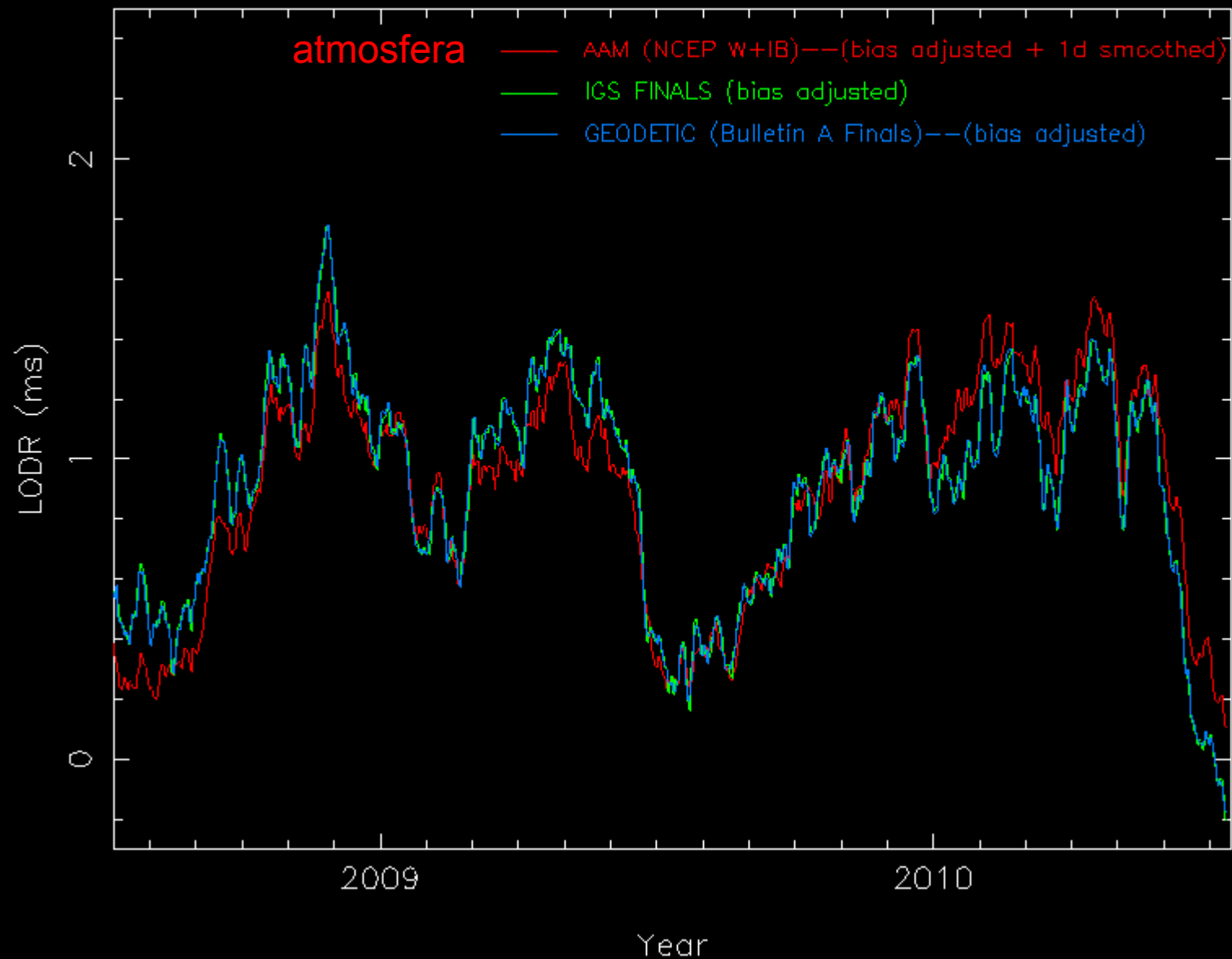


<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/images/pole.png>

Zmiany długości ziemskiej doby na przestrzeni lat



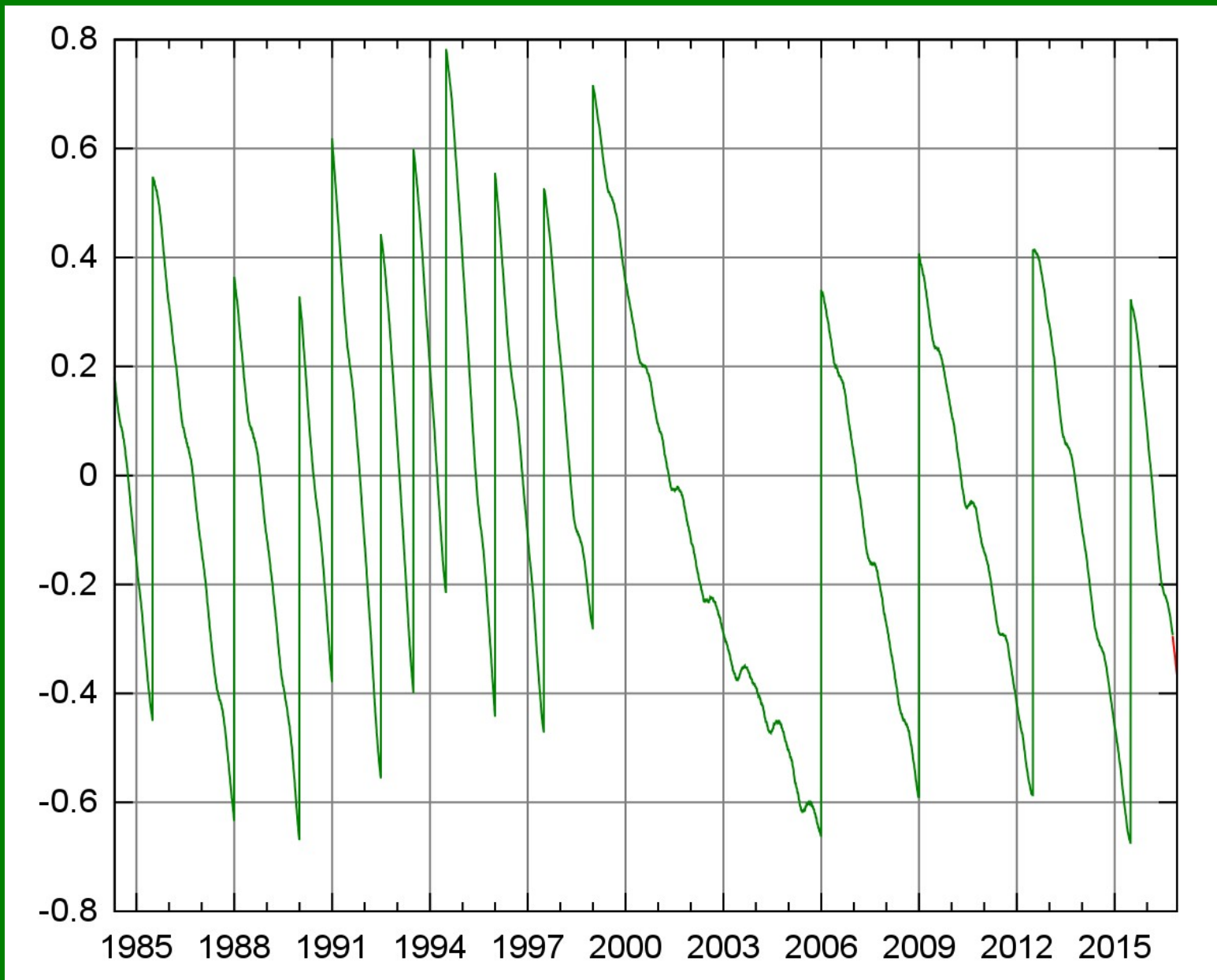
Zmiany długości doby a pogoda



Czas uniwersalny

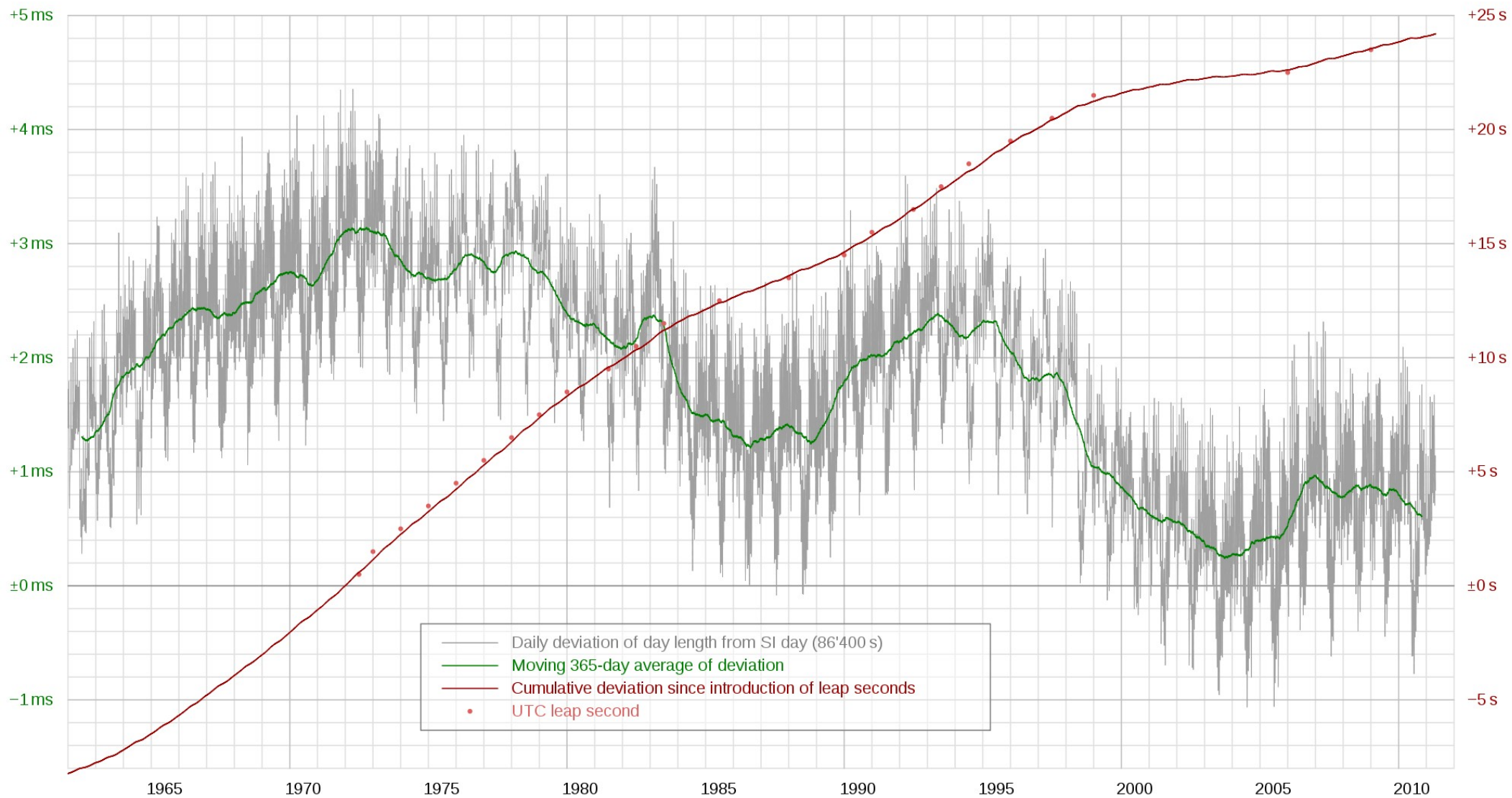
- **UT0 – czas średni ($UT - \Delta T$)**
- **UT1 – czas UT poprawiony na ruch bieguna**
- **UT1R – czas UT1 poprawiony na nierównomierności pływowe**
- **UTC – czas uniwersalny koordynowany, podstawa – czas atomowy, różnica $|UTC-UT1|$ nie większa niż 0.9 s**

UT1 – UTC (sekundy przestępne)



Ostatnia sekunda przestępna została wprowadzona z końcem czerwca 2015

Zmiany długości ziemskiej doby



Czas a długość geograficzna.



Autor: Sean Baker,

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Northern_Hemisphere_LamAz.png



południk zerowy



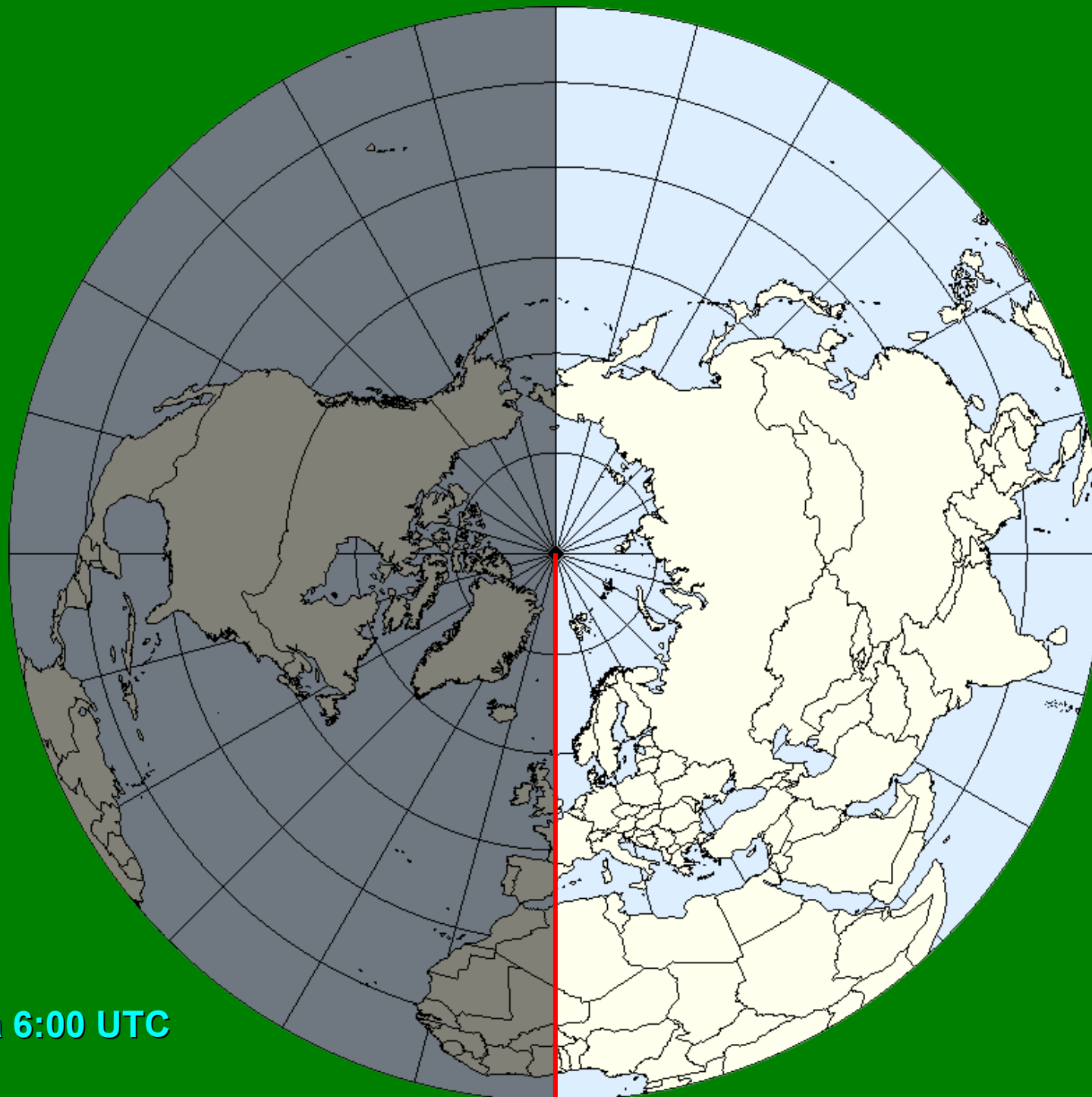
fot. Takasunrise0921



fot. Zlatko Krastev

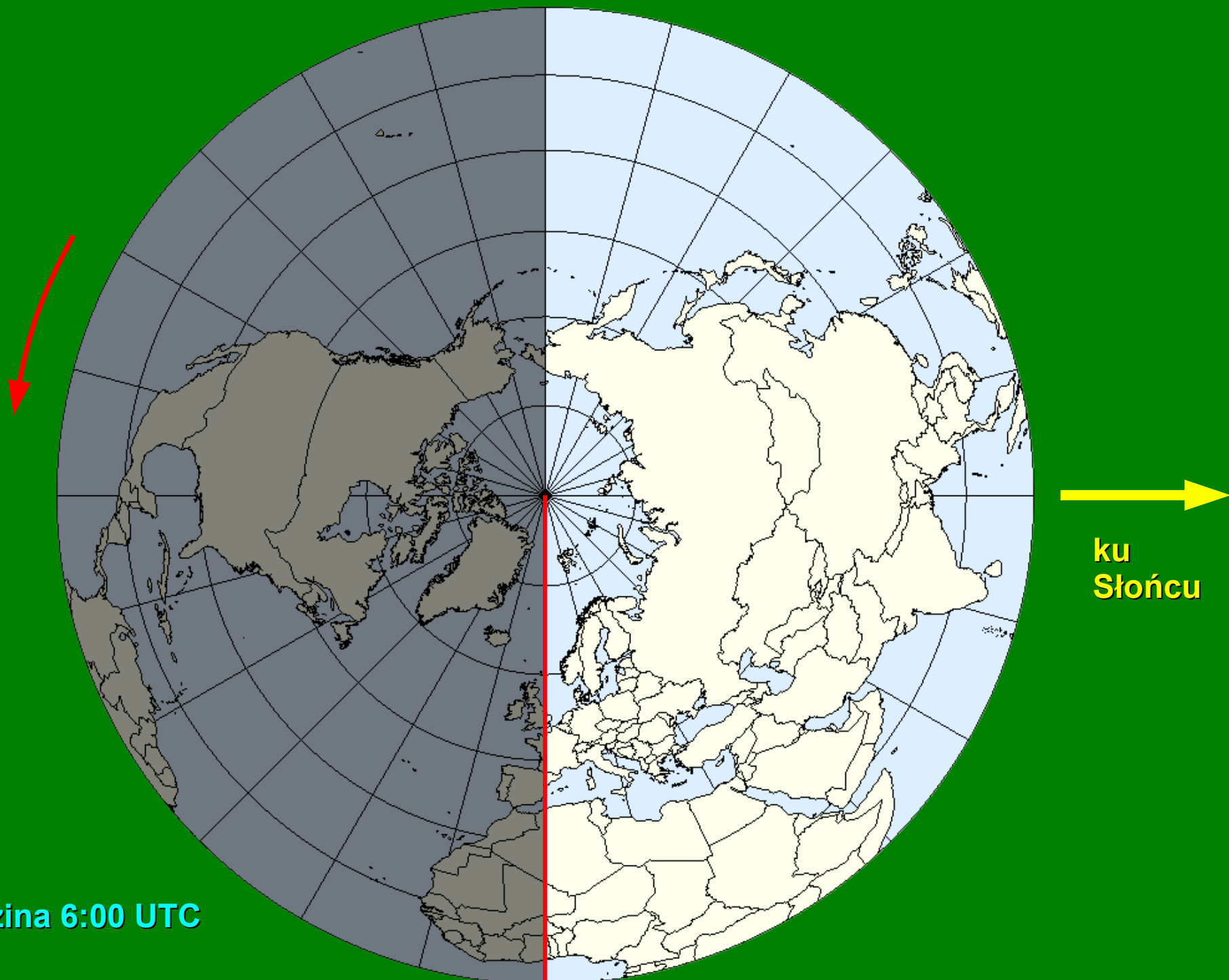


południk zerowy



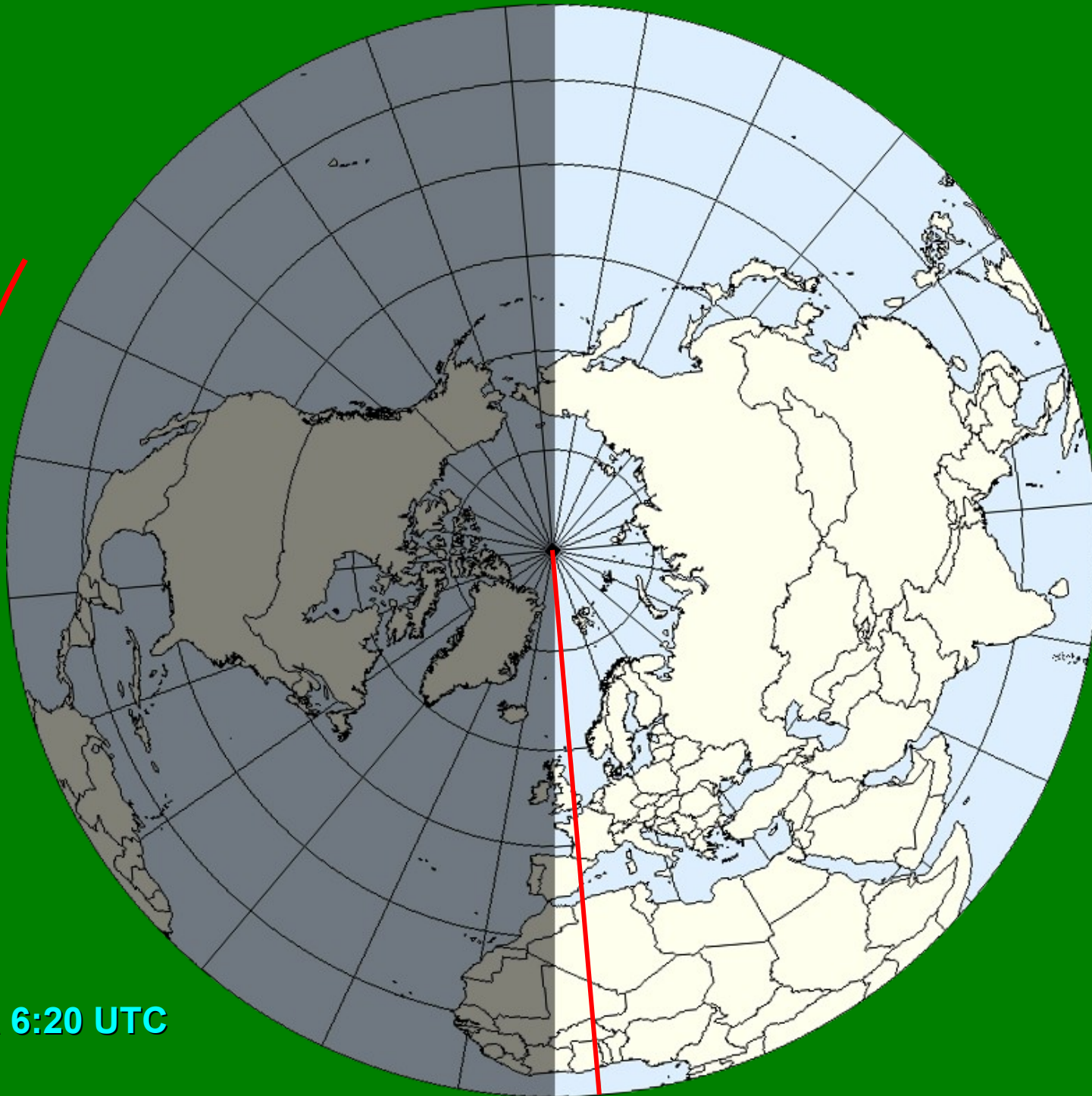
godzina 6:00 UTC

Dla uproszczenia rysunek wykonano dla dnia równonocy wiosennej lub jesiennej.



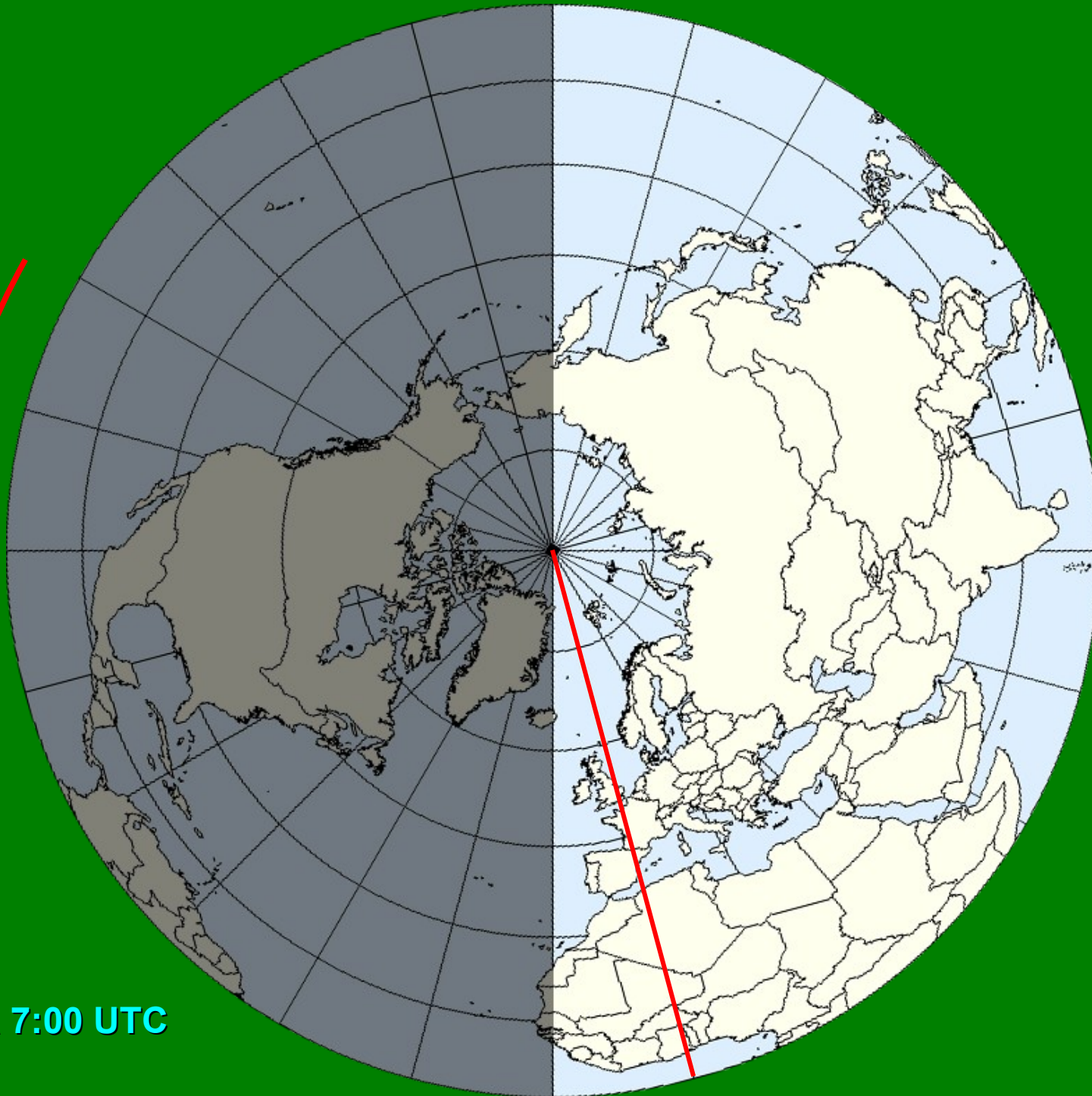
godzina 6:00 UTC

ku
Słońcu



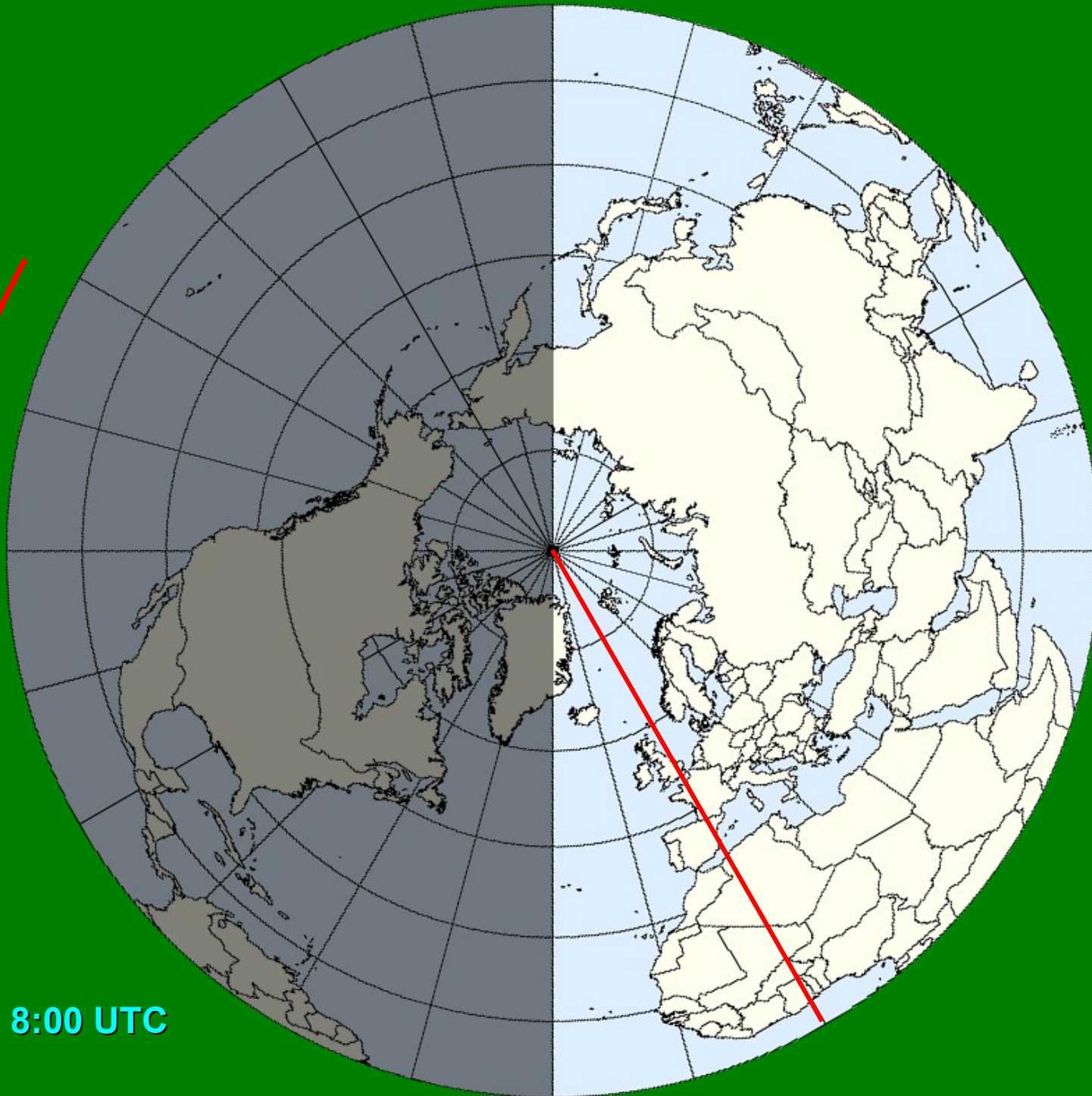
ku
Słońcu

godzina 6:20 UTC



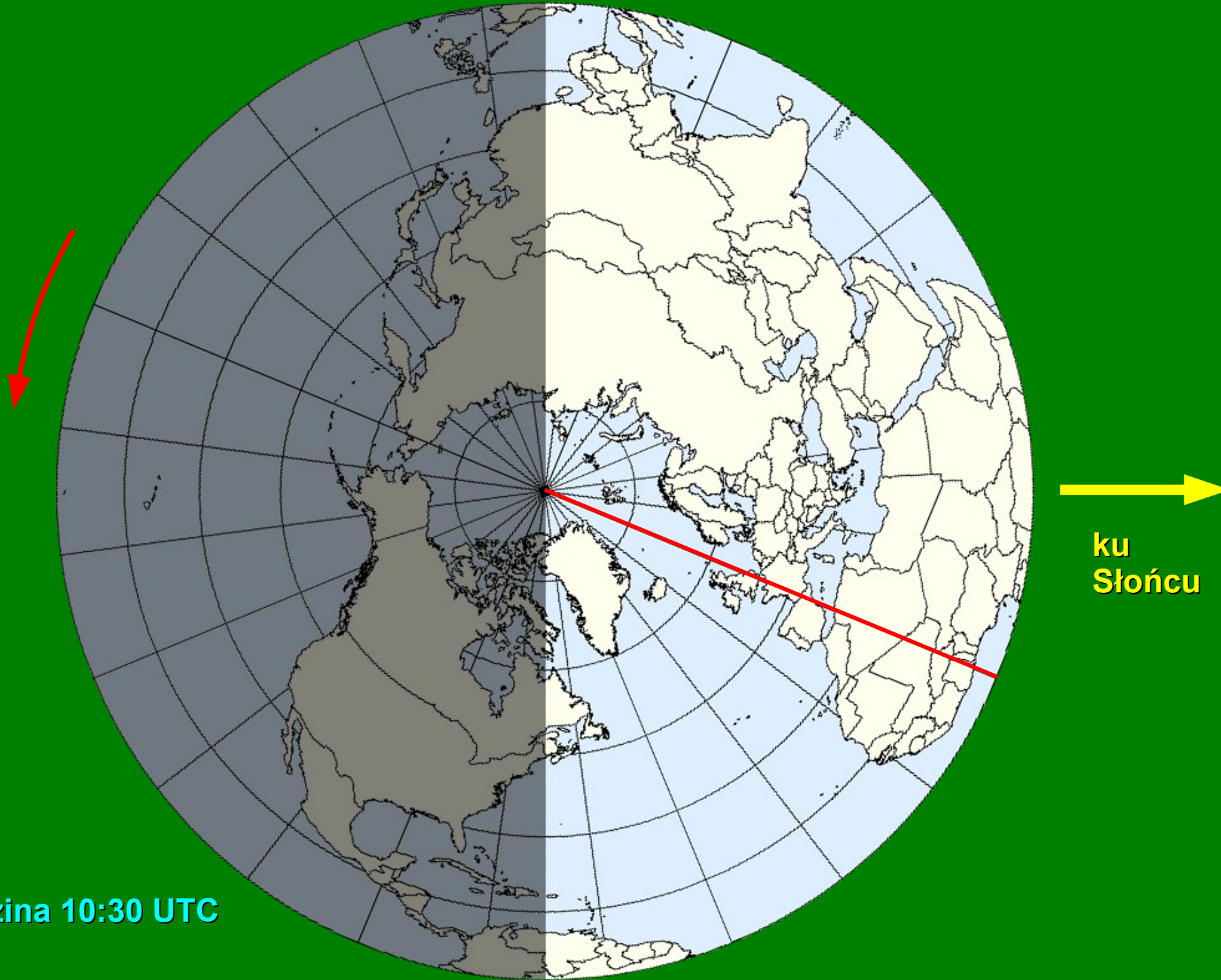
ku
Słońcu

godzina 7:00 UTC



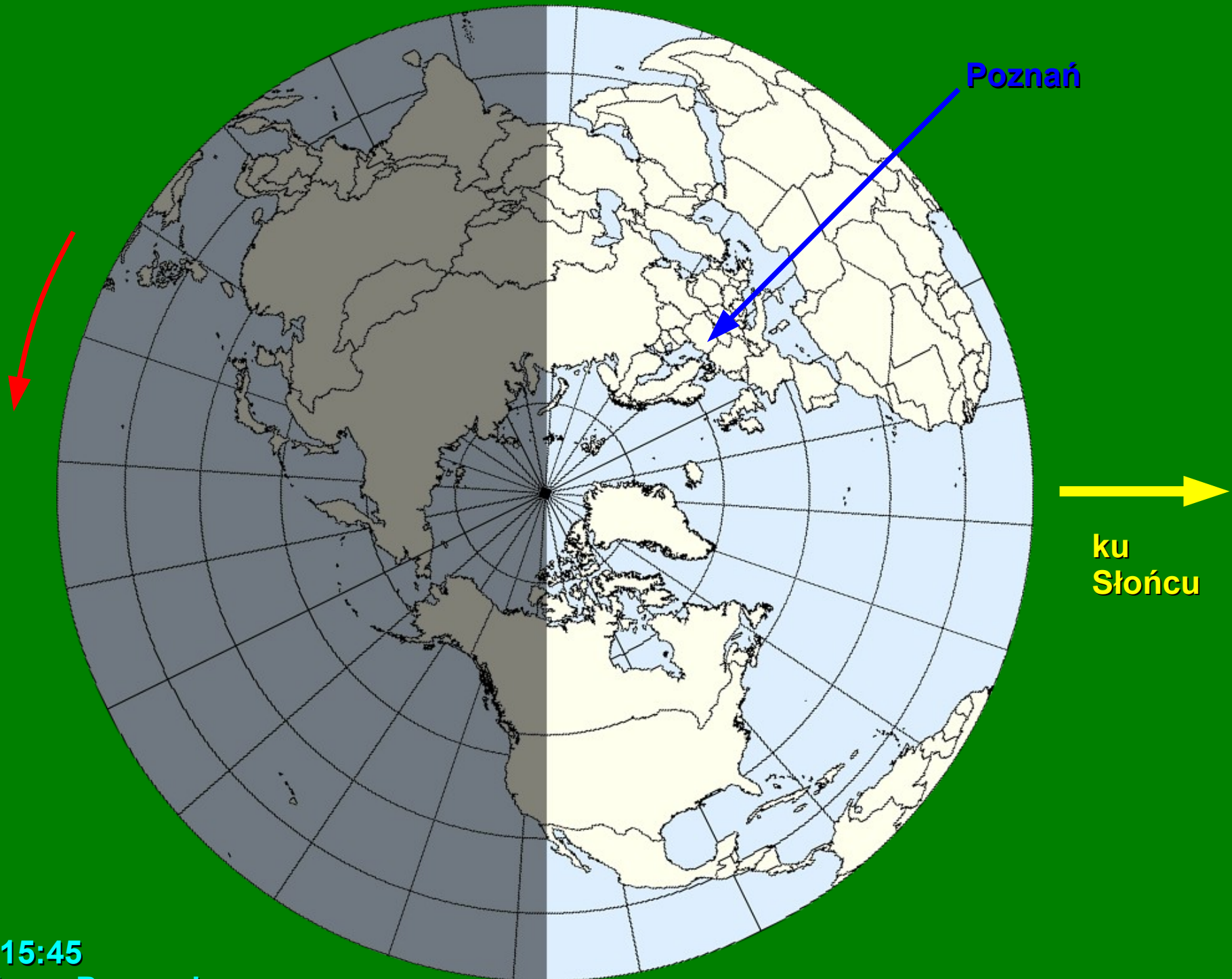
ku
Słońcu

godzina 8:00 UTC



godzina 10:30 UTC

ku
Słońcu



Poznań

ku
Słońcu

Godzina 15:45
na zegarku w Poznaniu

czas letni !

Tokio, 23:45

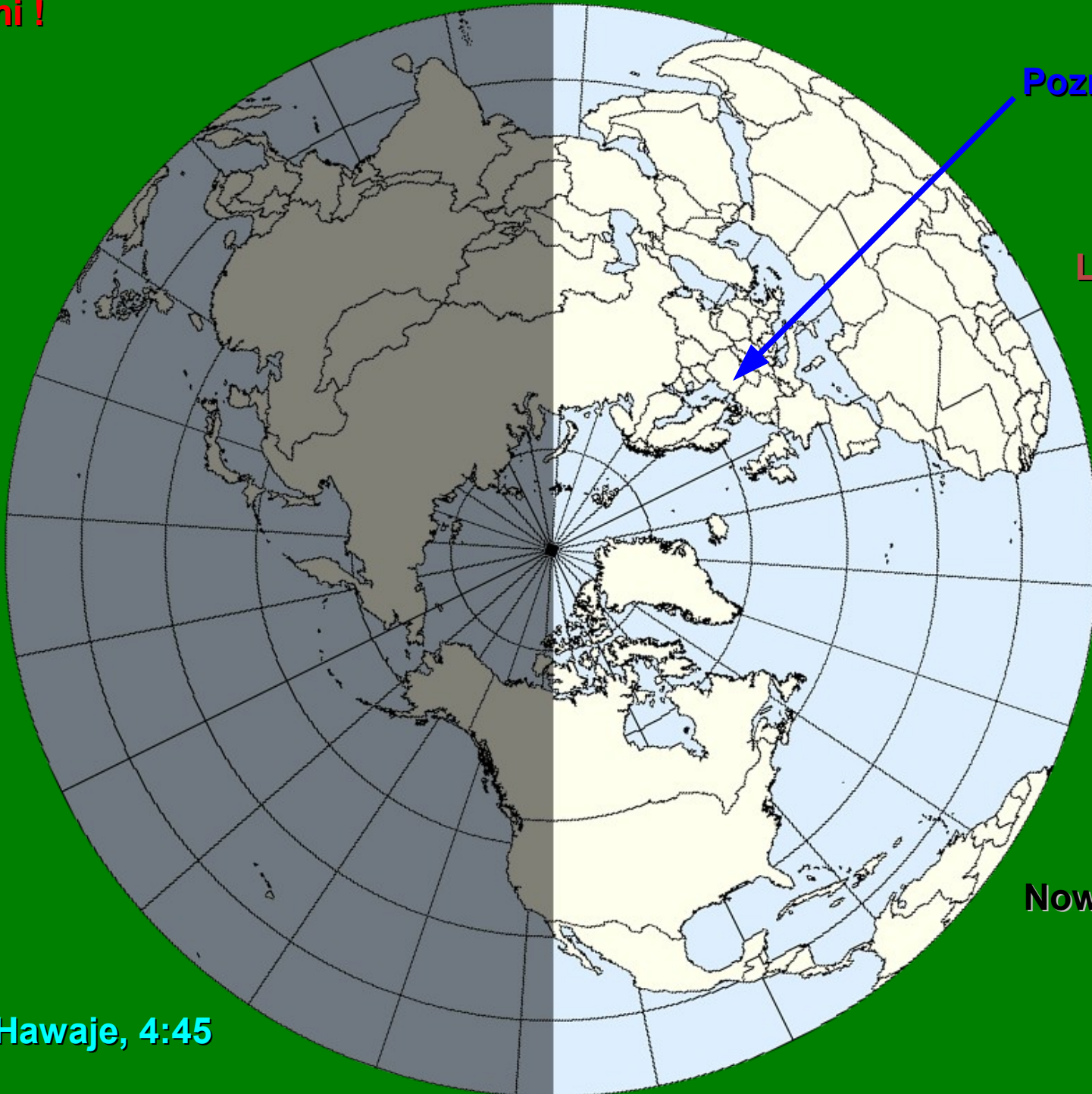
Hawaje, 4:45

Poznań, 15:45

Londyn, 14:45

Nowy Jork, 10:45

**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

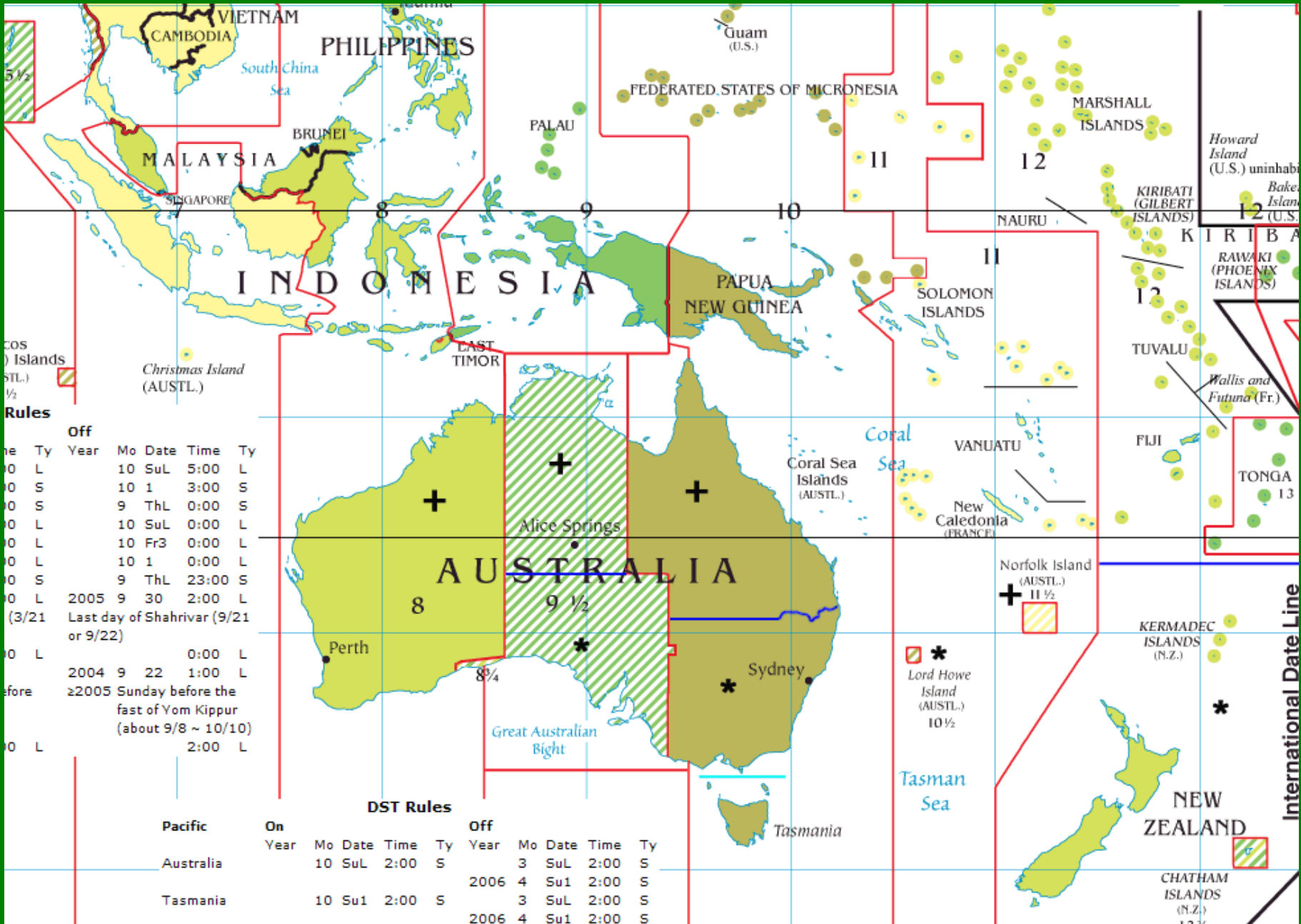
L = Local (Wall Clock Time)

S = Standard (Winter Time)

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

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



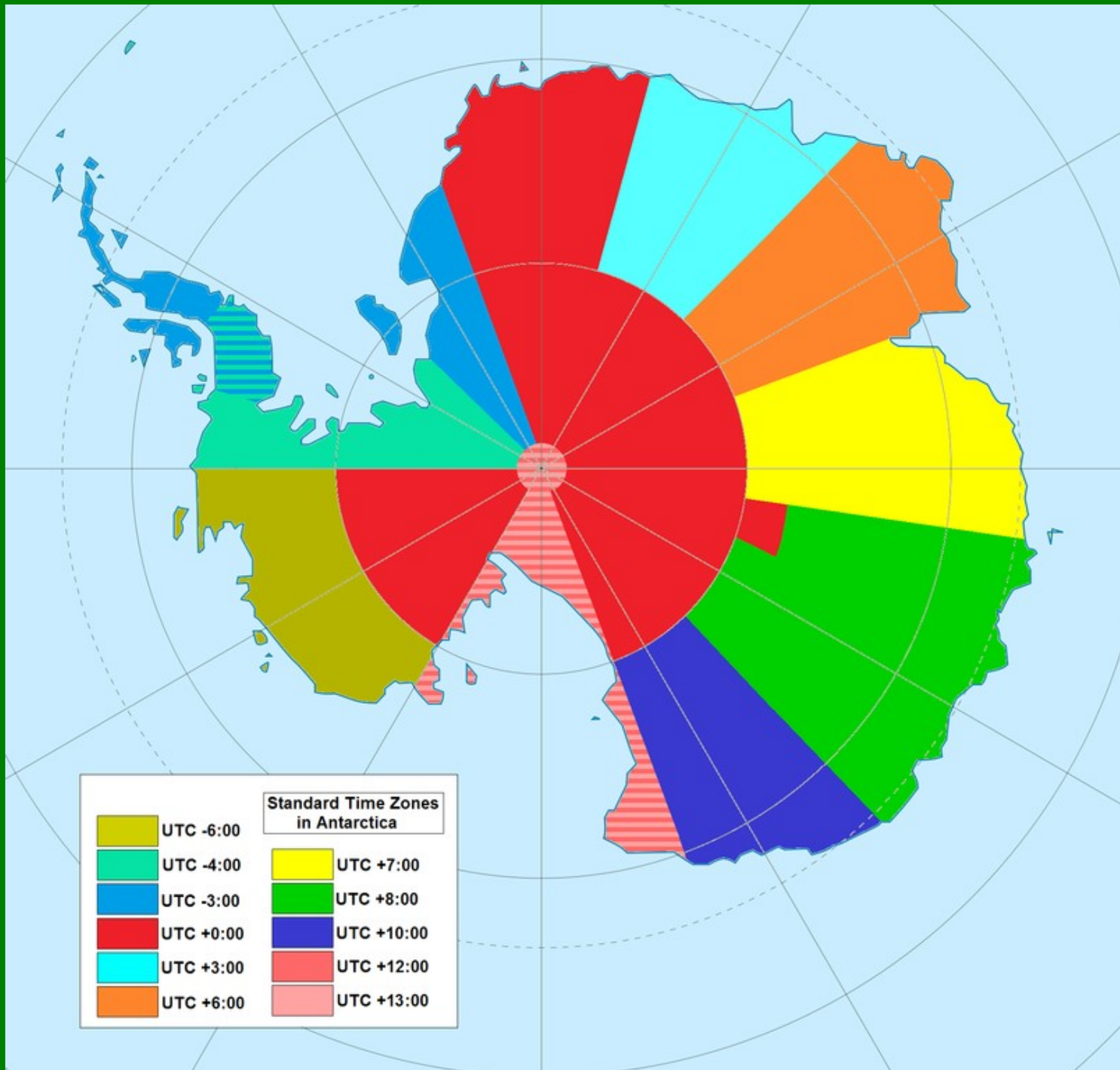


Rules

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

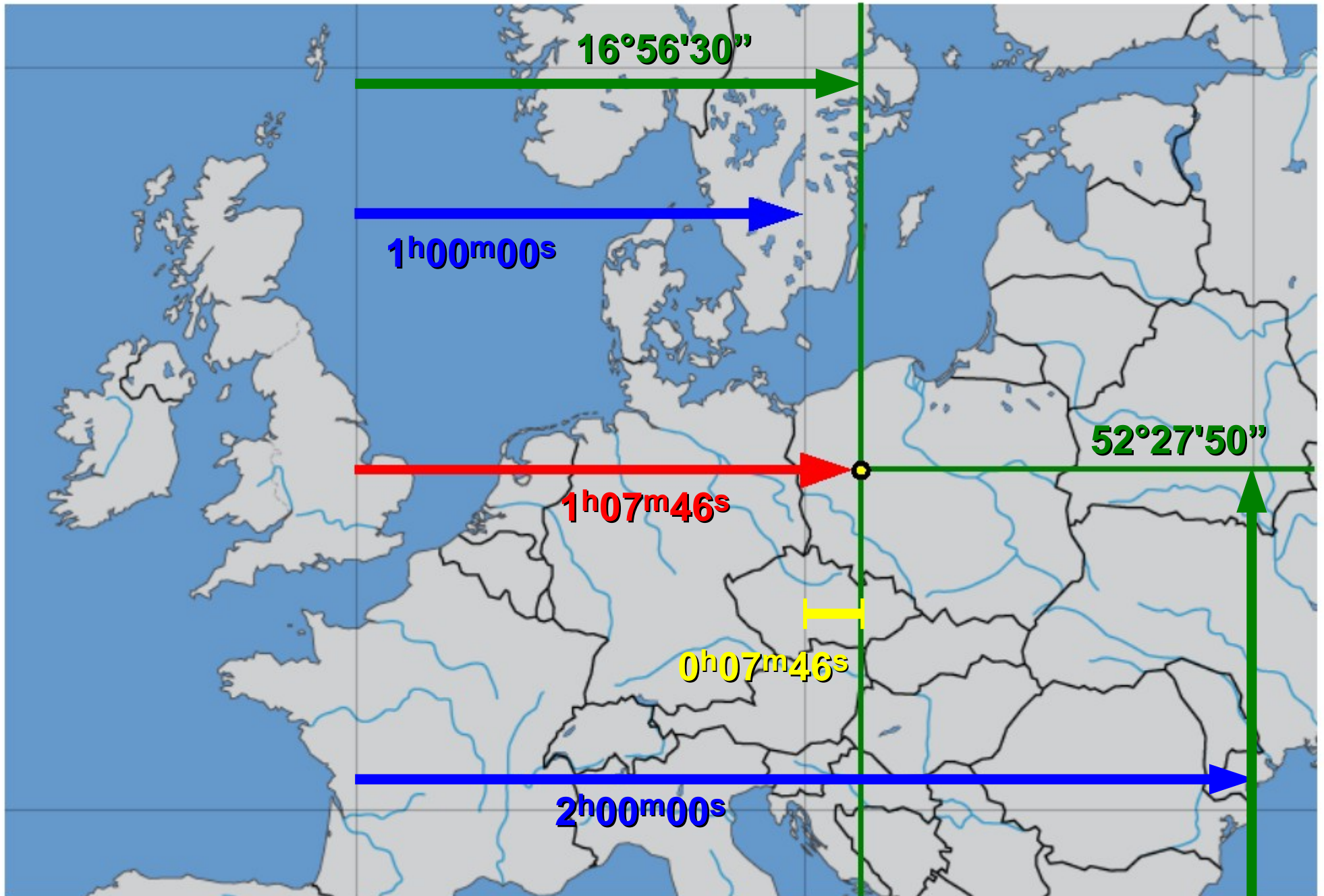
DST Rules

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	

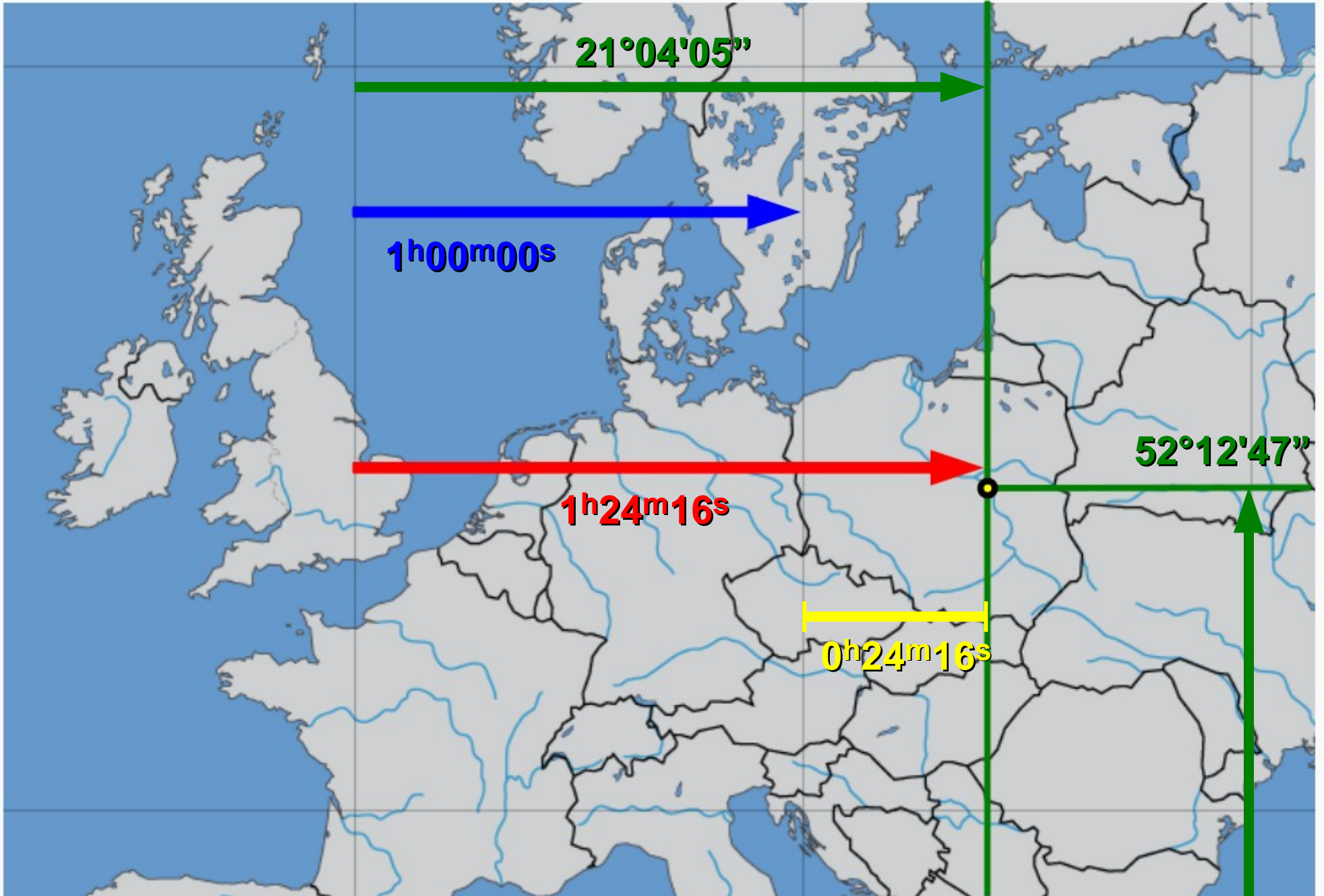


Czas letni i zimowy

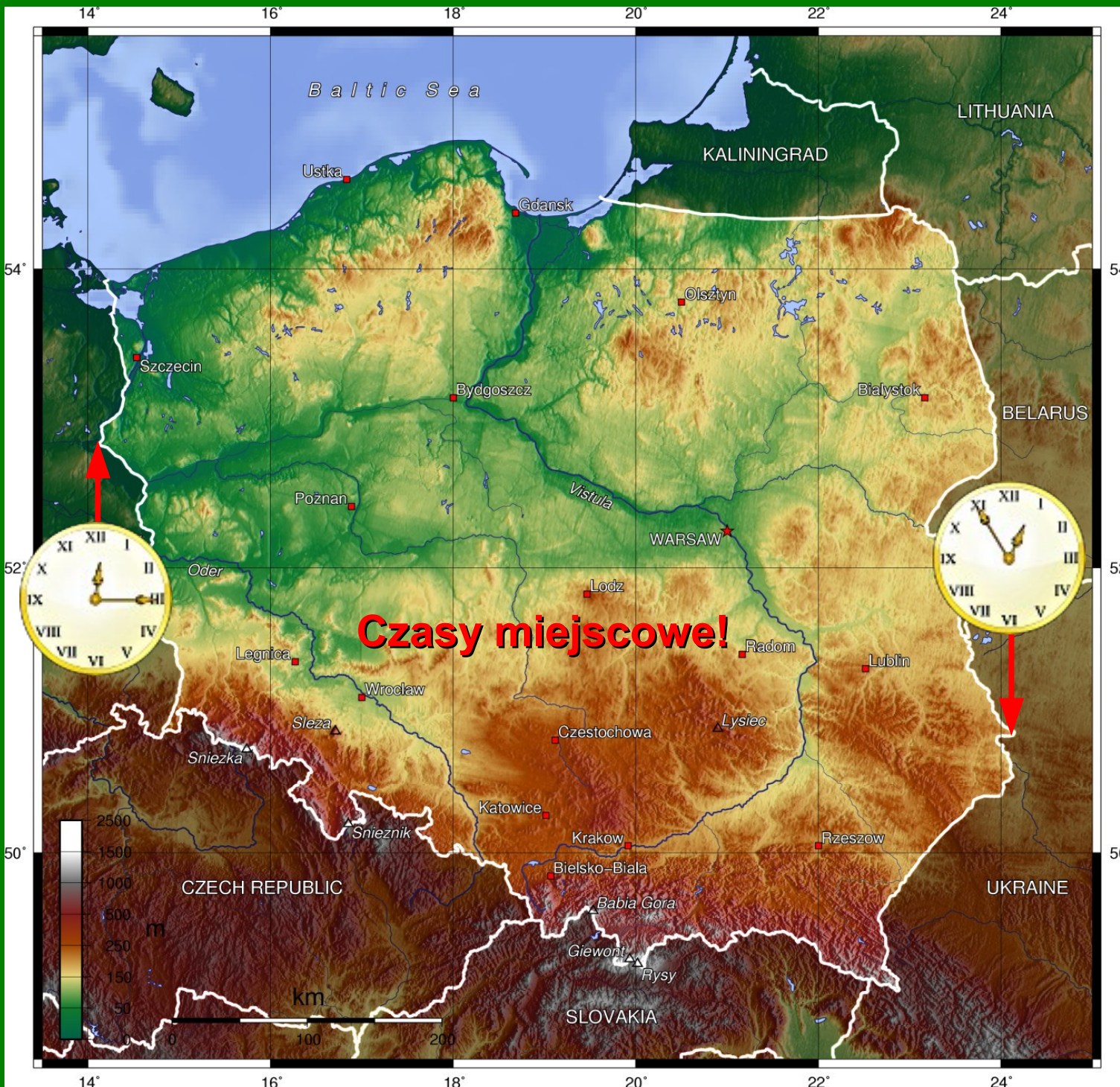
- W Polsce utrzymywana jest ostatnio praktyka wprowadzania czasu letniego nad ranem w ostatnią niedzielę marca i odwoływania nad ranem w ostatnią niedzielę października.
- W roku 2016 czas letni (wschodnio-europejski) wprowadzony został dnia 27 marca o godzinie 2:00 czasu środkowo-europejskiego (1:00 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).



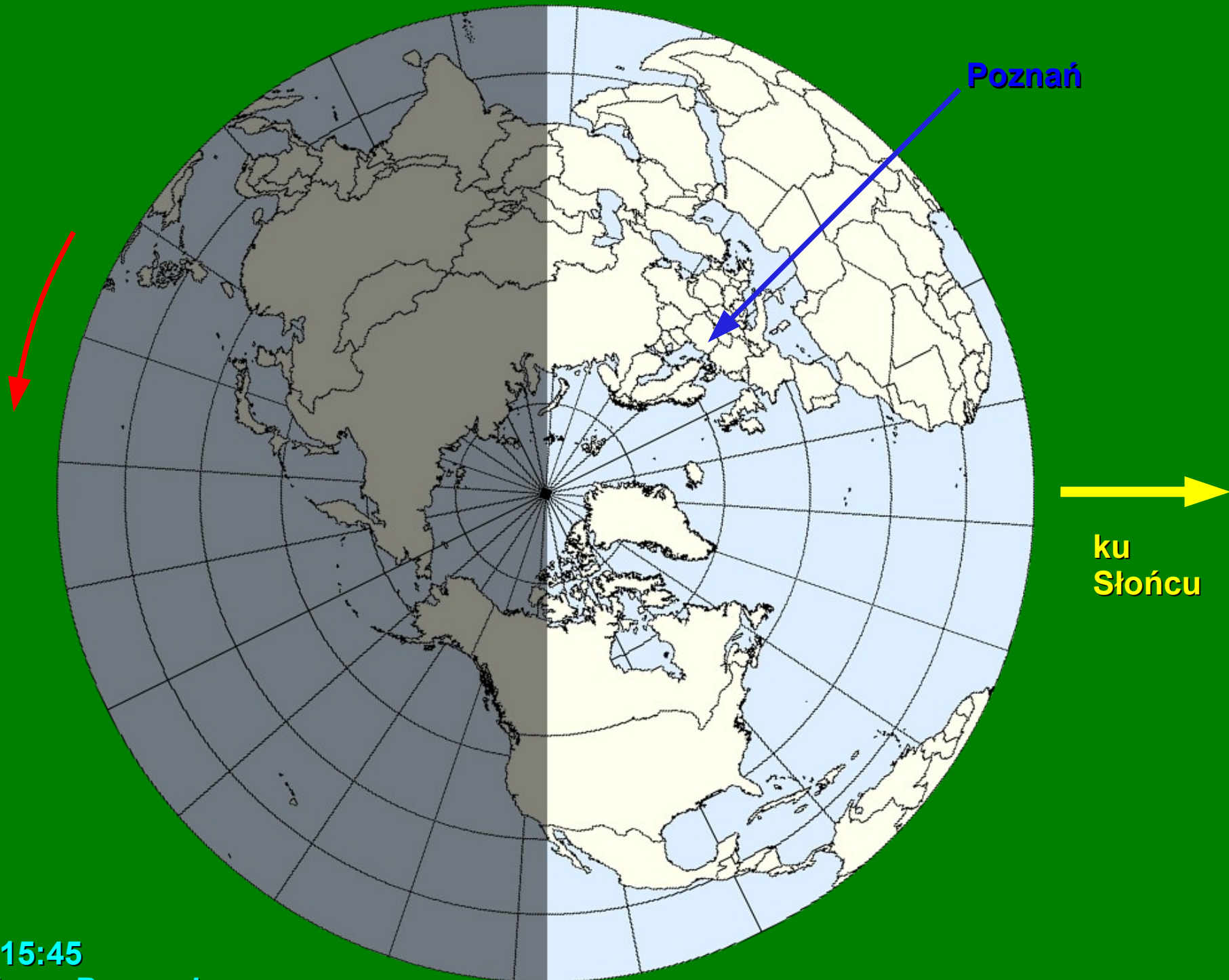
Wydział geografii na UAM w Poznaniu



CBK PAN w Warszawie



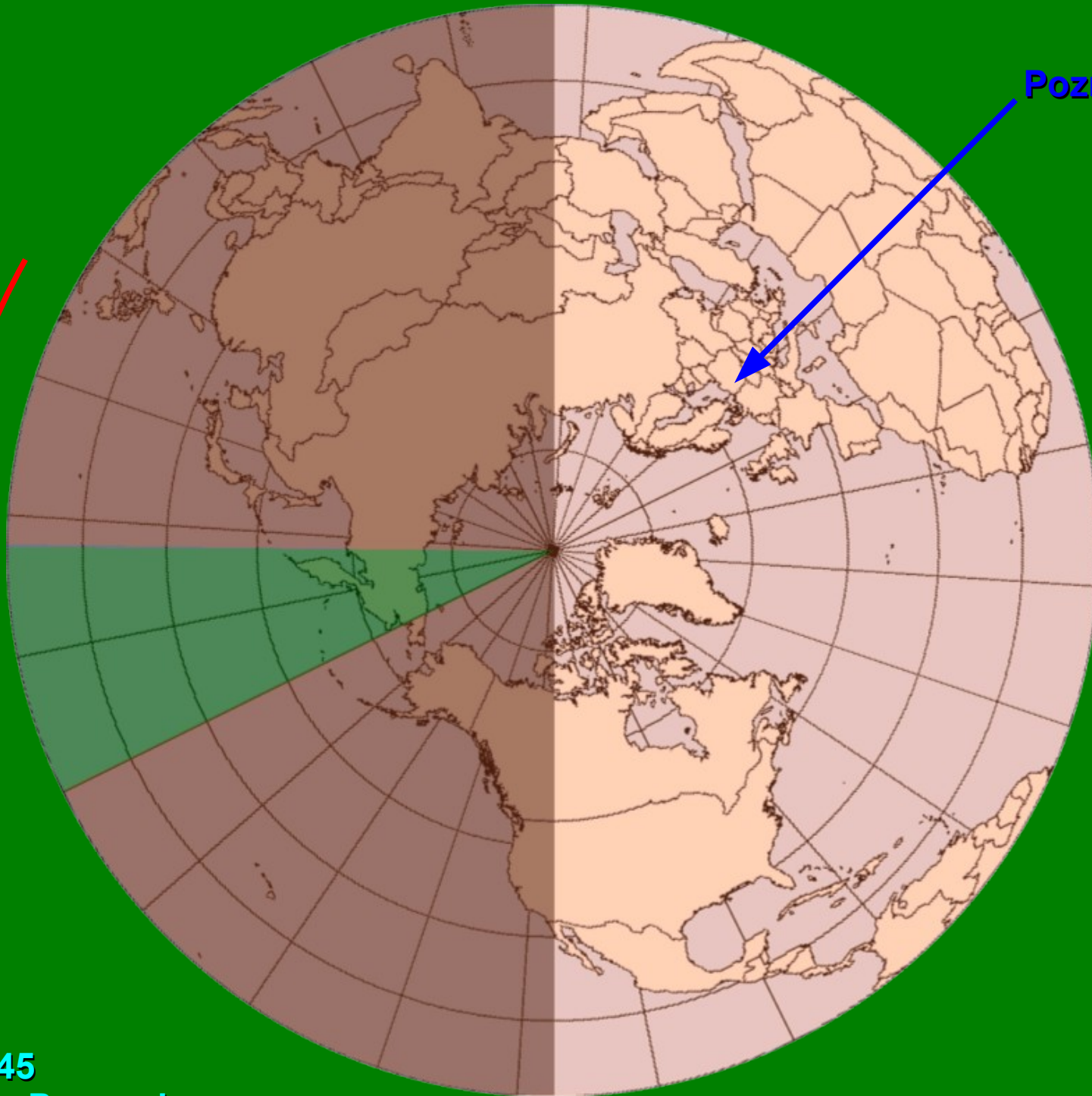
Czasy miejscowe!



Poznań

ku
Słońcu

Godzina 15:45
na zegarku w Poznaniu

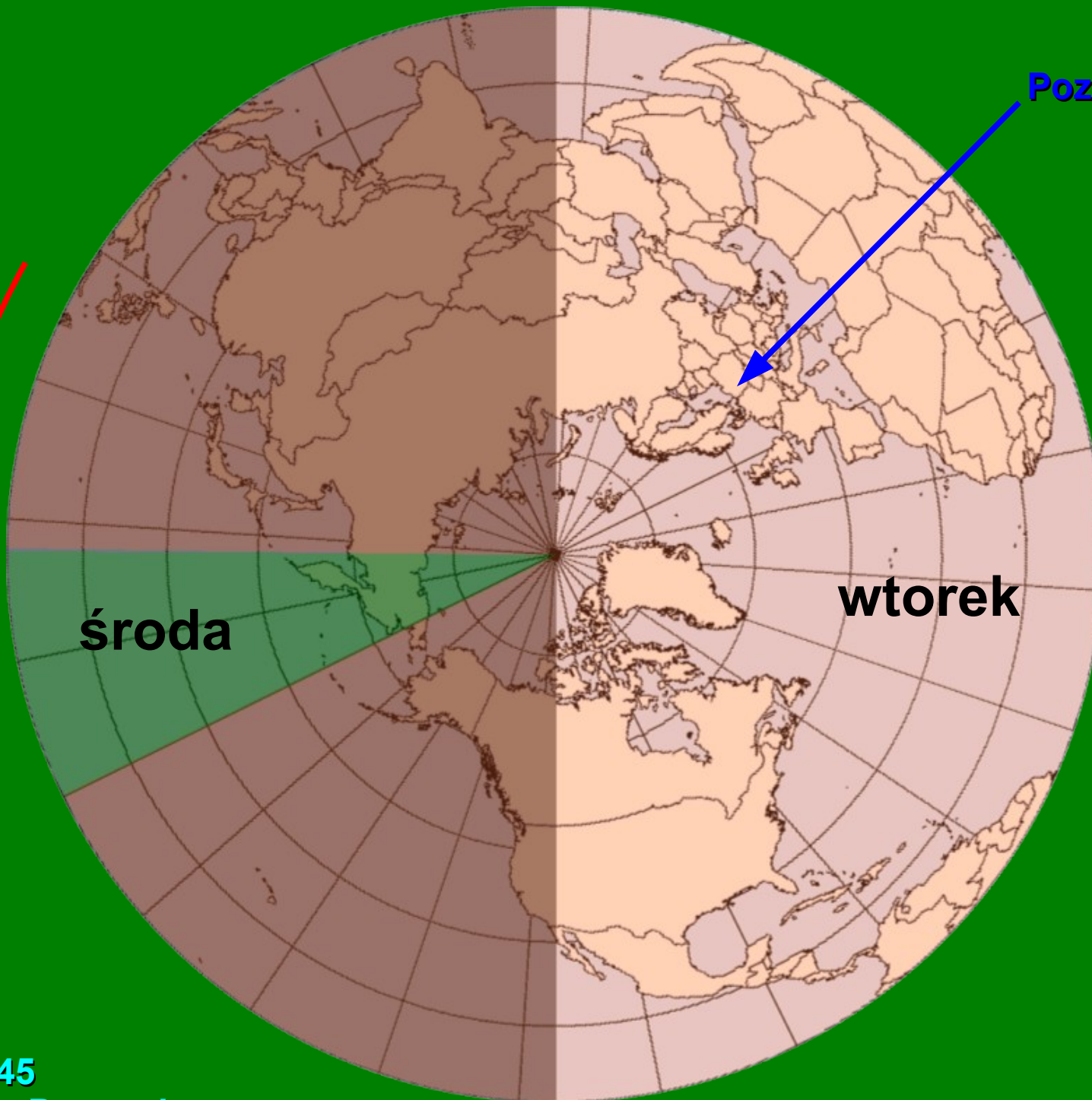


Poznań



ku
Słońcu

Godzina 15:45
na zegarku w Poznaniu



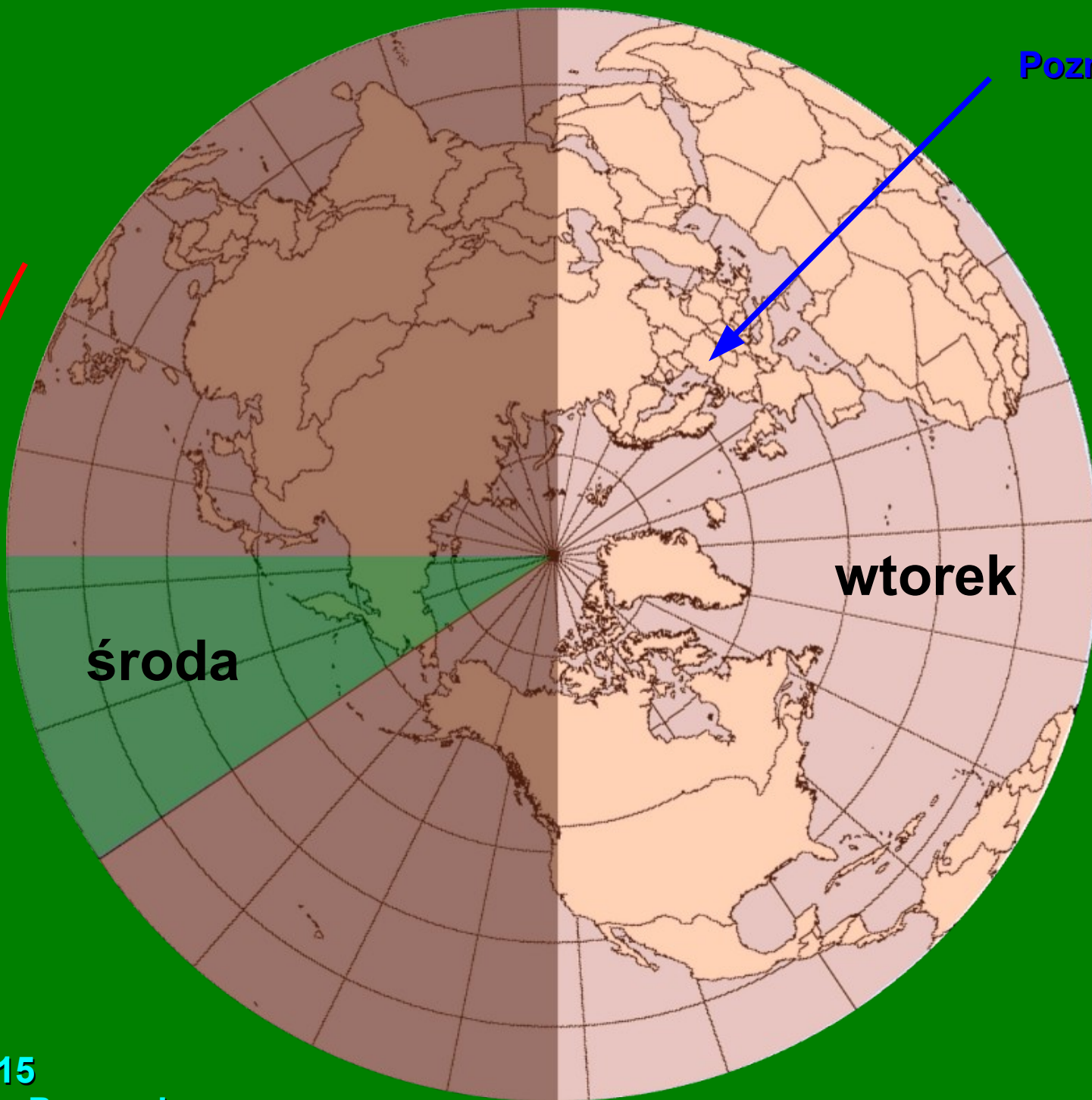
Poznań

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

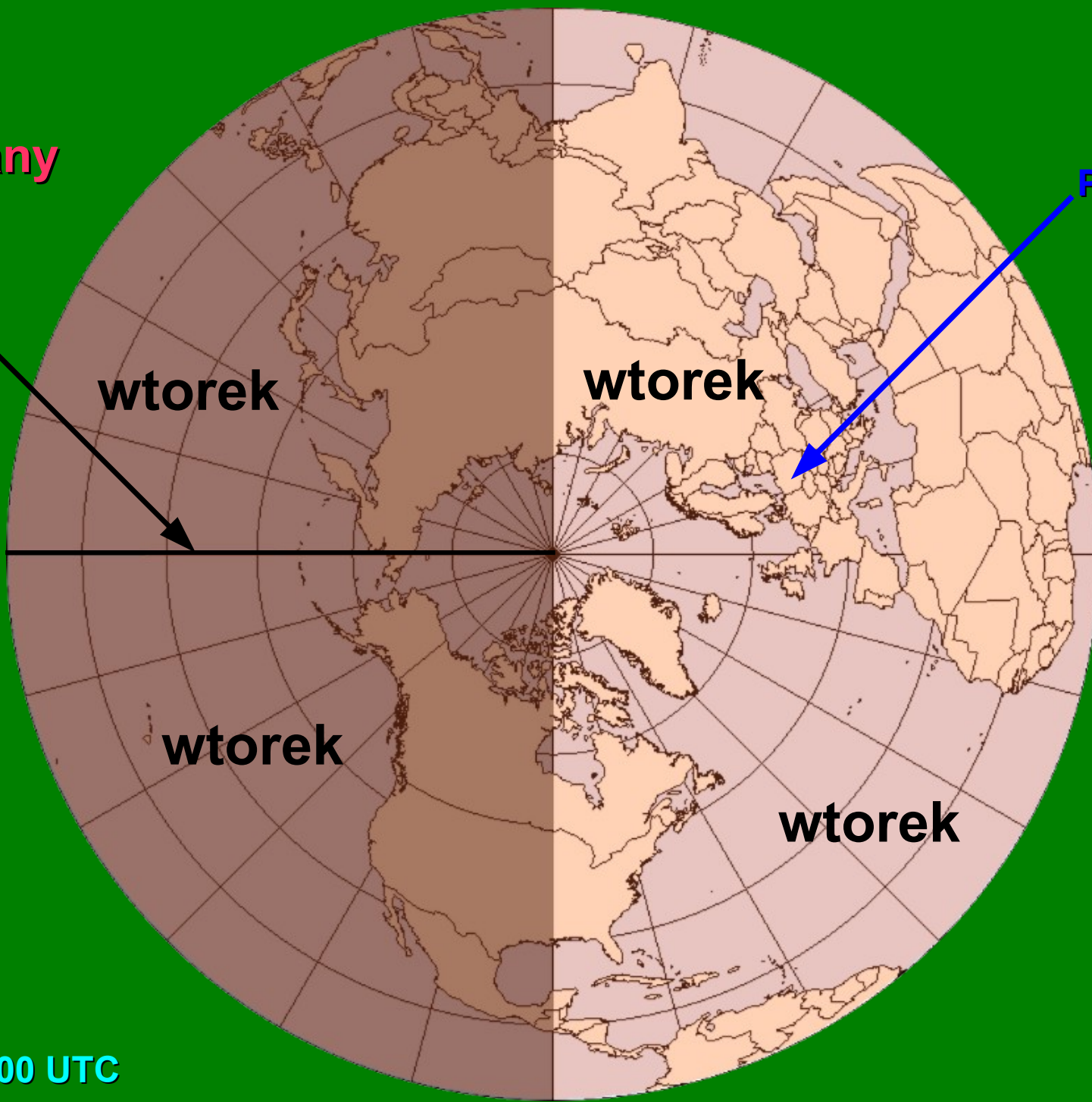


ku Słońcu

wtorek

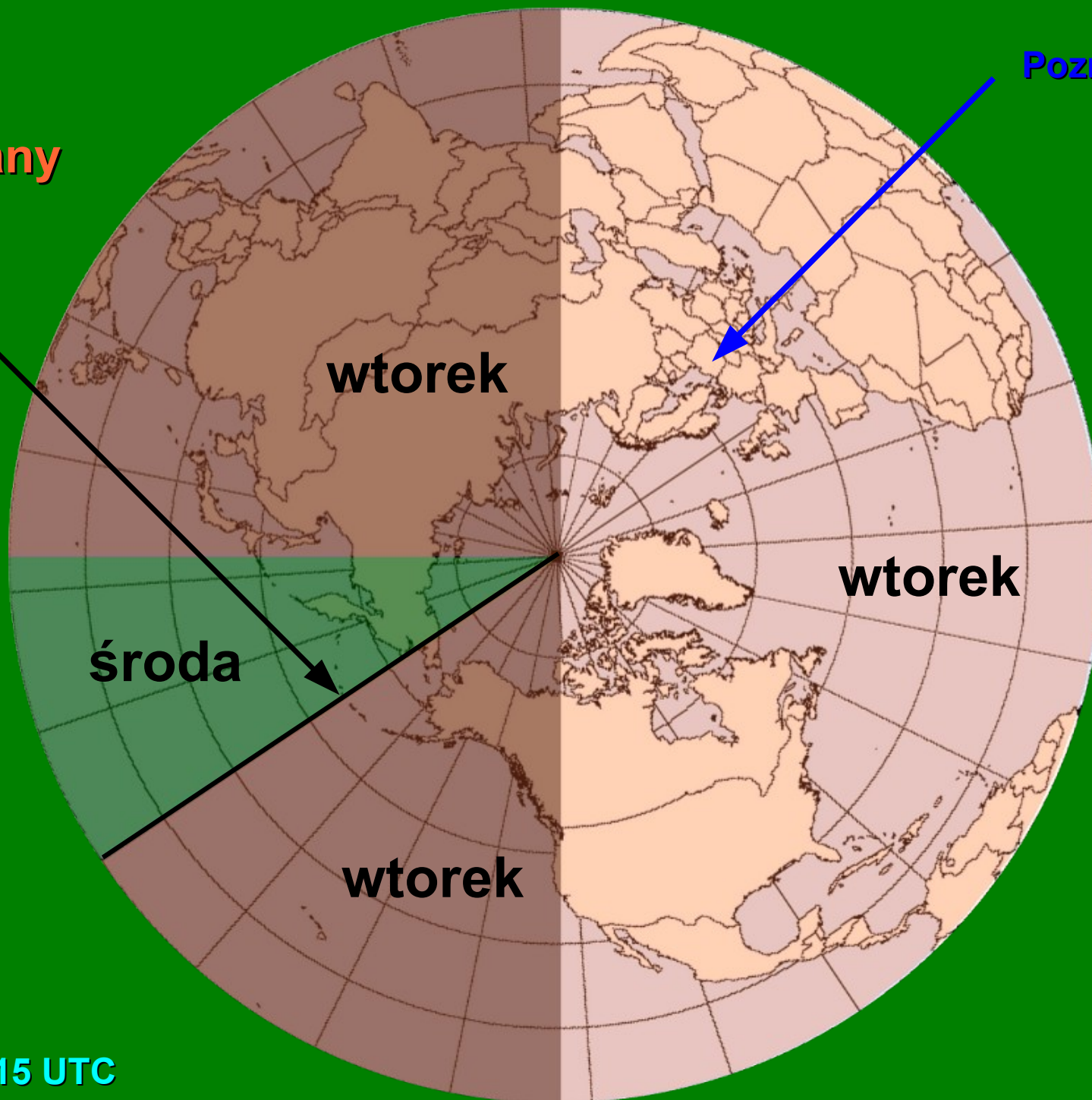
wtorek

Godzina 12:00 UTC



Linia zmiany daty

Poznań, 16:15



środa

wtorek

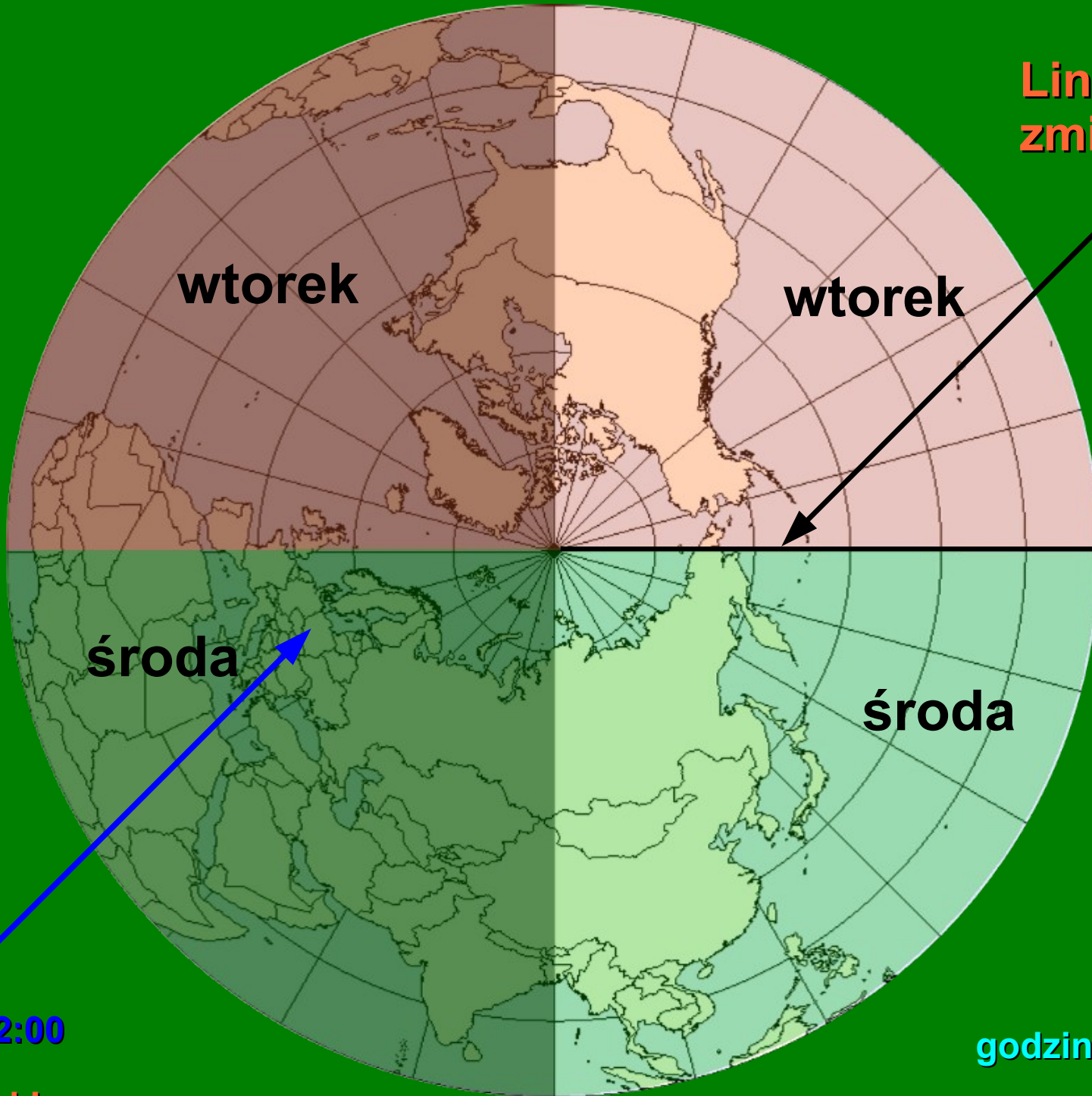
wtorek

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

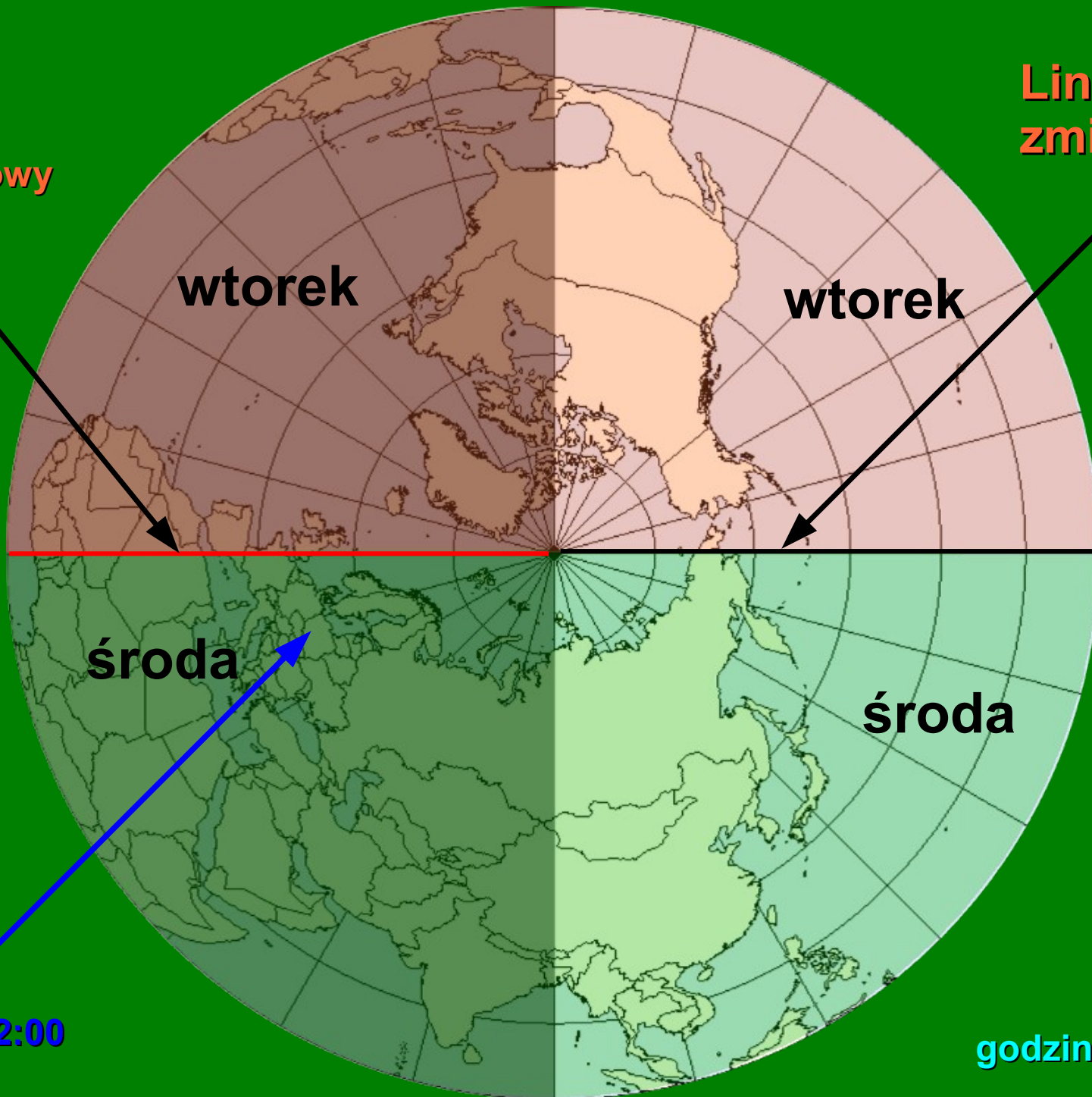
środa

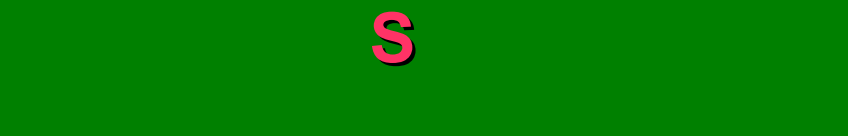
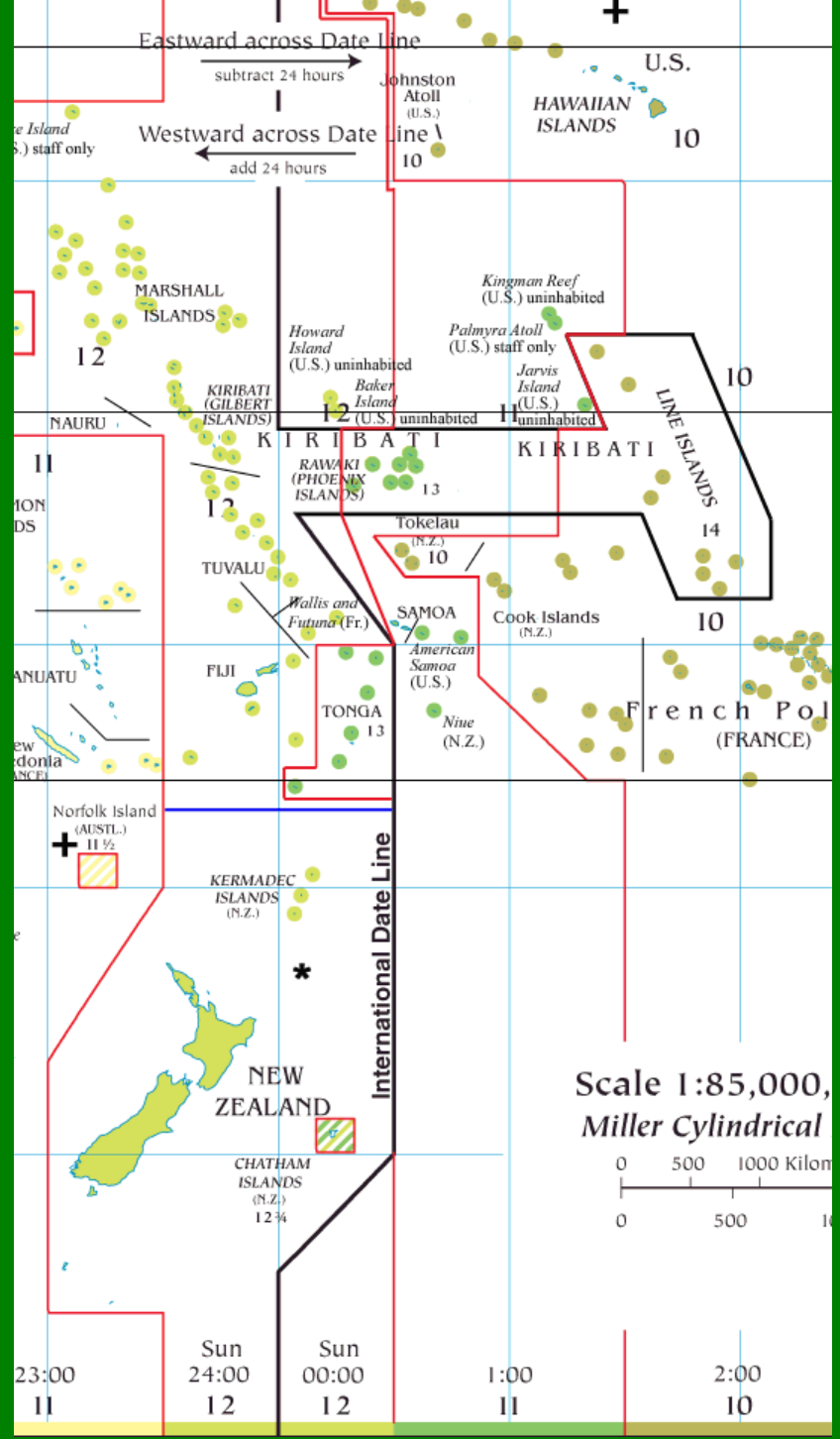
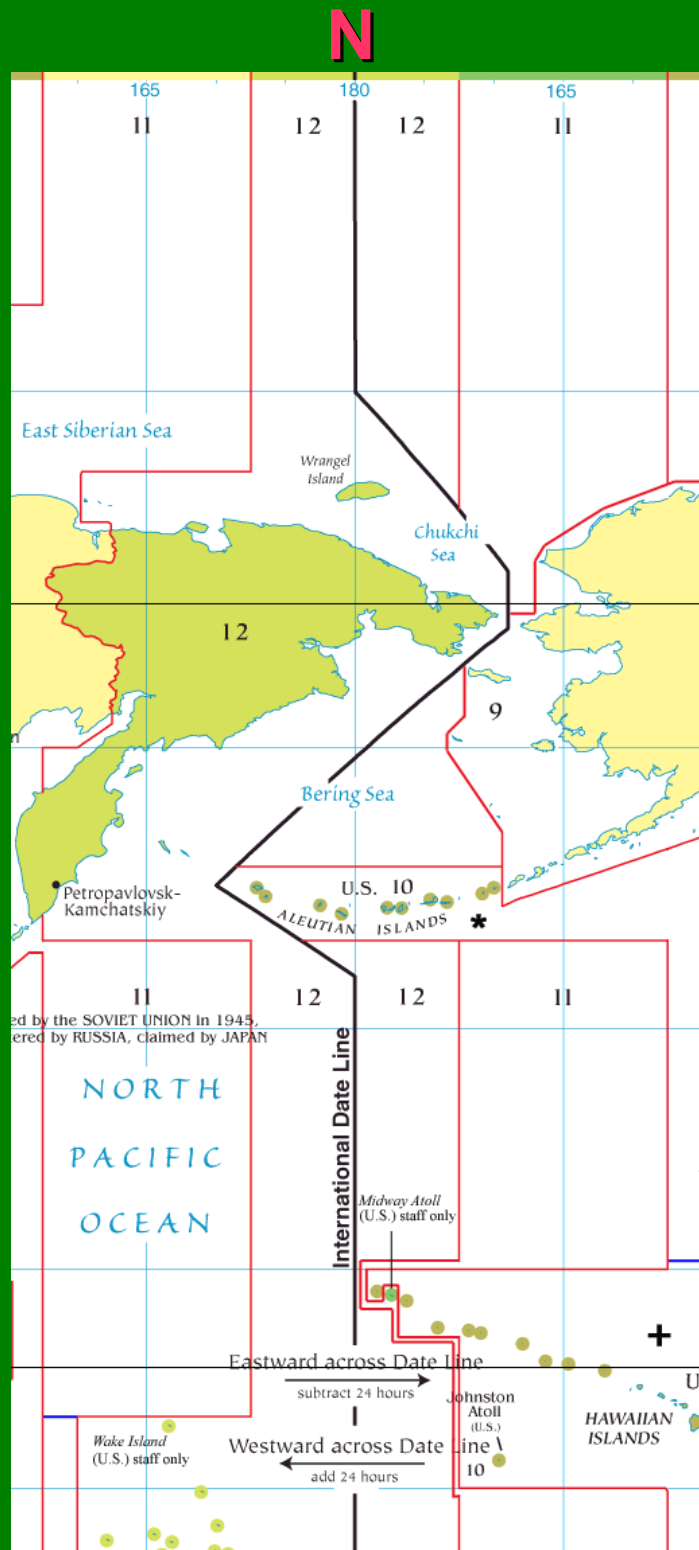
środa

ku Słońcu

Poznań, 02:00

godzina 00:00 UTC





Scale 1:85,000,
Miller Cylindrical

0 500 1000 Kilom

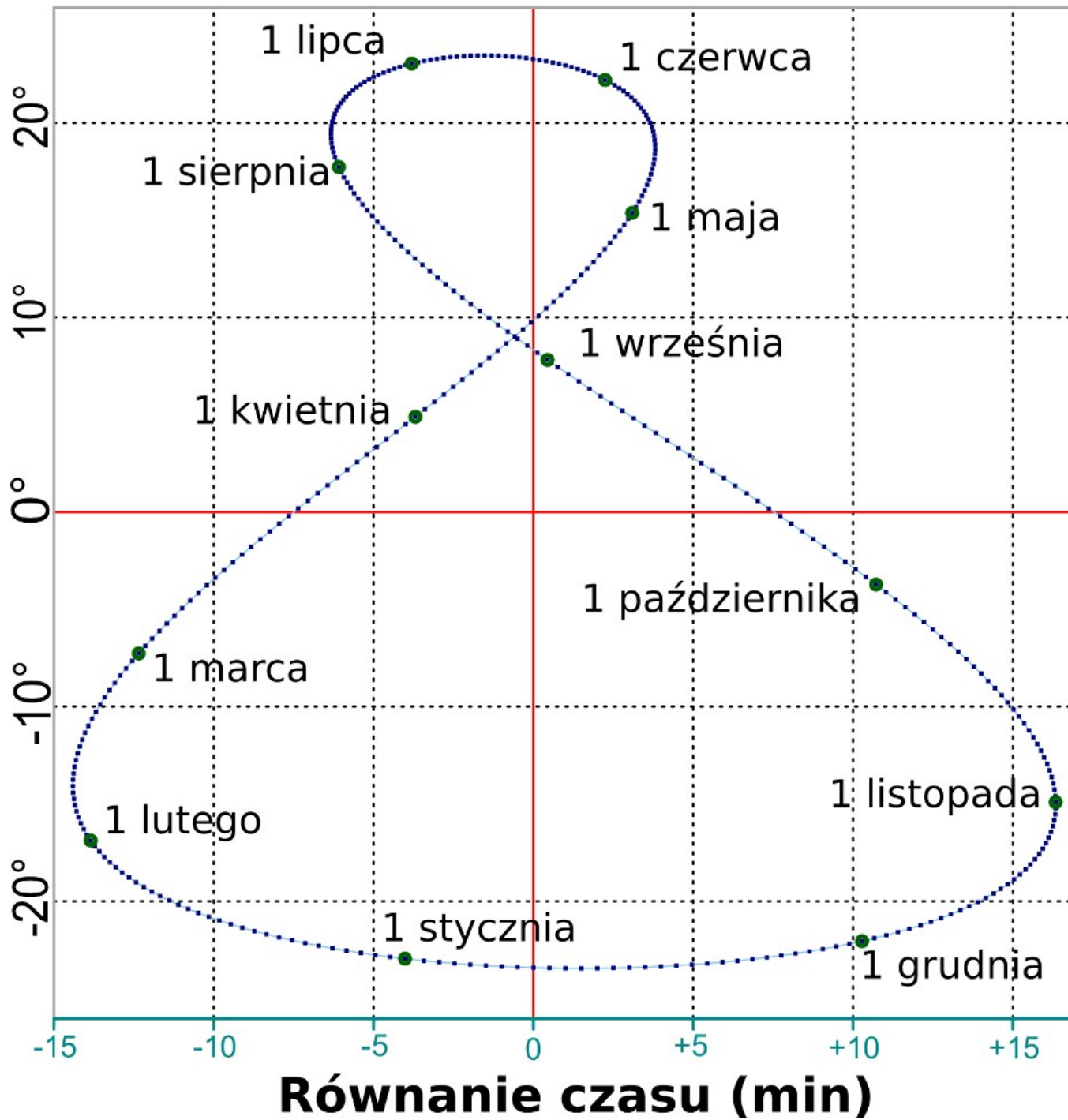
0 500 1000 Miles

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

11 12 12 11 10

S

Analemma



Deklinacja Słońca

Równanie czasu (min)



Analema 2003, copyright: Anthony Ayiomamitis

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)

W roku 2017:

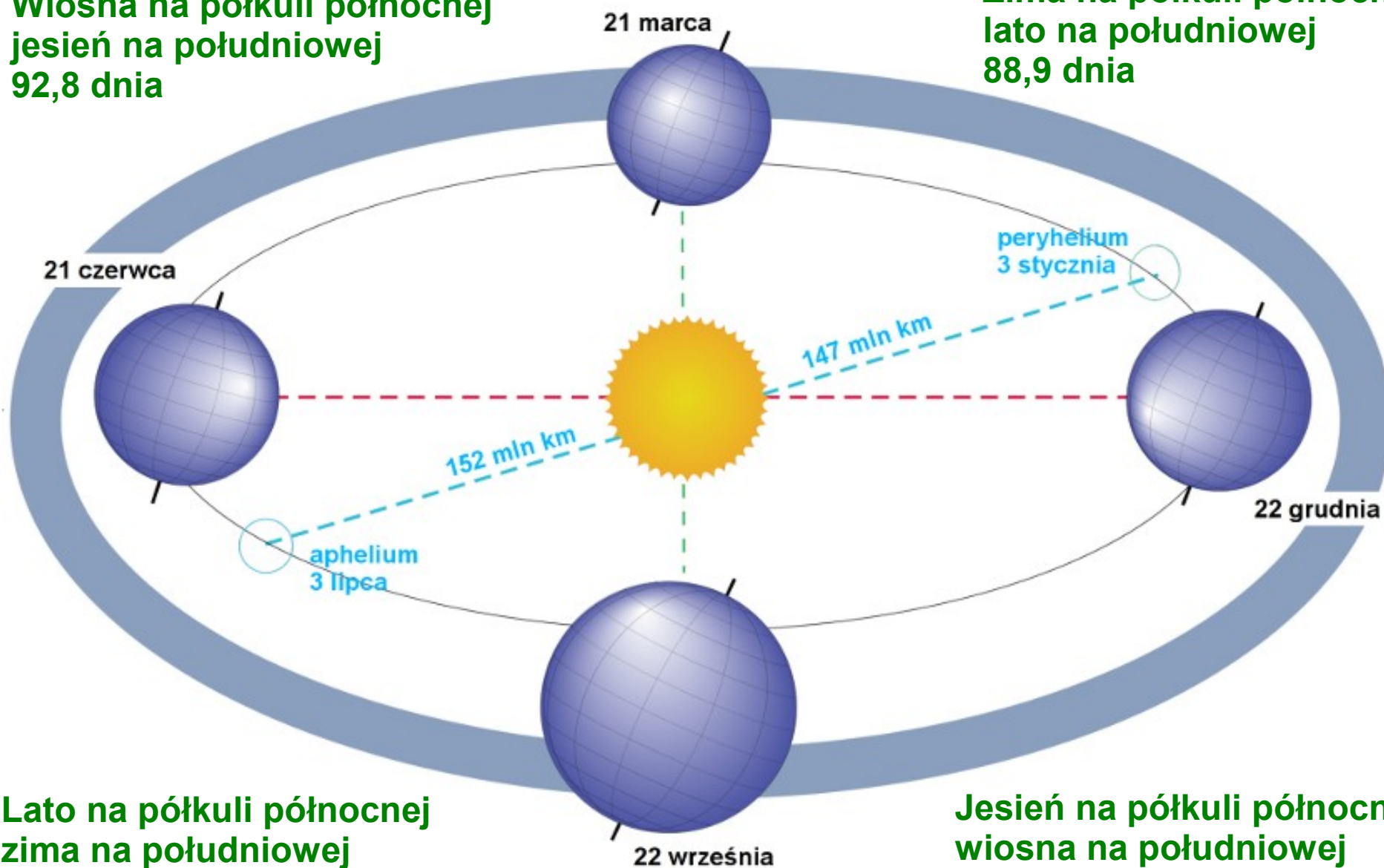
- Ziemia najbliżej Słońca (w peryhelium) 4 stycznia,
- Początek astronomicznej wiosny: 20 marca, 11:29
- Początek astronomicznego lata: 21 czerwca, 6:24
- Ziemia najdalej od Słońca (w aphelium) 3 lipca,
- Początek astronomicznej jesieni: 22 września, 22:02
- Początek astronomicznej zimy: 21 grudnia, 17:28

(momenty podane w czasie urzędowym)

Pory roku

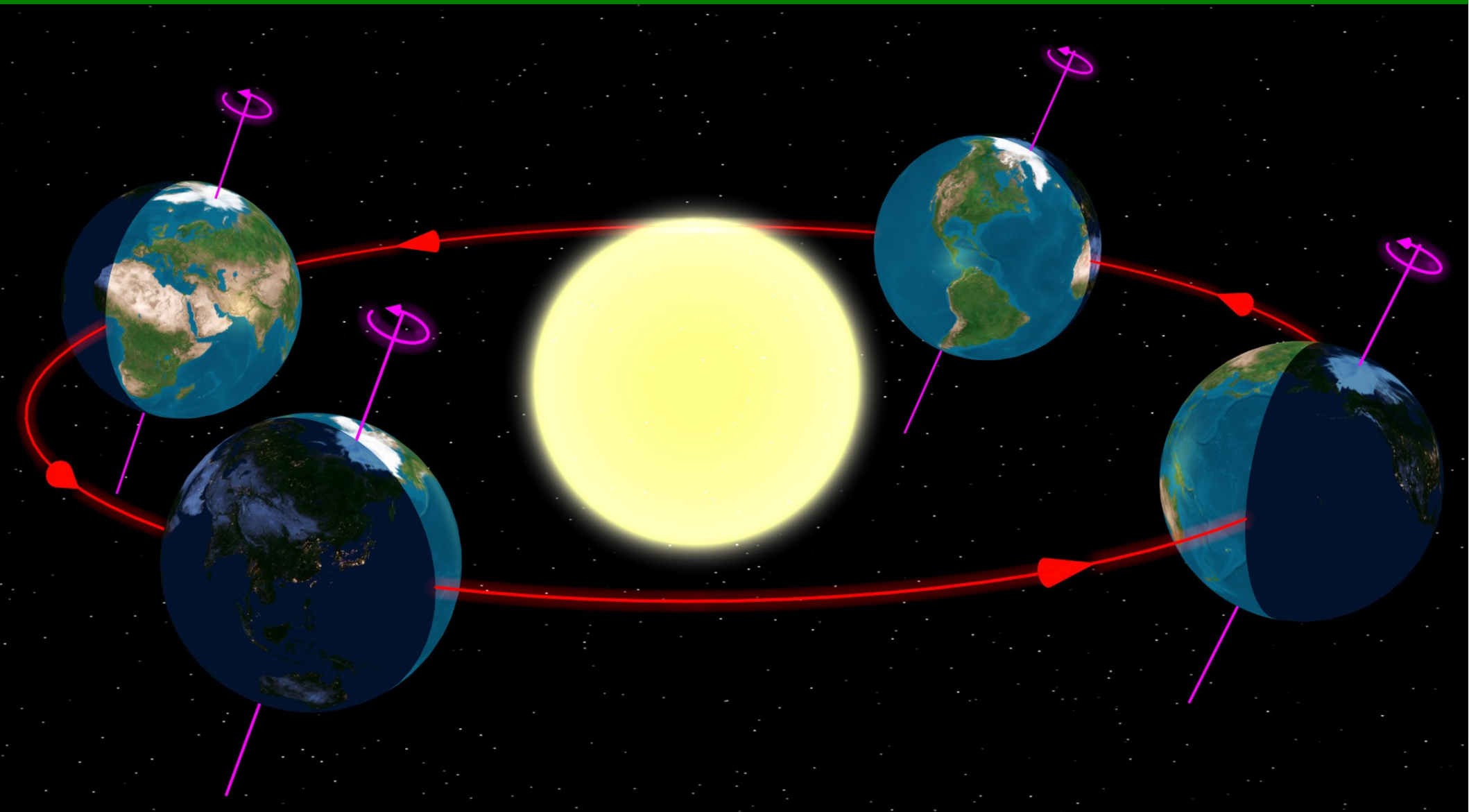
Wiosna na półkuli północnej
jesień na południowej
92,8 dnia

Zima na półkuli północnej
lato na południowej
88,9 dnia

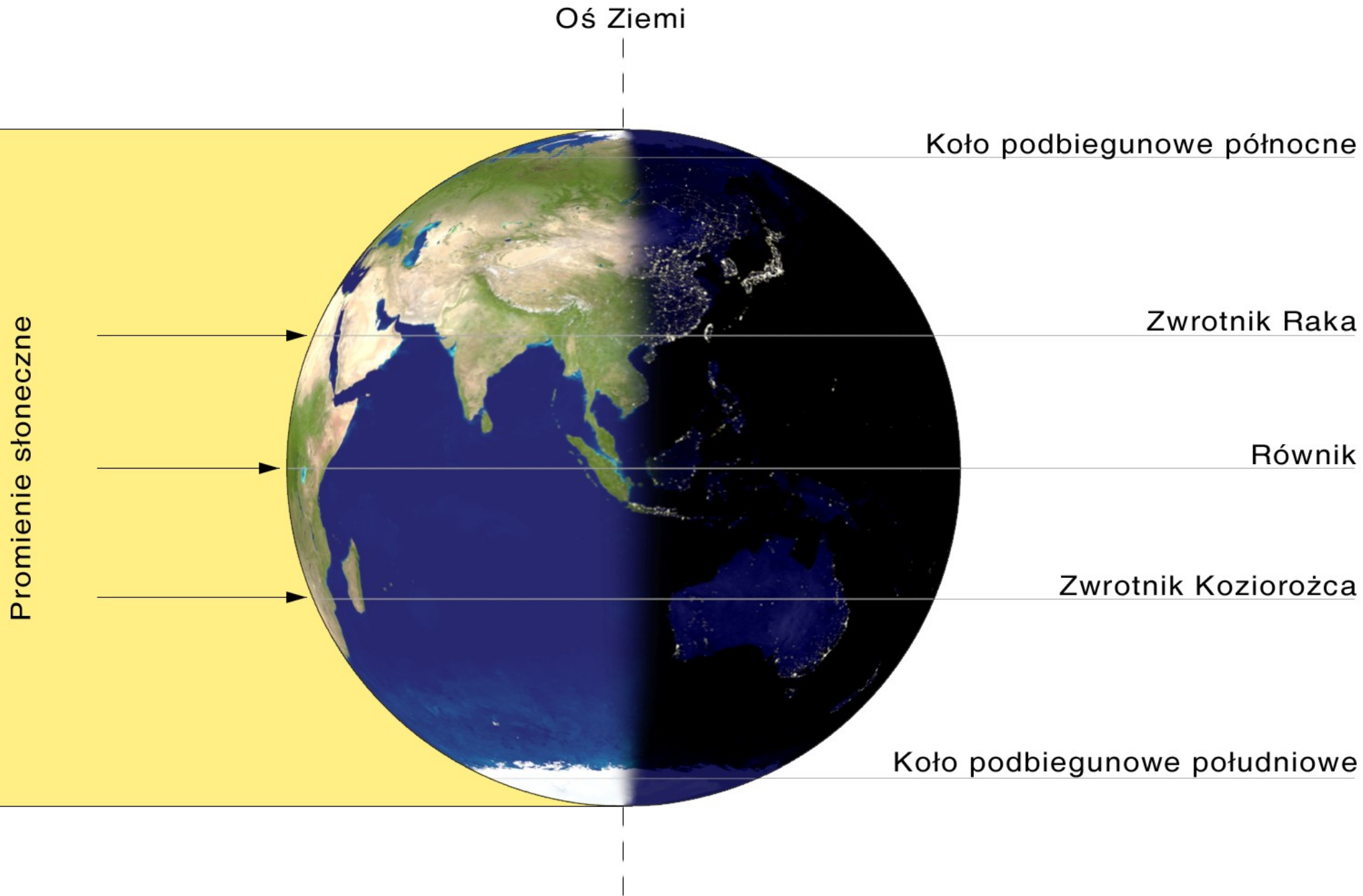


Lato na półkuli północnej
zima na południowej
93,6 dnia

Jesień na półkuli północnej
wiosna na południowej
89,9 dnia



Równonoc jesienna i wiosenna



Przesilenie letnie

Oś Ziemi

Koło podbiegunowe północne

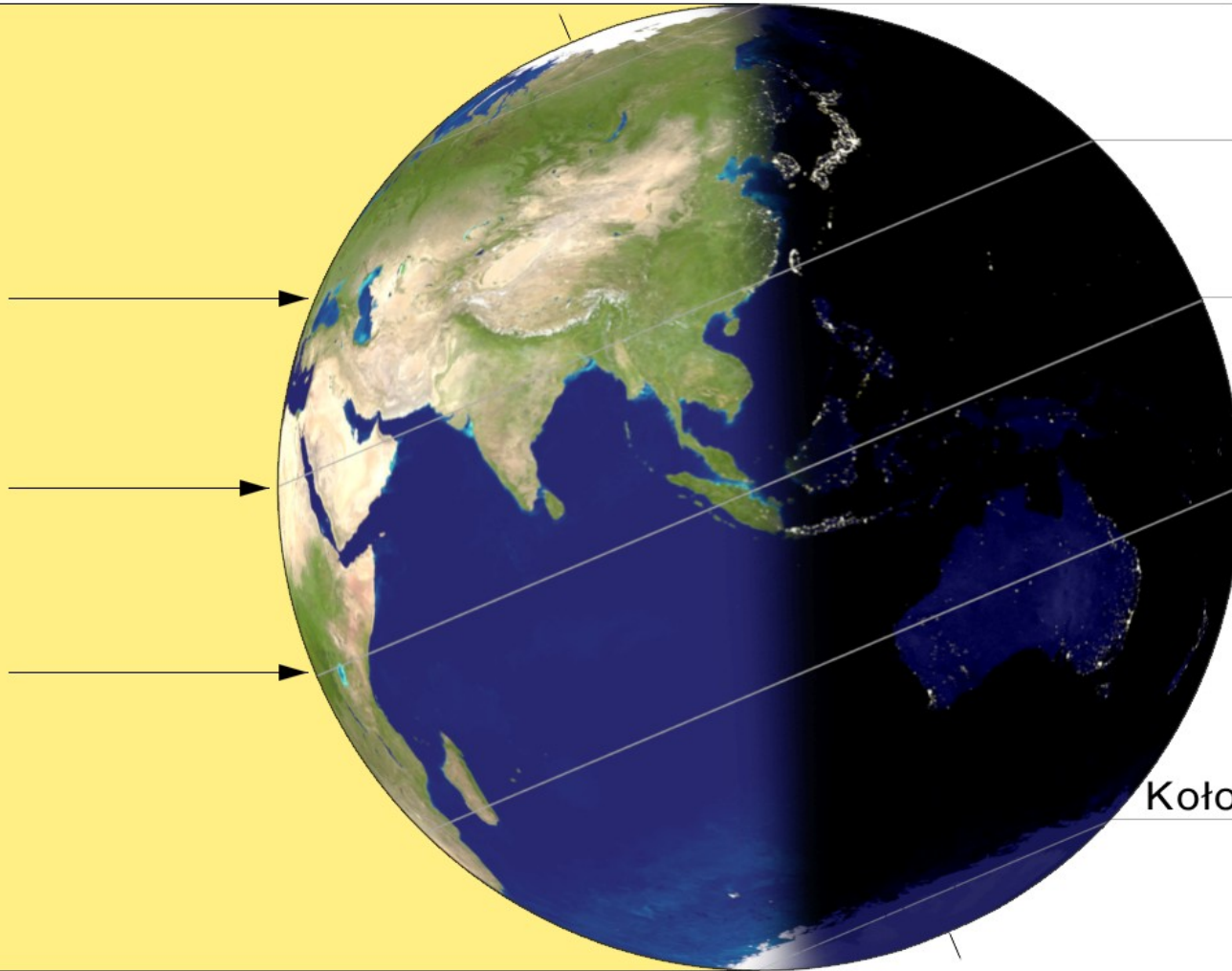
Zwrotnik Raka

Równik

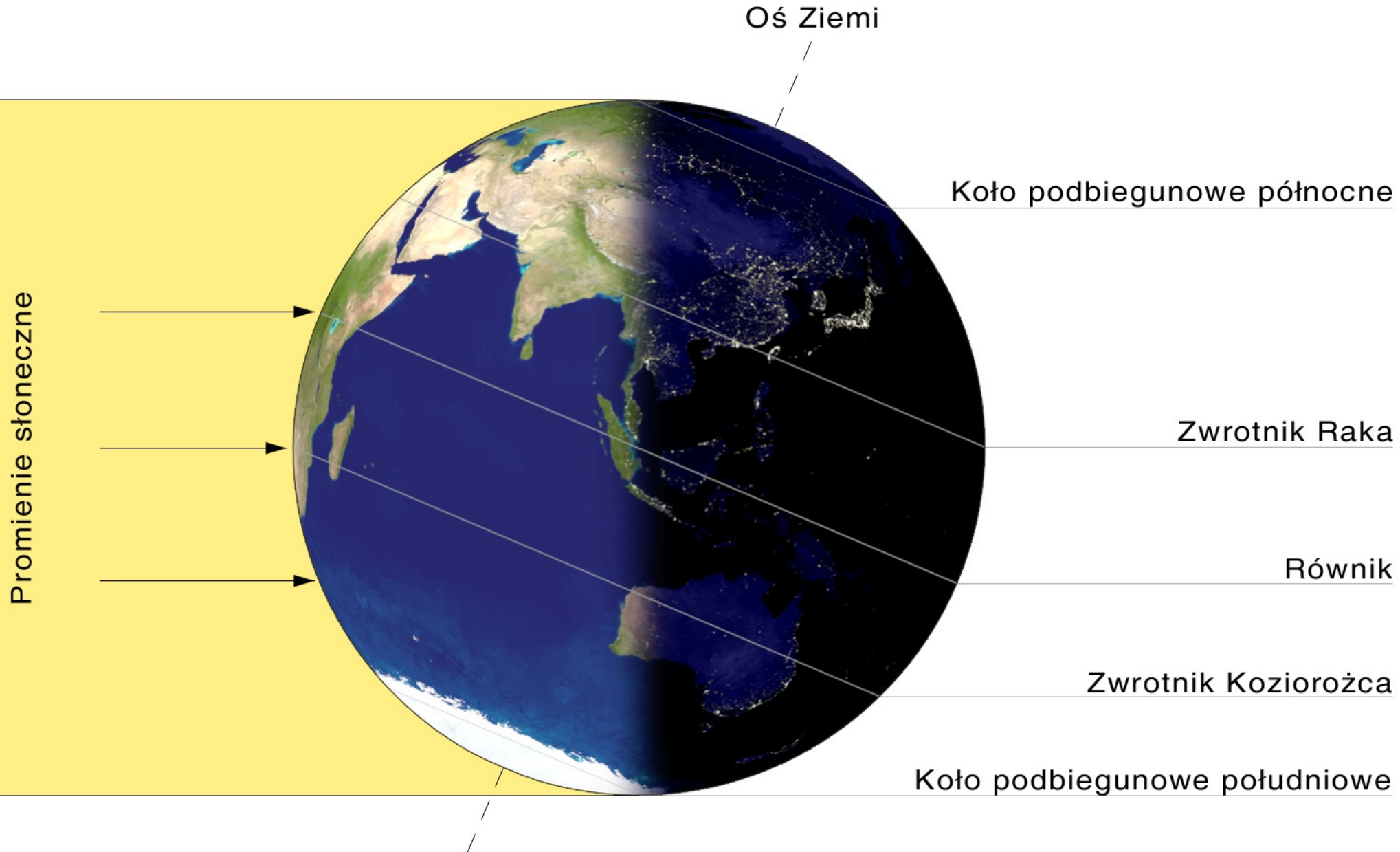
Zwrotnik Koziorożca

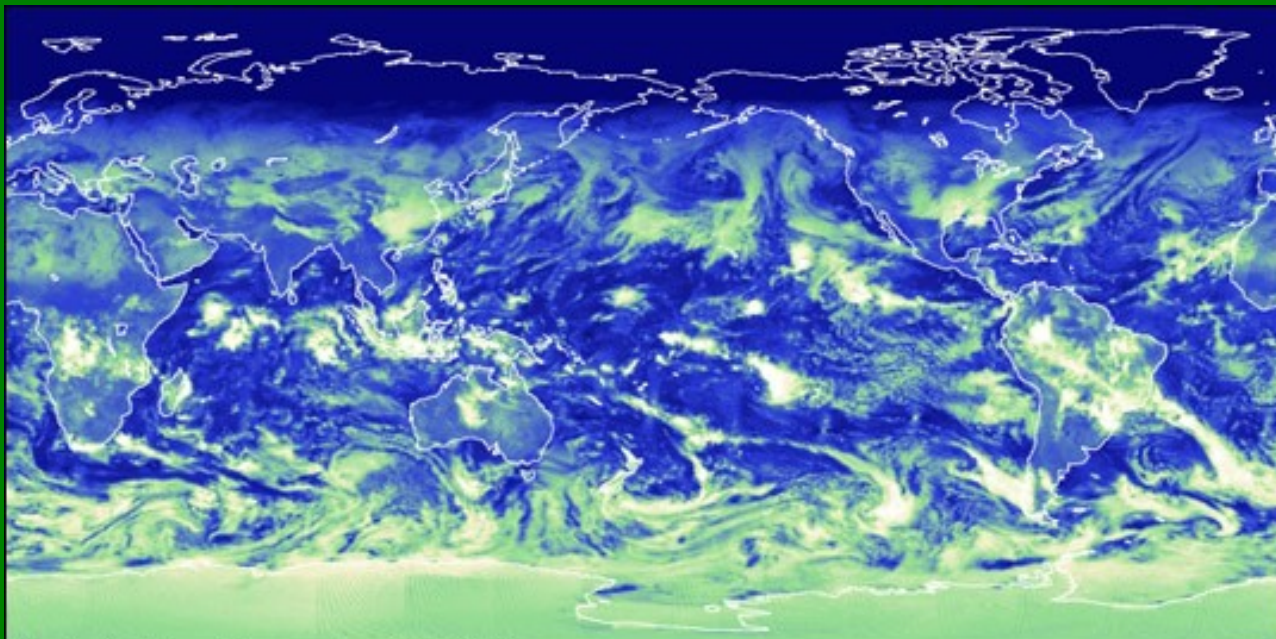
Koło podbiegunowe południowe

Promienie słoneczne

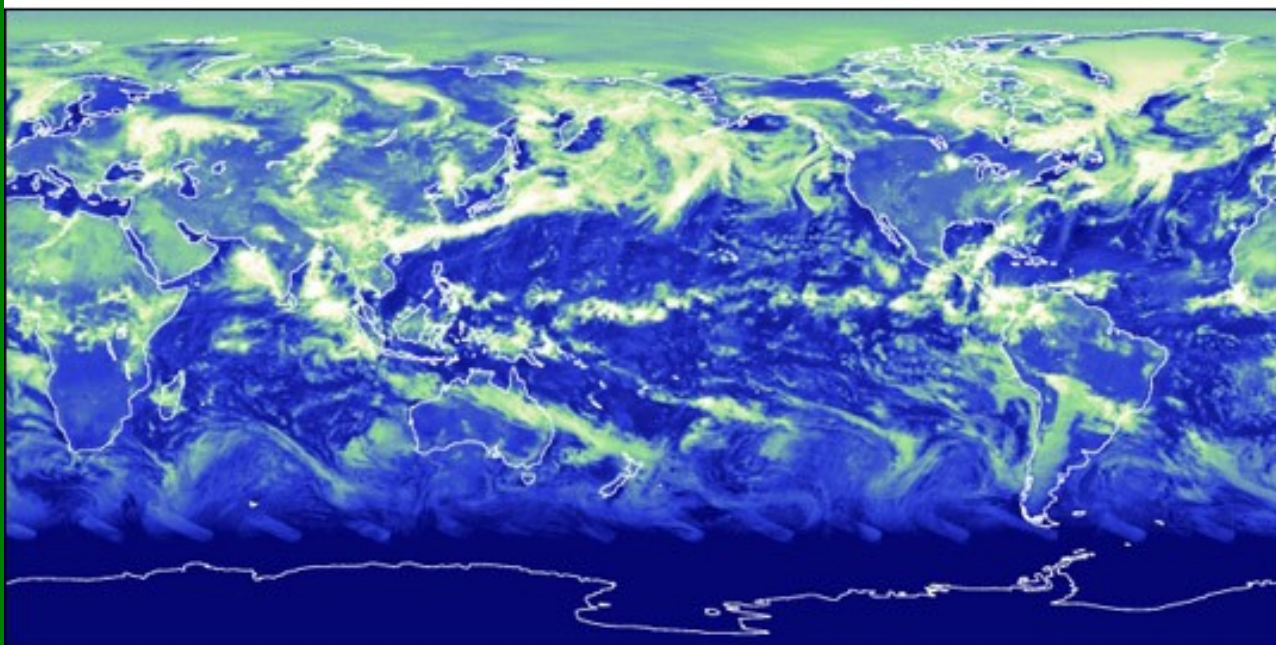


Przesilenie zimowe





Winter Solstice, December 22, 2004

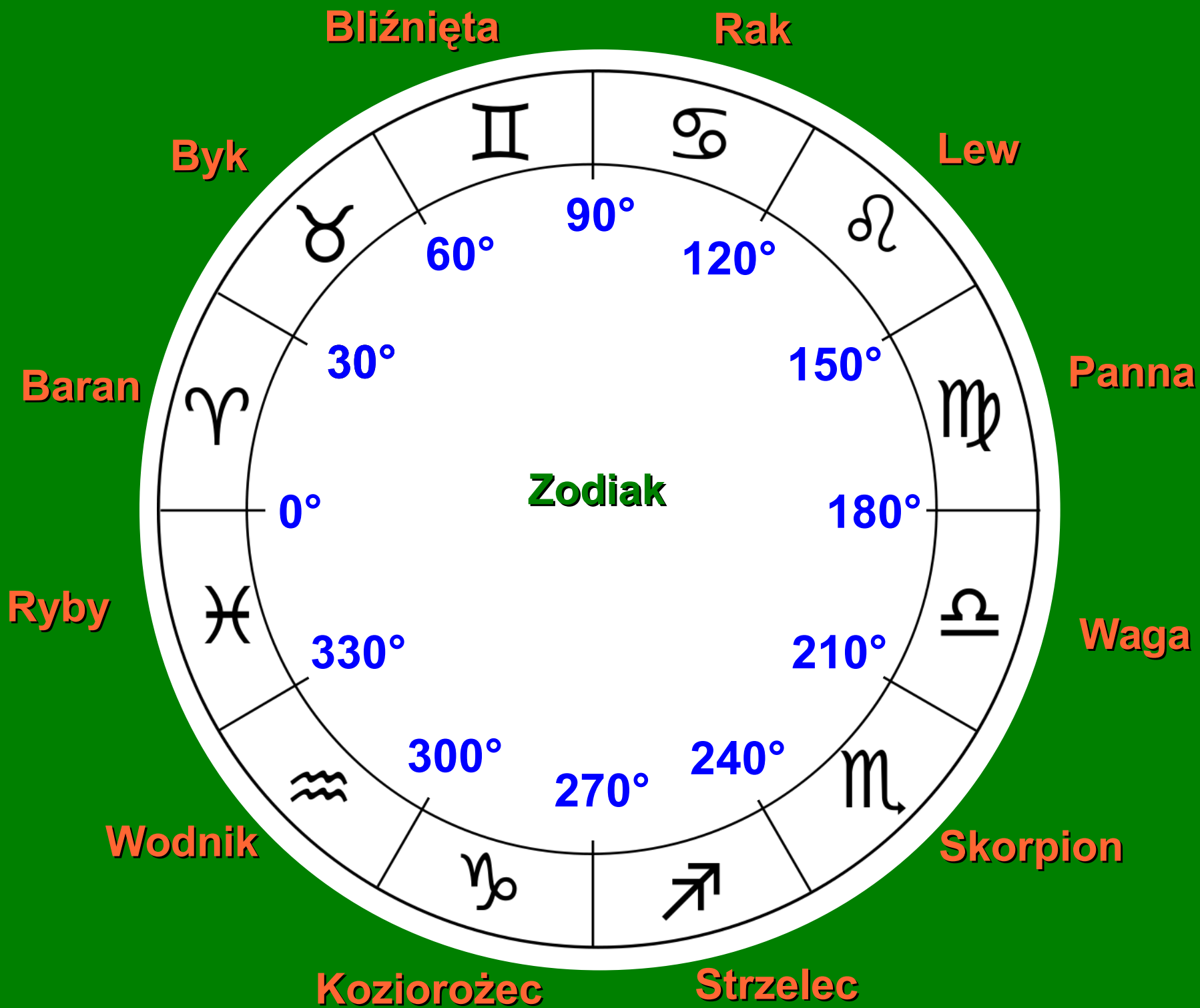


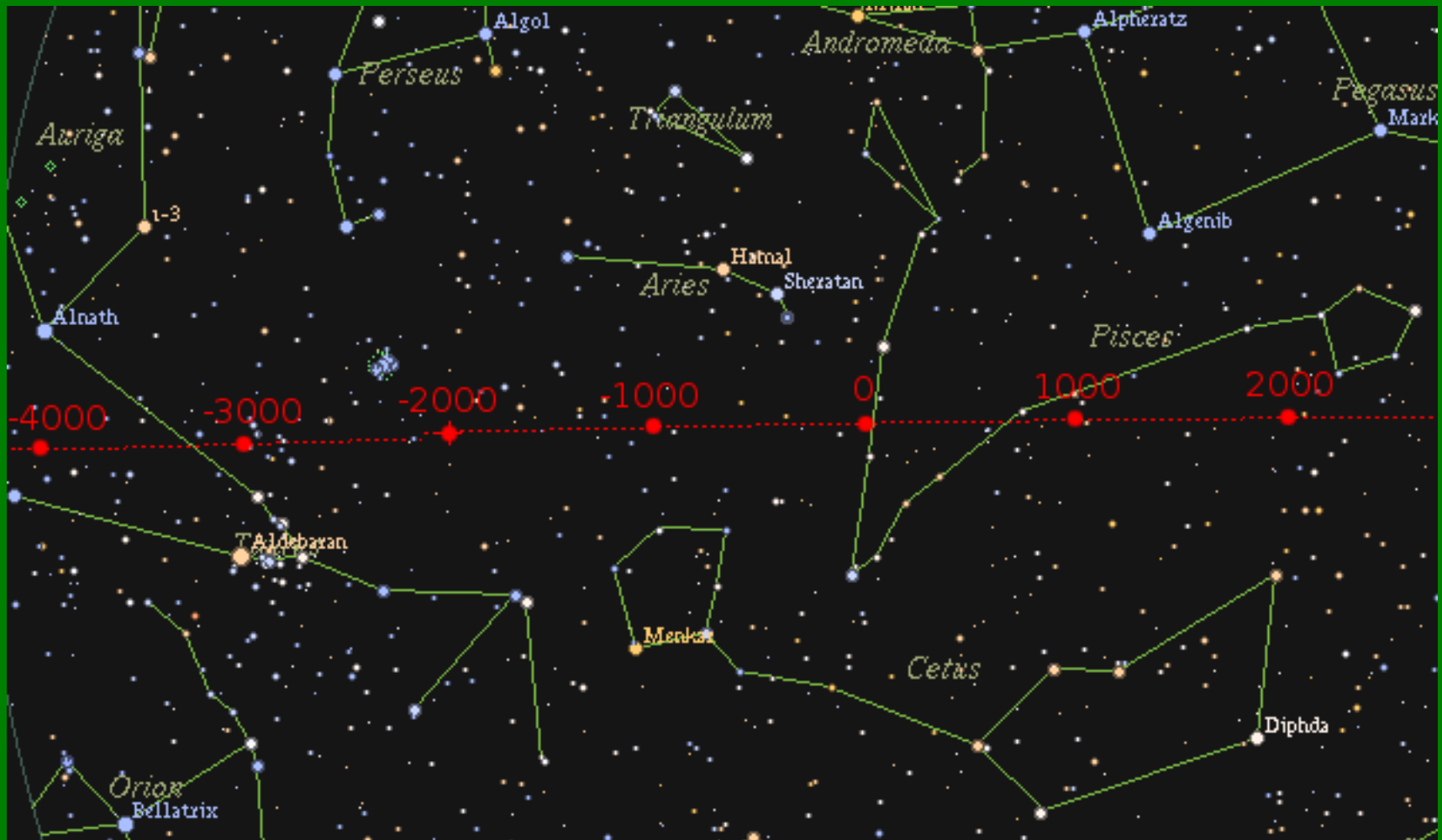
Summer Solstice, June 20, 2005

Reflected Solar Radiation (W/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.**

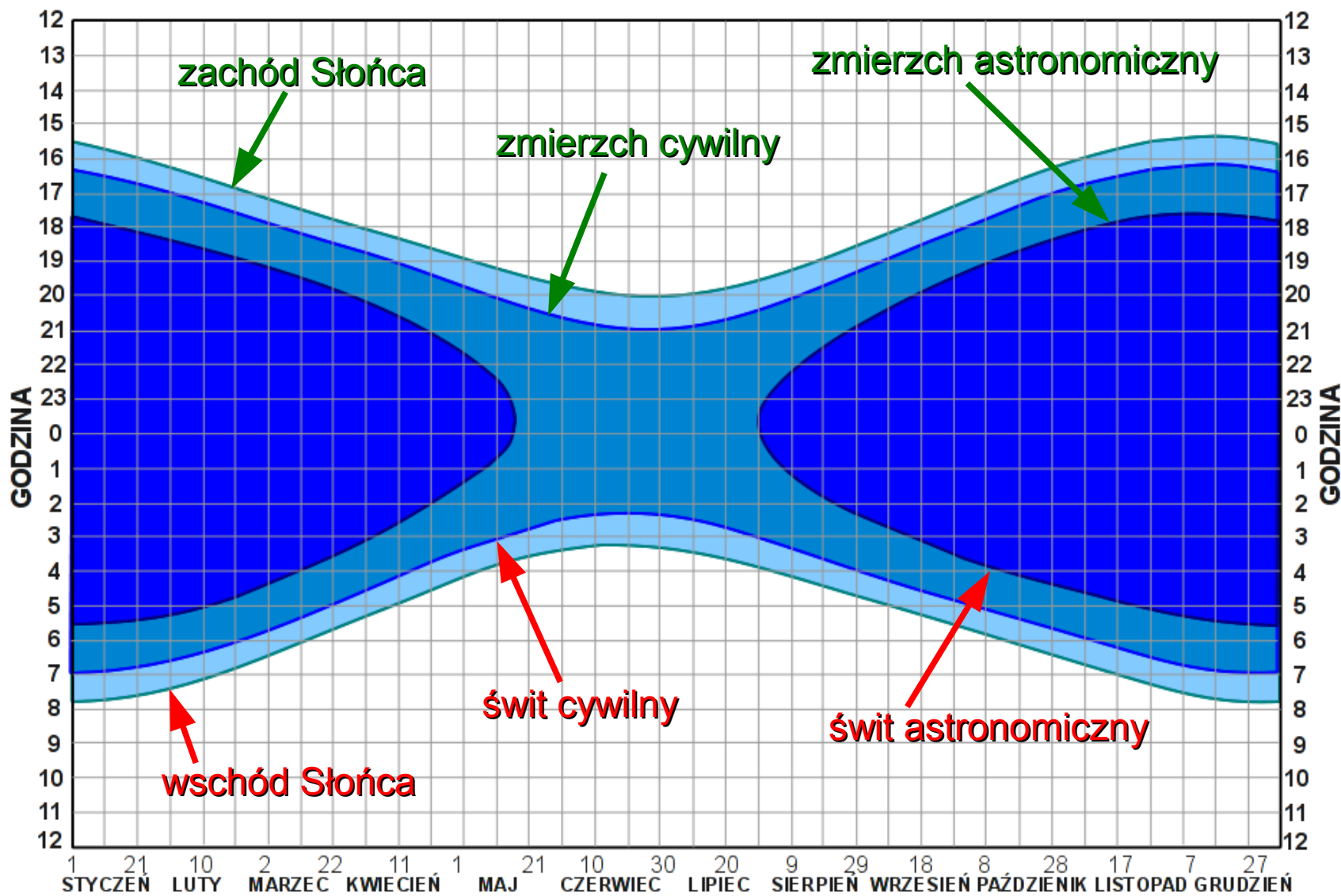
Lata przestępne

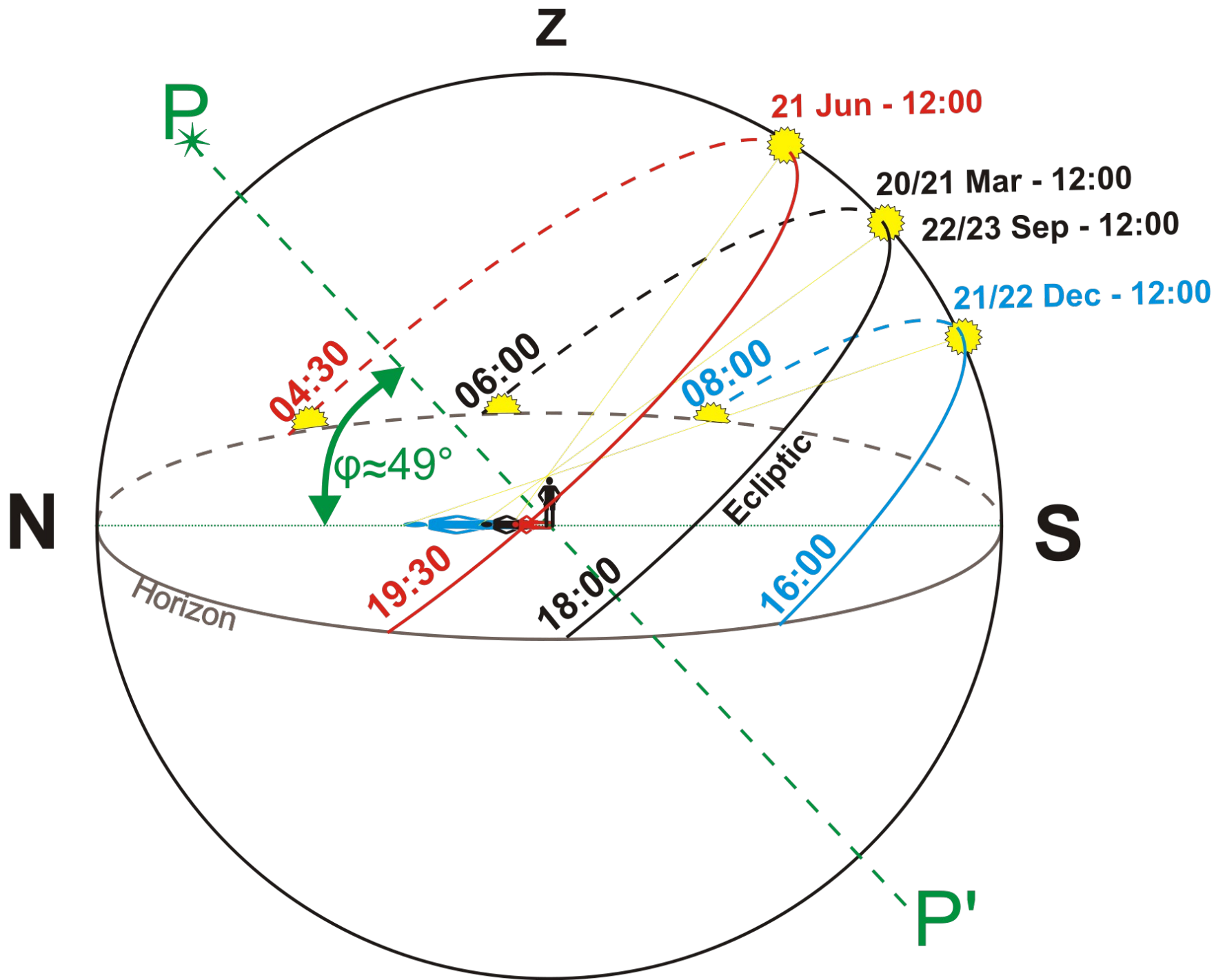
- Jeśli rok dzieli się przez 4 to tak
- ale jeśli dzieli się przez 100 to nie
- chyba że dzieli się przez 400 to jednak tak.
- W ten sposób w ciągu każdych 400 lat mamy 97 lat przestępnych (po 366 dni) i 303 lata zwykłe (po 365 dni) – razem 146097 dni.
- Daje to średnią długość roku tylko o 26 sekund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

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



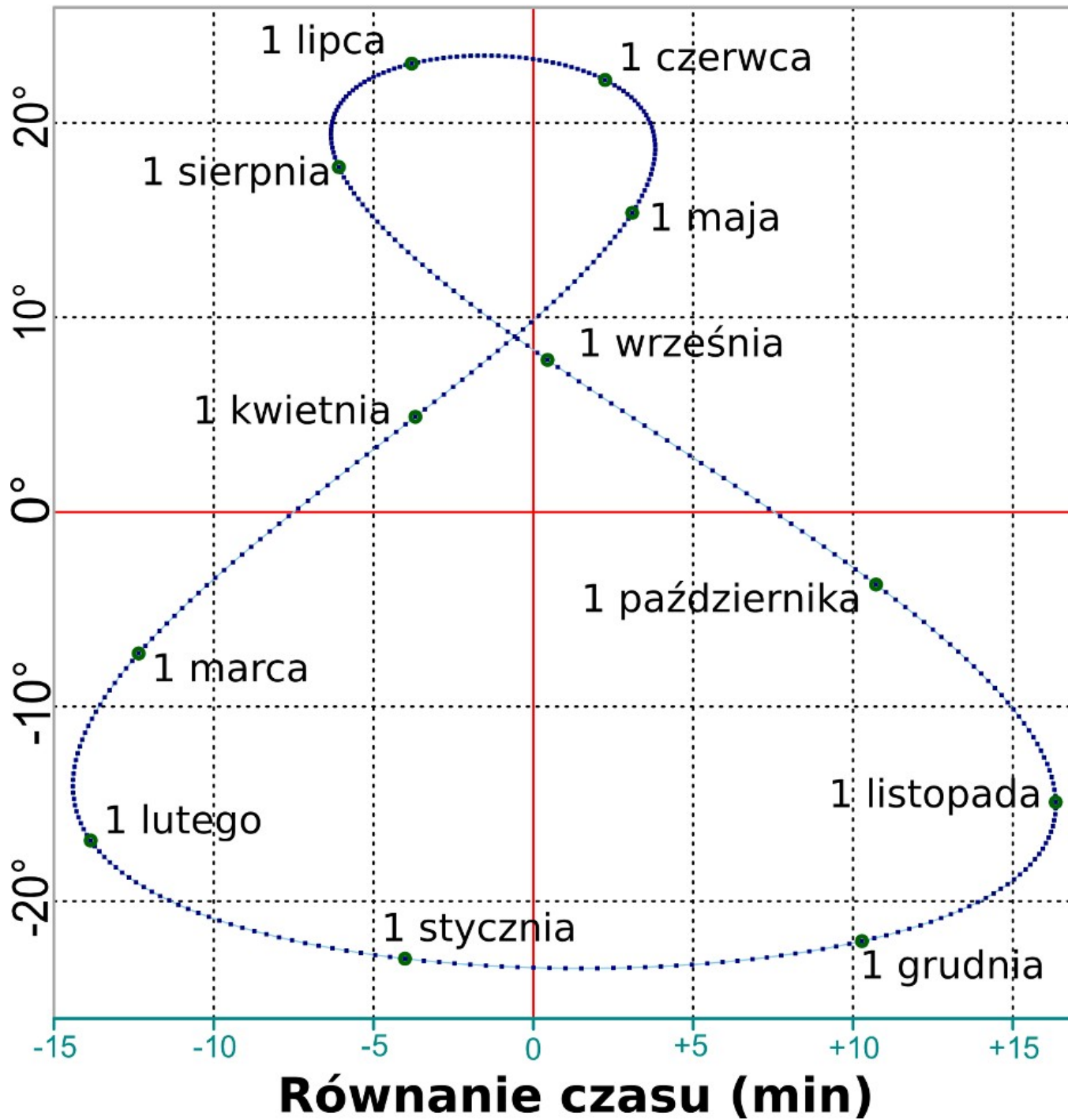


$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

Słońce, październik 2016, Poznań

01/10	--	wschód: 06:54,	zachód: 18:29
02/10	--	wschód: 06:56,	zachód: 18:27
03/10	--	wschód: 06:57,	zachód: 18:24
04/10	--	wschód: 06:59,	zachód: 18:22
05/10	--	wschód: 07:01,	zachód: 18:20
06/10	--	wschód: 07:03,	zachód: 18:17
07/10	--	wschód: 07:04,	zachód: 18:15
08/10	--	wschód: 07:06,	zachód: 18:13
09/10	--	wschód: 07:08,	zachód: 18:11
10/10	--	wschód: 07:10,	zachód: 18:08
11/10	--	wschód: 07:11,	zachód: 18:06
12/10	--	wschód: 07:13,	zachód: 18:04
13/10	--	wschód: 07:15,	zachód: 18:02
14/10	--	wschód: 07:17,	zachód: 17:59
15/10	--	wschód: 07:18,	zachód: 17:57
16/10	--	wschód: 07:20,	zachód: 17:55
17/10	--	wschód: 07:22,	zachód: 17:53
18/10	--	wschód: 07:24,	zachód: 17:51
19/10	--	wschód: 07:25,	zachód: 17:49
20/10	--	wschód: 07:27,	zachód: 17:46
21/10	--	wschód: 07:29,	zachód: 17:44
22/10	--	wschód: 07:31,	zachód: 17:42
23/10	--	wschód: 07:33,	zachód: 17:40
24/10	--	wschód: 07:34,	zachód: 17:38
25/10	--	wschód: 07:36,	zachód: 17:36
26/10	--	wschód: 07:38,	zachód: 17:34
27/10	--	wschód: 07:40,	zachód: 17:32
28/10	--	wschód: 07:42,	zachód: 17:30
29/10	--	wschód: 07:44,	zachód: 17:28
30/10	--	wschód: 06:45,	zachód: 16:26
31/10	--	wschód: 06:47,	zachód: 16:24

Analemma



Deklinacja Słońca

Równanie czasu (min)



Zachód Słońca nad Poznaniem, 14 marca 2013



+119°

+120°

+121°

+0°

Słońce

-1°

Data i godzina ✕

▲ 2012 / 11 / 13 7 : 10 : 43 ▼

+119°

+120°

+121°

+0°

Słońce



-1°

Data i godzina



2012

/

11

/

13

7

:

10

:

43

