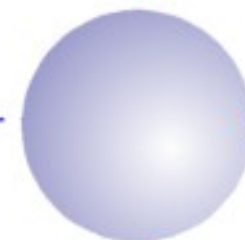


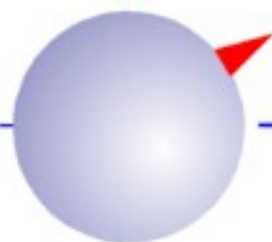


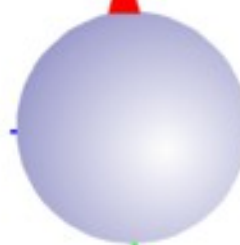
# Wyznaczanie długości i szerokości geograficznej z obserwacji astronomicznych.

*Piotr A. Dybczyński*

**Związek czasu słonecznego  
z gwiazdowym.**

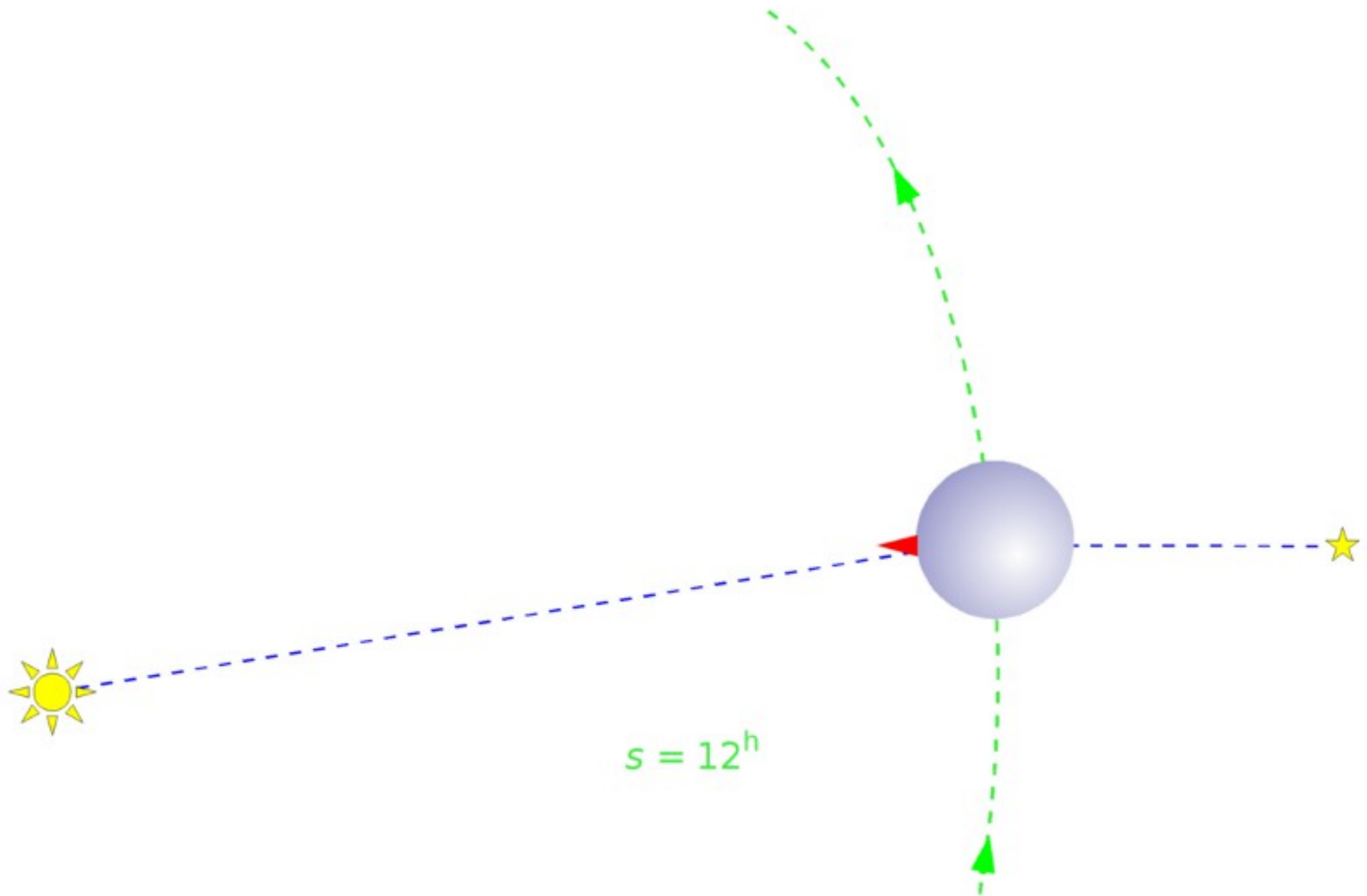


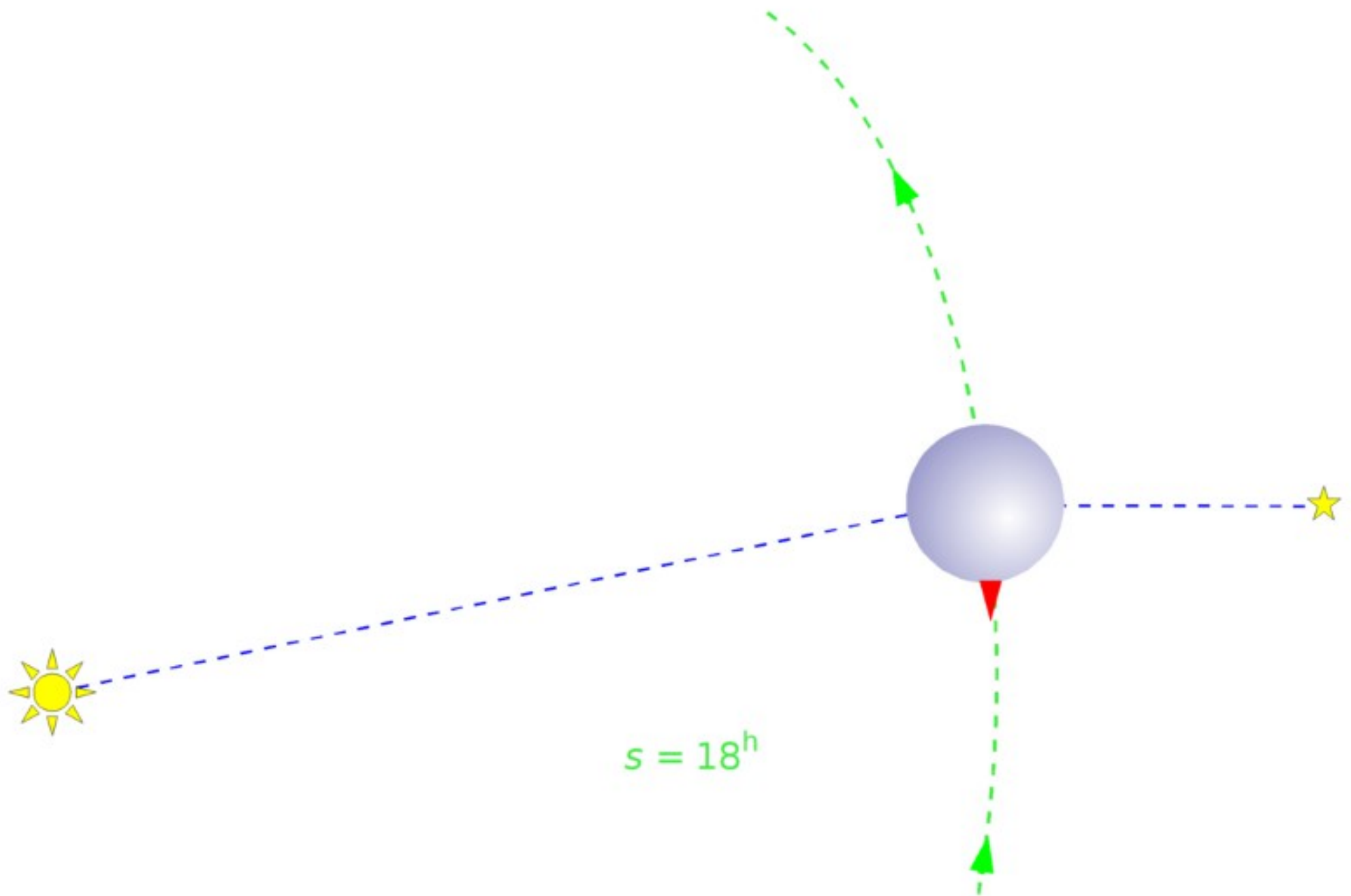


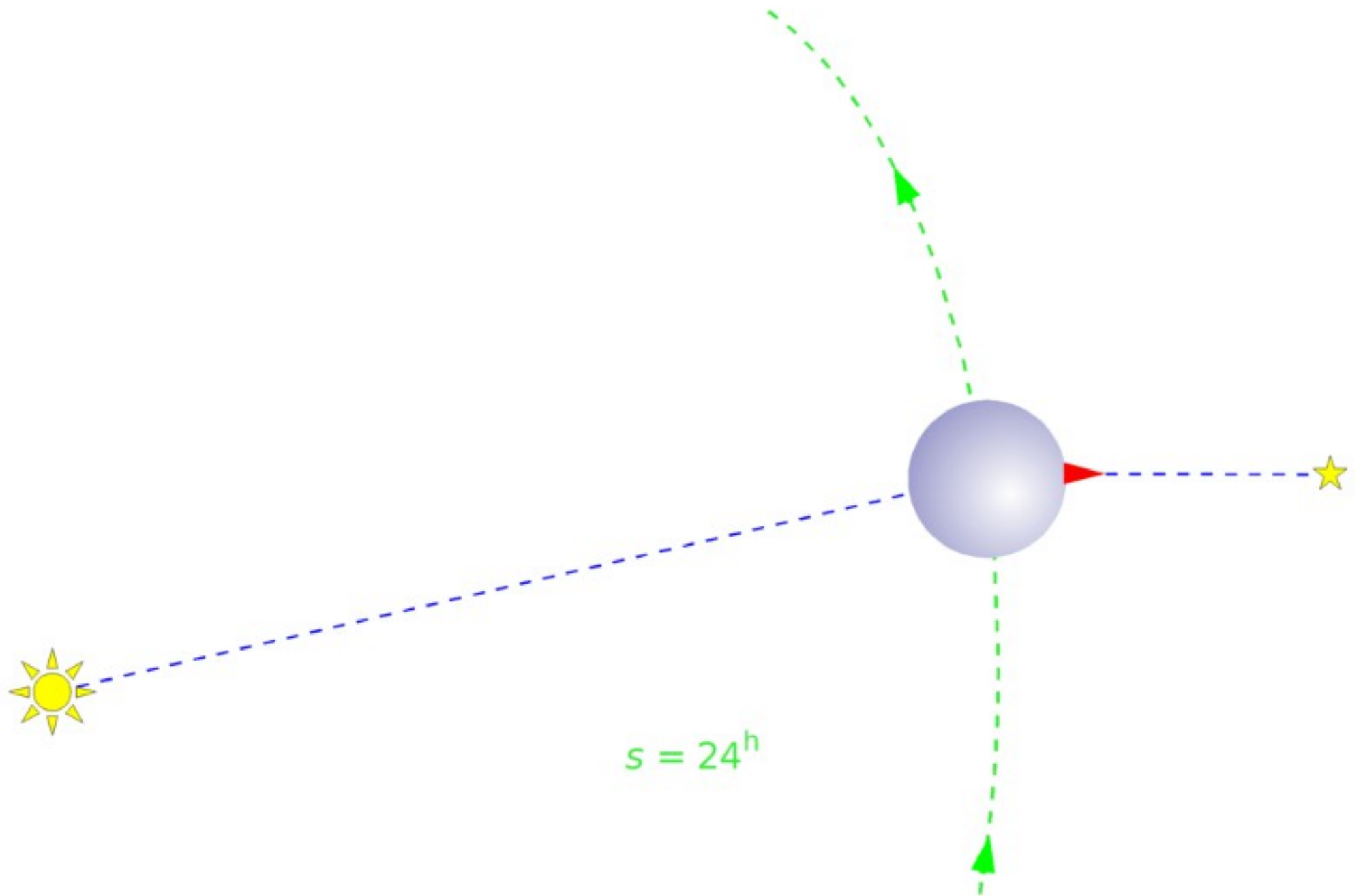


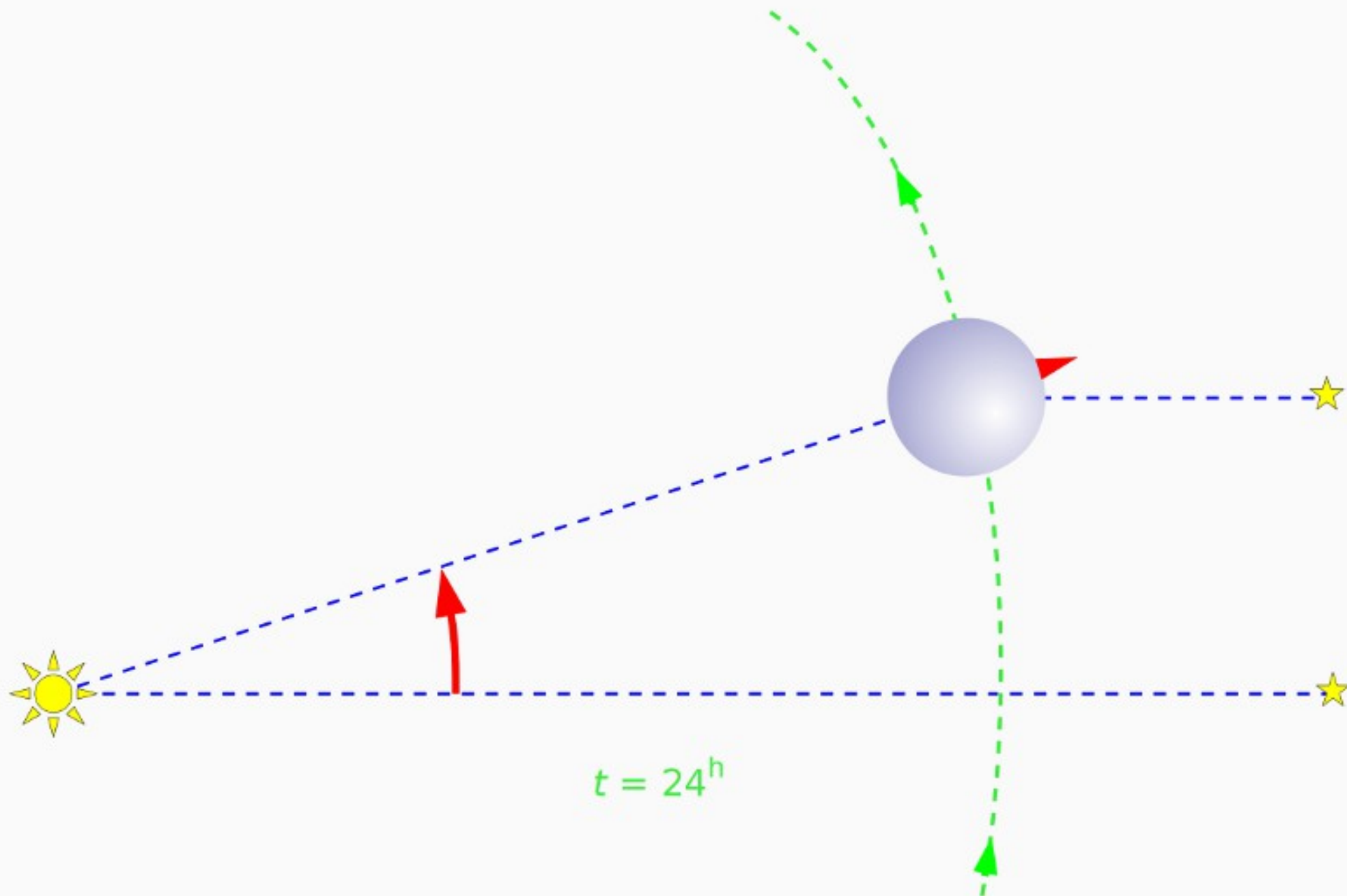
$s = 6^h$

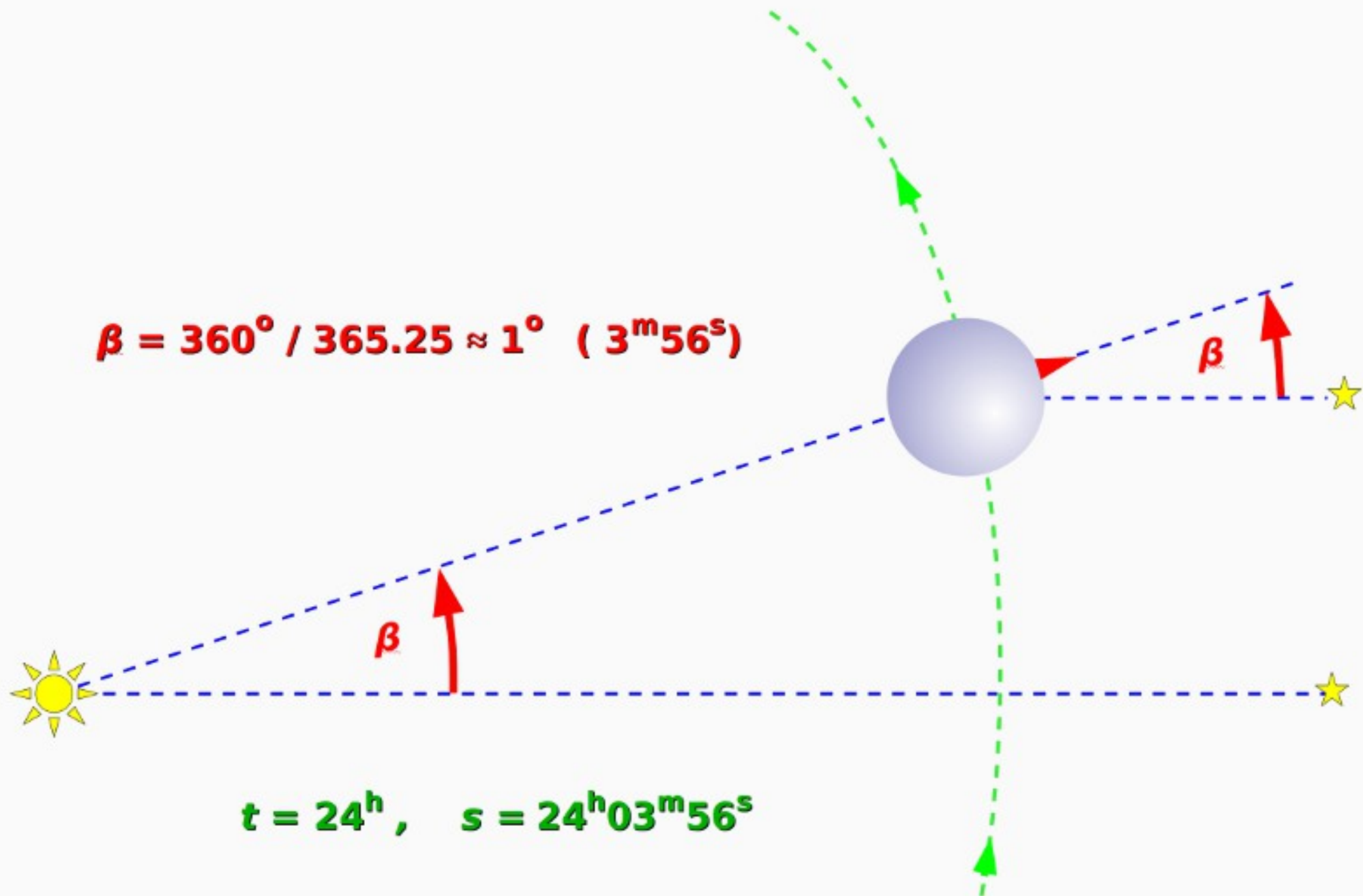








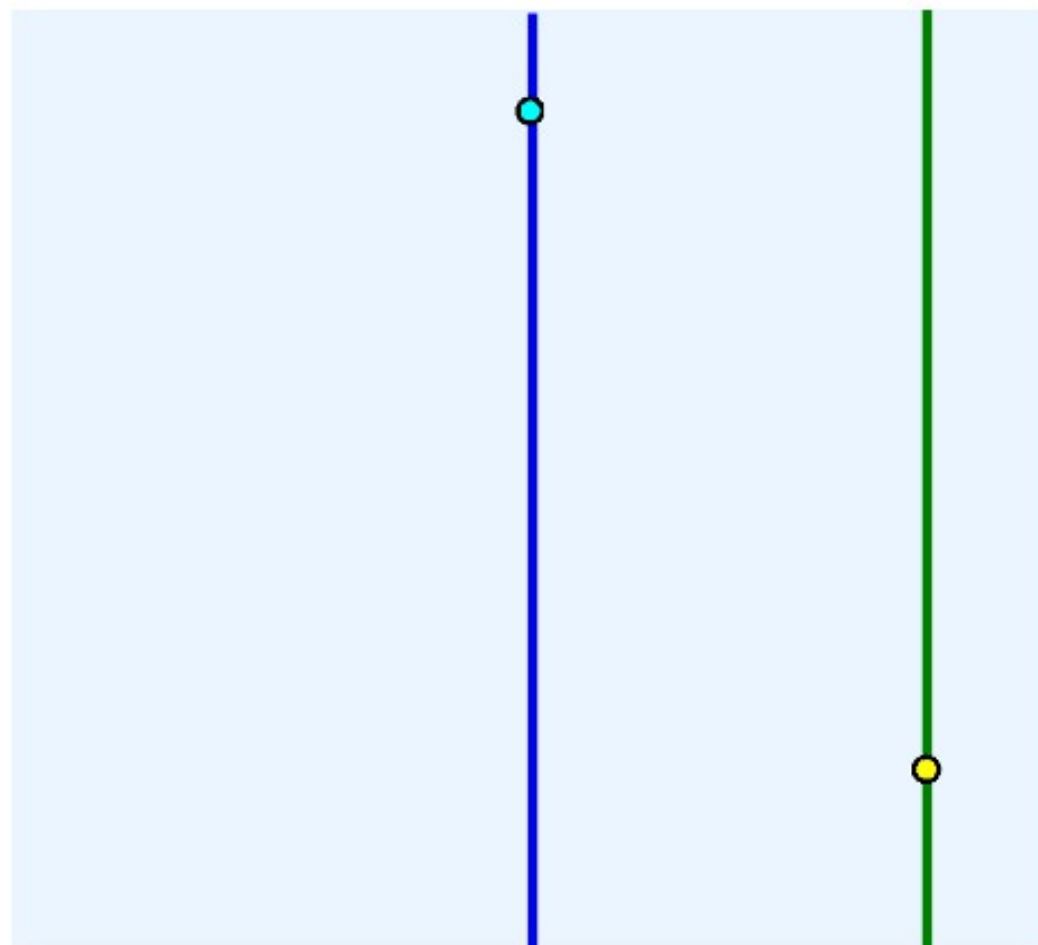




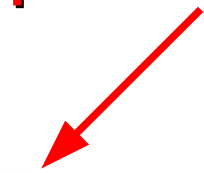
# Zadanie:

Która godzina średniego, miejscowego czasu gwiazdowego była w tym miejscu, gdy 6 listopada 2012 na zegarkach mieliśmy godzinę 14:47:23 czasu strefowego (czyli zimowego)?

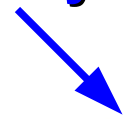
Jesteśmy na długości geograficznej  $16^{\circ}56'30''$  czyli  $1^{\text{h}}07^{\text{m}}46^{\text{s}}$



**południk zerowy**



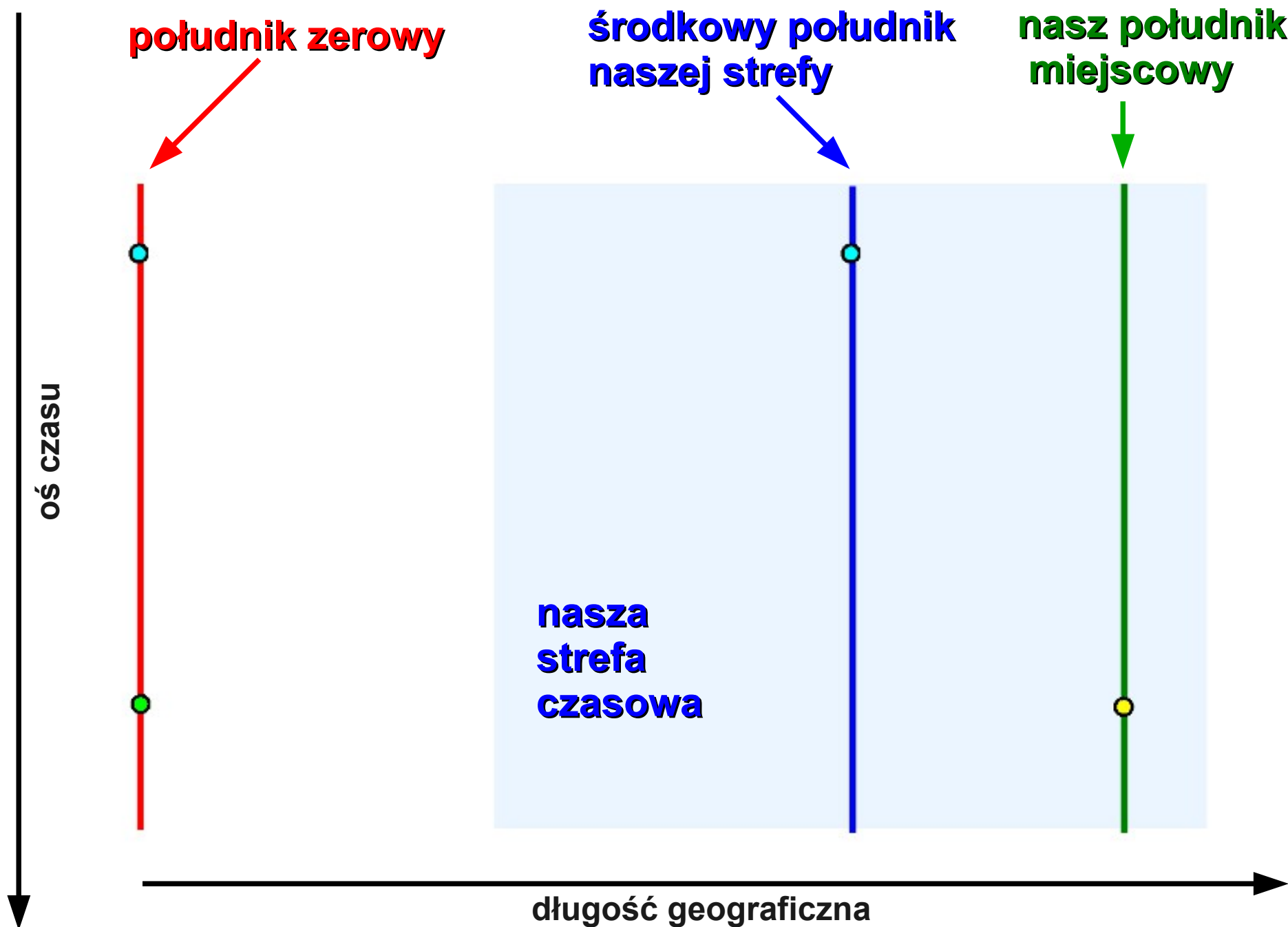
**środkowy południk  
naszej strefy**



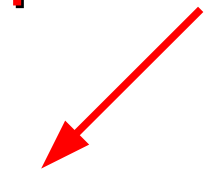
**nasz południk  
miejscowy**



**nasza  
strefa  
czasowa**



**południk zerowy**



$\lambda=0$

**środkowy południk  
naszej strefy**



**nasza  
strefa  
czasowa**

$\lambda=15^{\circ}=1^h$

**nasz południk  
miejscowy**

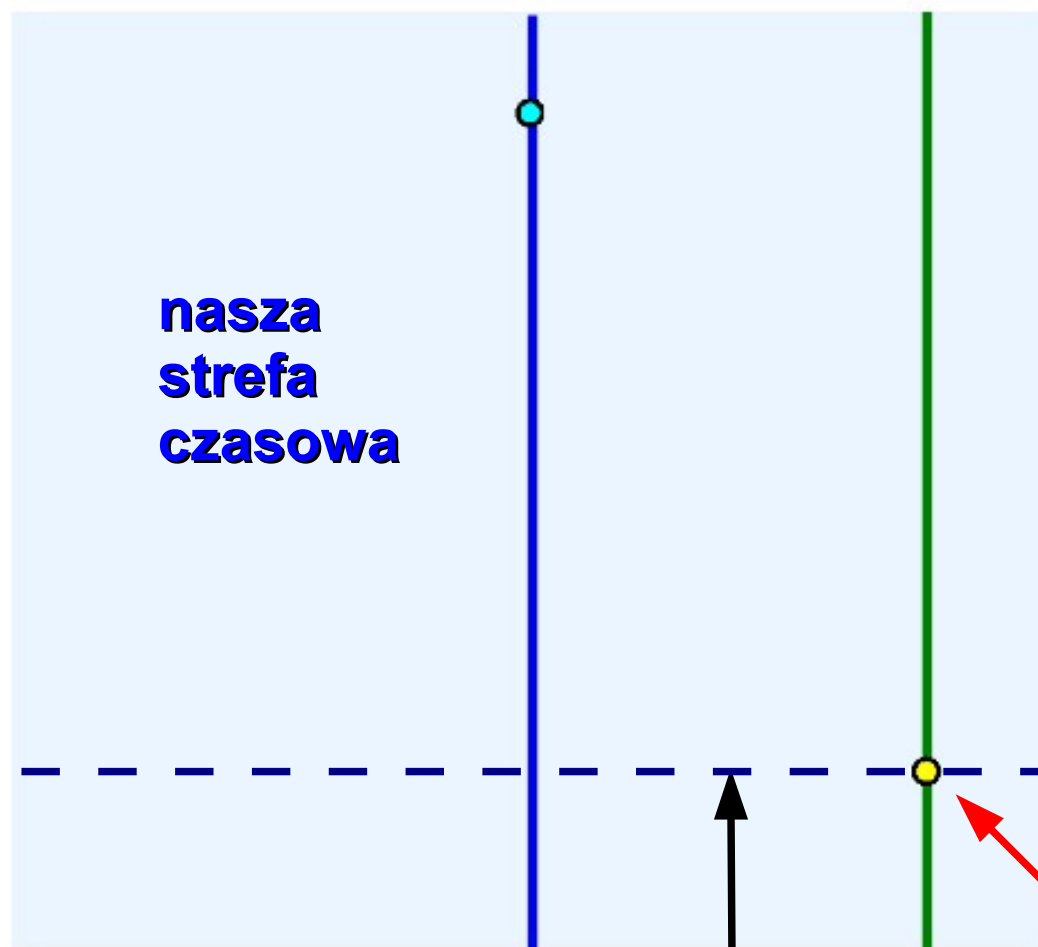
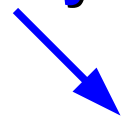


$\lambda=16^{\circ}56'30''$   
 $=1^h07^m46^s$

**południk zerowy**



**środkowy południk  
naszej strefy**



**nasza  
strefa  
czasowa**

**nasz południk  
miejscowy**

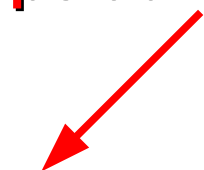


**$t = 14^h 47^m 23^s$**

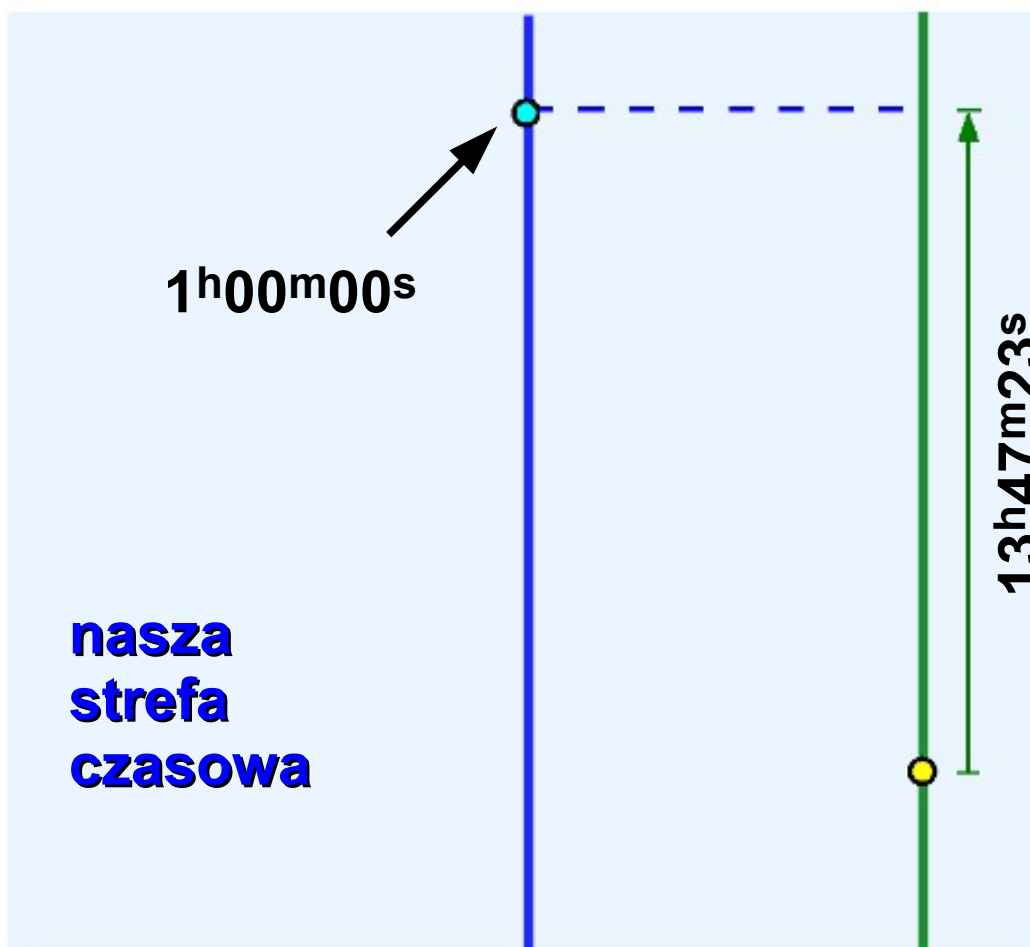
**$s = ?$**



**południk zerowy**



**środkowy południk  
naszej strefy**



**1<sup>h</sup>00<sup>m</sup>00<sup>s</sup>**



**nasza  
strefa  
czasowa**

**nasz południk  
miejscowy**



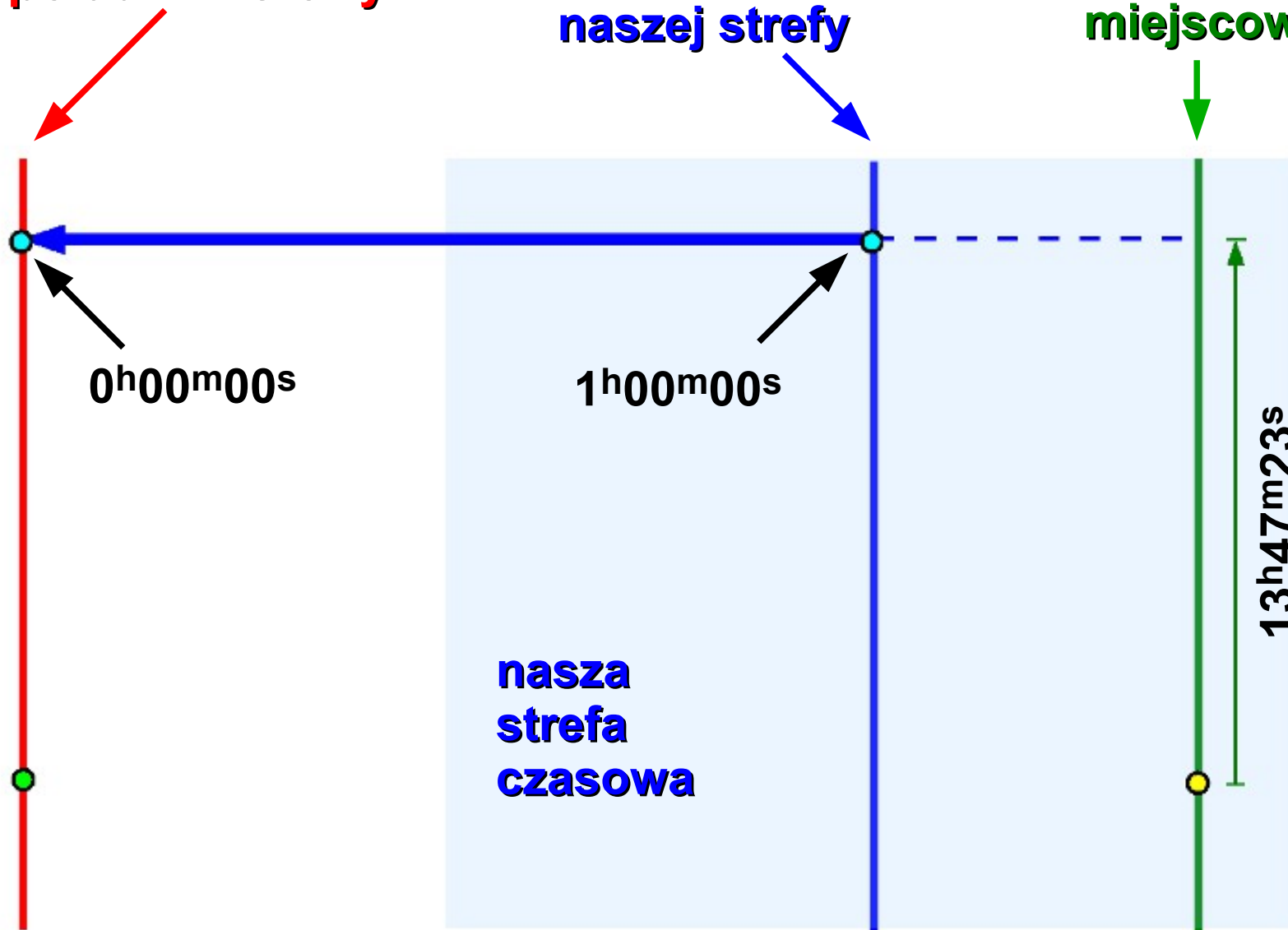
**13<sup>h</sup>47<sup>m</sup>23<sup>s</sup>**

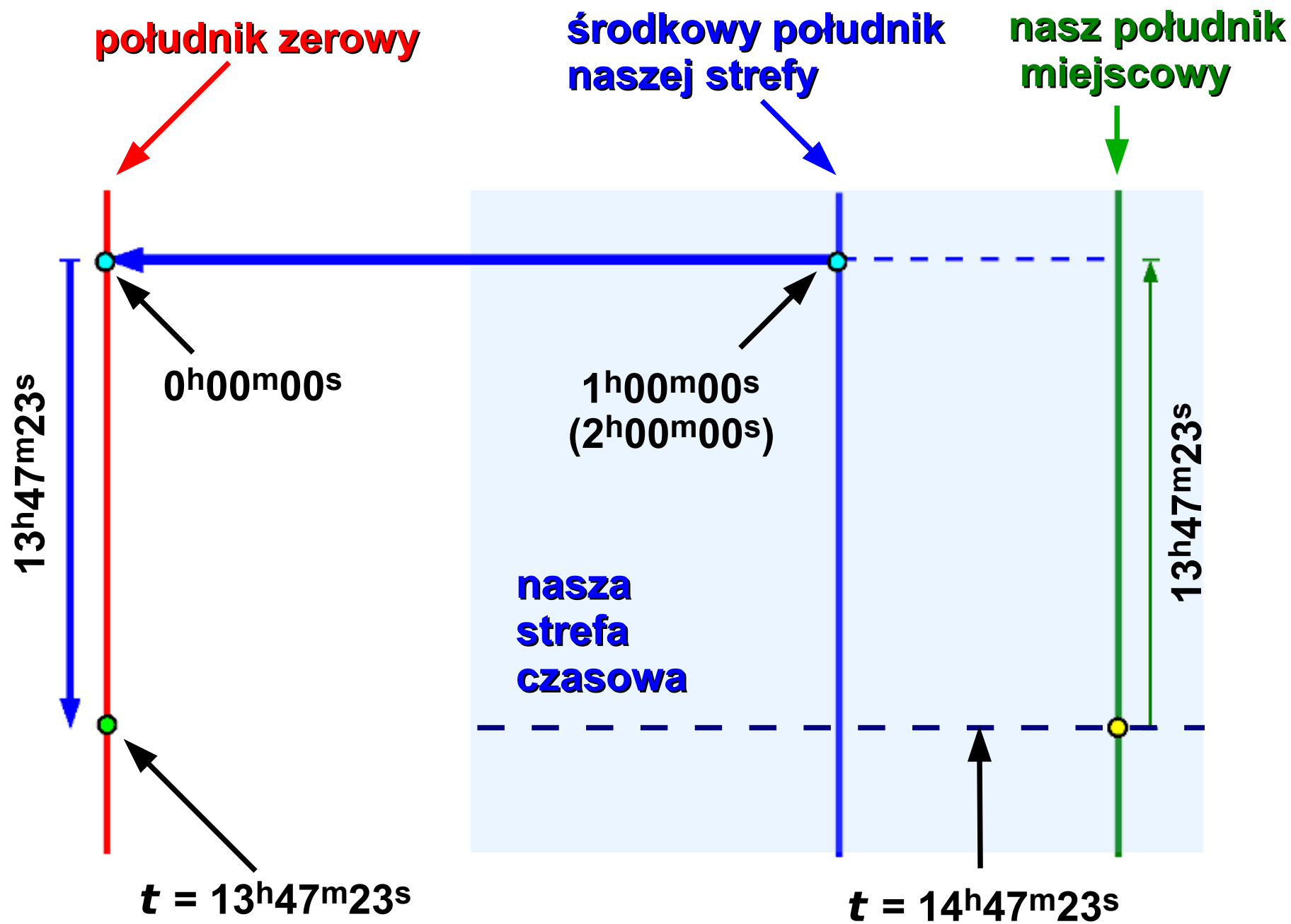


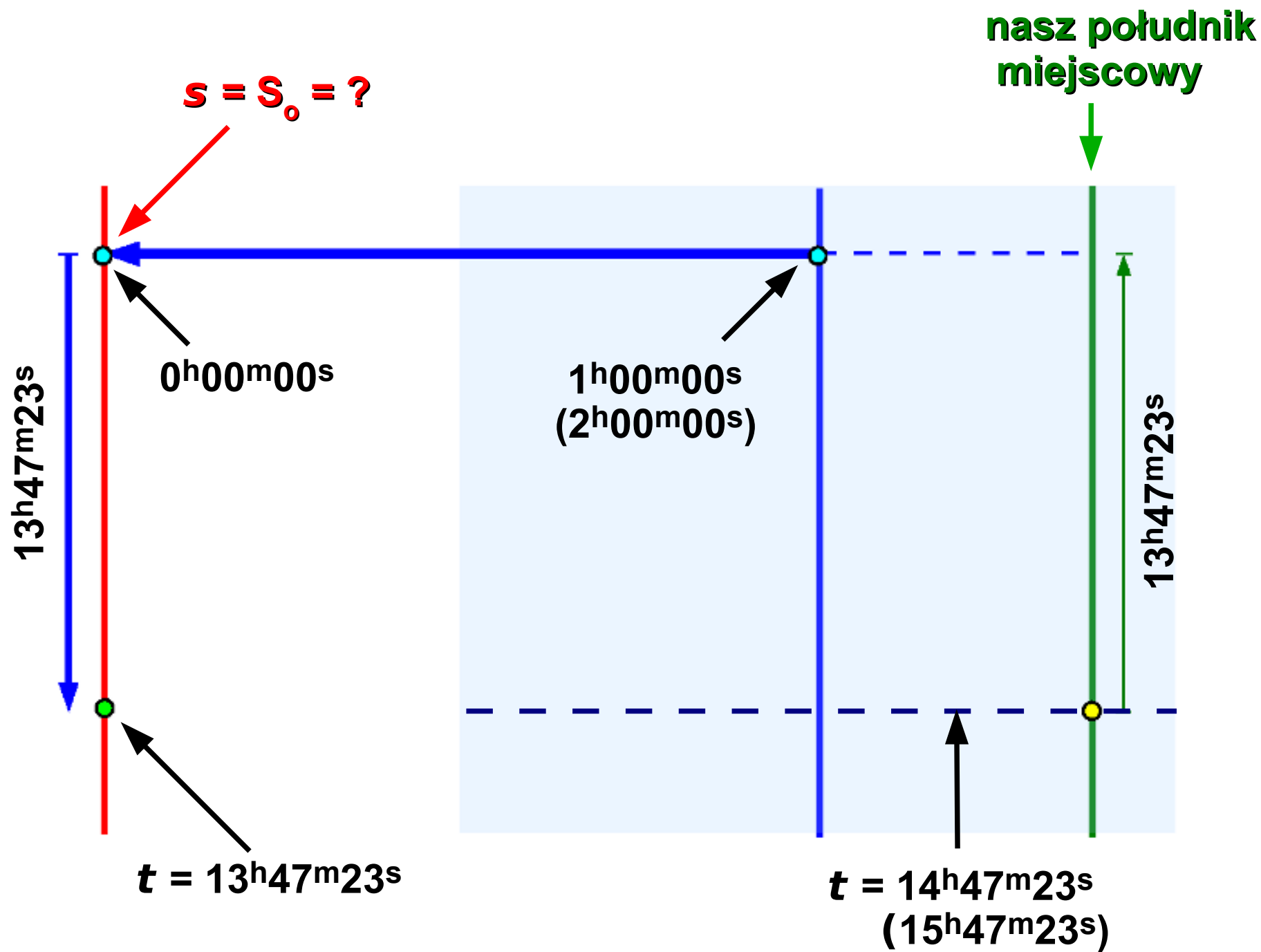
**południk zerowy**

**środkowy południk  
naszej strefy**

**nasz południk  
miejscowy**







INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII



# ROCZNIK ASTRONOMICZNY

NA ROK

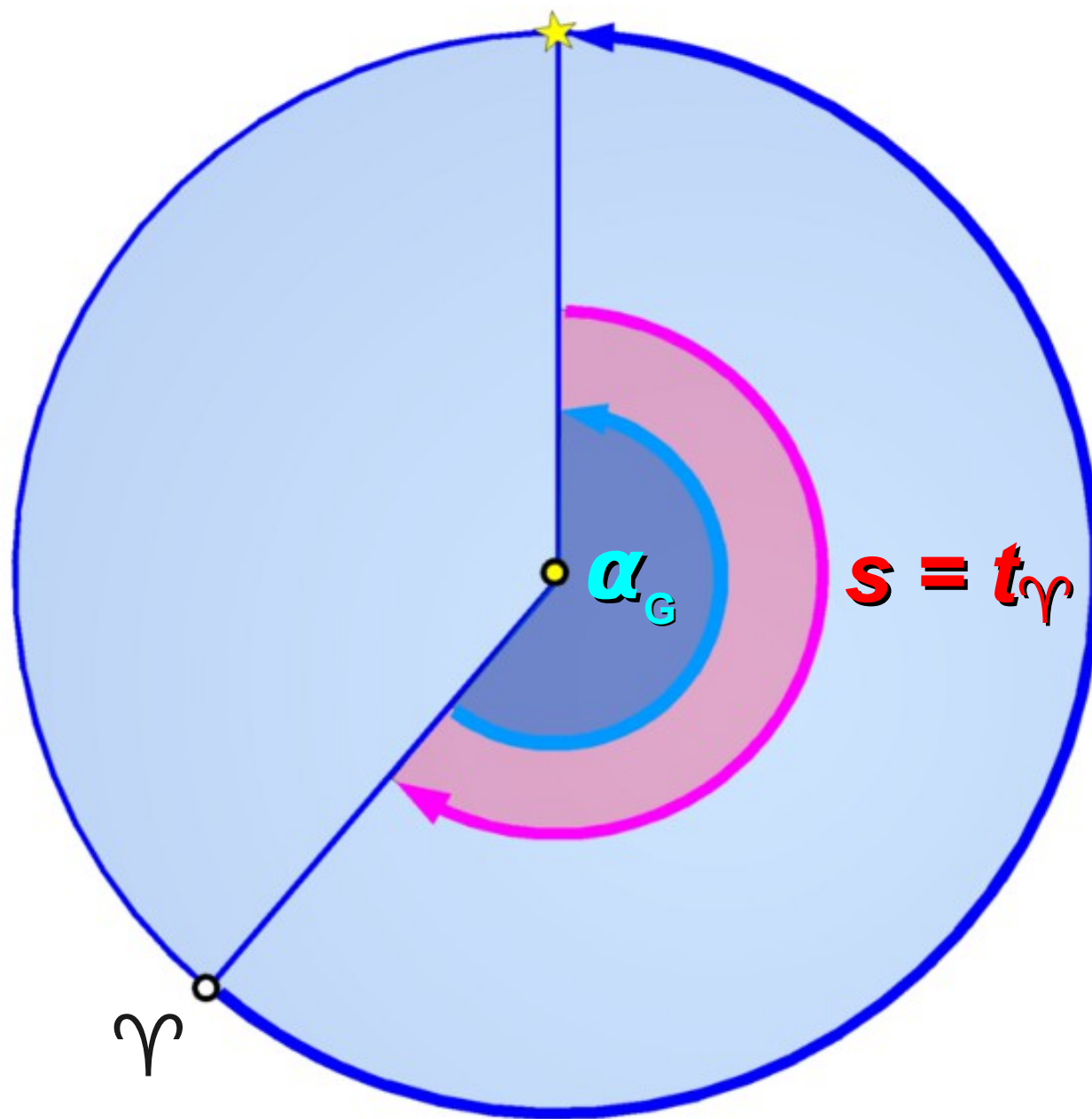
2012



## CZAS GWIAZDOWY GREENWICH I KĄT OBROTU ZIEMI 2012

| DATA        |    | $0^h UT1$                                           |                               |                       |                                                     | DATA     |    | $0^h UT1$                                           |                               |                       |                                                     |
|-------------|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|----------|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
|             |    | GMST                                                | Eq                            | GST                   | $\theta$                                            |          |    | GMST                                                | Eq                            | GST                   | $\theta$                                            |
| Październik | 1  | 0 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 30.6192 <sup>s</sup> | 0 <sup>s</sup> .0001<br>+8690 | 31. <sup>s</sup> 4882 | 0 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 51.4171 <sup>s</sup> | Listopad | 16 | 3 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 52.1661 <sup>s</sup> | 0 <sup>s</sup> .0001<br>+7999 | 52. <sup>s</sup> 9660 | 3 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 12.5767 <sup>s</sup> |
|             | 2  | 0 44 27.1746                                        | +8624                         | 28.0370               | 0 43 47.9640                                        |          | 17 | 3 45 48.7215                                        | +8084                         | 49.5299               | 3 45 09.1237                                        |
|             | 3  | 0 48 23.7300                                        | +8579                         | 24.5878               | 0 47 44.5110                                        |          | 18 | 3 49 45.2769                                        | +8150                         | 46.0919               | 3 49 05.6706                                        |
|             | 4  | 0 52 20.2853                                        | +8554                         | 21.1407               | 0 51 41.0579                                        |          | 19 | 3 53 41.8322                                        | +8186                         | 42.6508               | 3 53 02.2176                                        |
|             | 5  | 0 56 16.8407                                        | +8547                         | 17.6954               | 0 55 37.6049                                        |          | 20 | 3 57 38.3876                                        | +8188                         | 39.2064               | 3 56 58.7645                                        |
| Listopad    | 31 | 2 38 47.2803                                        | +7942                         | 48.0745               | 2 38 07.8256                                        | Listopad | 16 | 5 40 08.8272                                        | +8654                         | 09.6926               | 5 39 28.9852                                        |
|             | 1  | 2 42 43.8356                                        | +7950                         | 44.6306               | 2 42 04.3725                                        |          | 17 | 5 44 05.3826                                        | +8689                         | 06.2515               | 5 43 25.5322                                        |
|             | 2  | 2 46 40.3910                                        | +7973                         | 41.1883               | 2 46 00.9195                                        |          | 18 | 5 48 01.9379                                        | +8691                         | 02.8070               | 5 47 22.0791                                        |
|             | 3  | 2 50 36.9464                                        | +8004                         | 37.7468               | 2 49 57.4664                                        |          | 19 | 5 51 58.4933                                        | +8670                         | 59.3603               | 5 51 18.6261                                        |
|             | 4  | 2 54 33.5017                                        | +8037                         | 34.3054               | 2 53 54.0134                                        |          | 20 | 5 55 55.0487                                        | +8637                         | 55.9124               | 5 55 15.1730                                        |
|             | 5  | 2 58 30.0571                                        | +8063                         | 30.8634               | 2 57 50.5603                                        |          | 21 | 5 59 51.6040                                        | +8605                         | 52.4645               | 5 59 11.7200                                        |
|             | 6  | 3 02 26.6125                                        | +8075                         | 27.4200               | 3 01 47.1073                                        |          | 22 | 6 03 48.1594                                        | +8584                         | 49.0177               | 6 03 08.2669                                        |

3<sup>h</sup>02<sup>m</sup>27<sup>s</sup>



*Miejscowy czas  
gwiazdowy jest zawsze  
równy rektascensji  
gwiazd właśnie  
górujących*

## Lokalizacja



'Afula, Israel  
'Akko, Israel  
'Ar'ara, Israel  
'Arad, Israel  
'Arrabe, Israel  
's-Gravenhage, Netherlands  
's-Gravenzande, Netherlands  
's-Hertogenbosch, Netherlands  
A Coruña, Spain  
A Estrada, Spain  
Aa en Hunze, Netherlands



### Informacja o aktualnym położeniu

Szerokość geograficzna: N 51° 0' 0.00"

Długość geograficzna: E 0° 0' 0.00"

Wysokość: 92 m

☐ Ustaw jako domyślne

Nazwa/Miasto: Nowe położenie

Kraj: Poland

Planeta: Ziemia

Usuń

Dodaj do listy

Fomalhaut

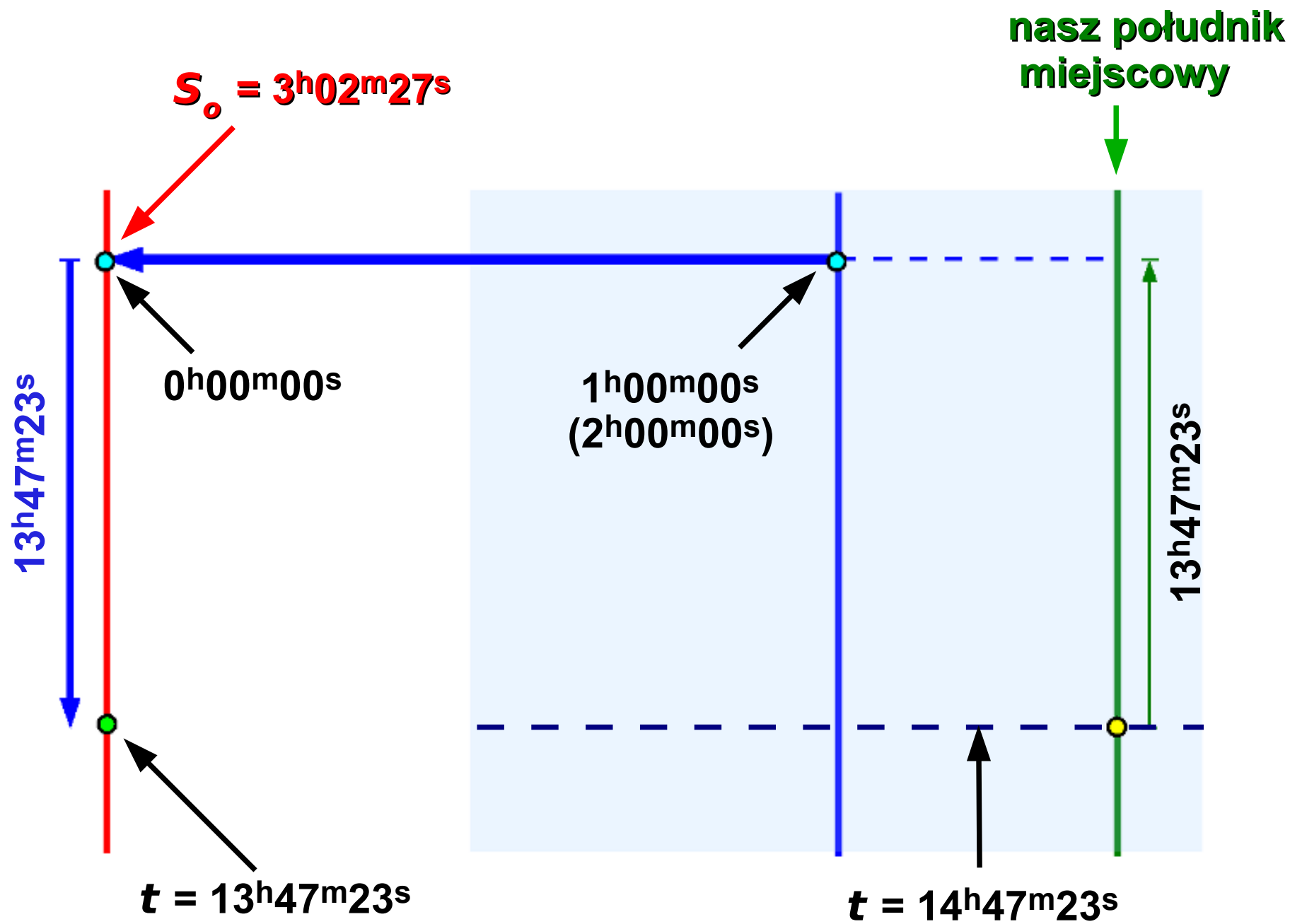
Wielkość gwiazdowa: **9.70** (B-V: 0.51)  
Apparent Magnitude: **10.58** (by extinction)  
RA/Dec (J2000): 3h01m52.3s/-24°47'01.5"  
RA/Dec (na dzień): **3h02m26s** -24°44'02"  
Kąt godzinny/Deklinacja: 0h00m1s/-24°44'02" (geometryczne)  
Kąt godzinny/Deklinacja: 0h00m1s/-24°39'55" (pozorne)  
Az/Wys: +180°00'17"/+12°51'58" (geometryczne)  
Az/Wys: +180°00'17"/+12°56'05" (pozorne)

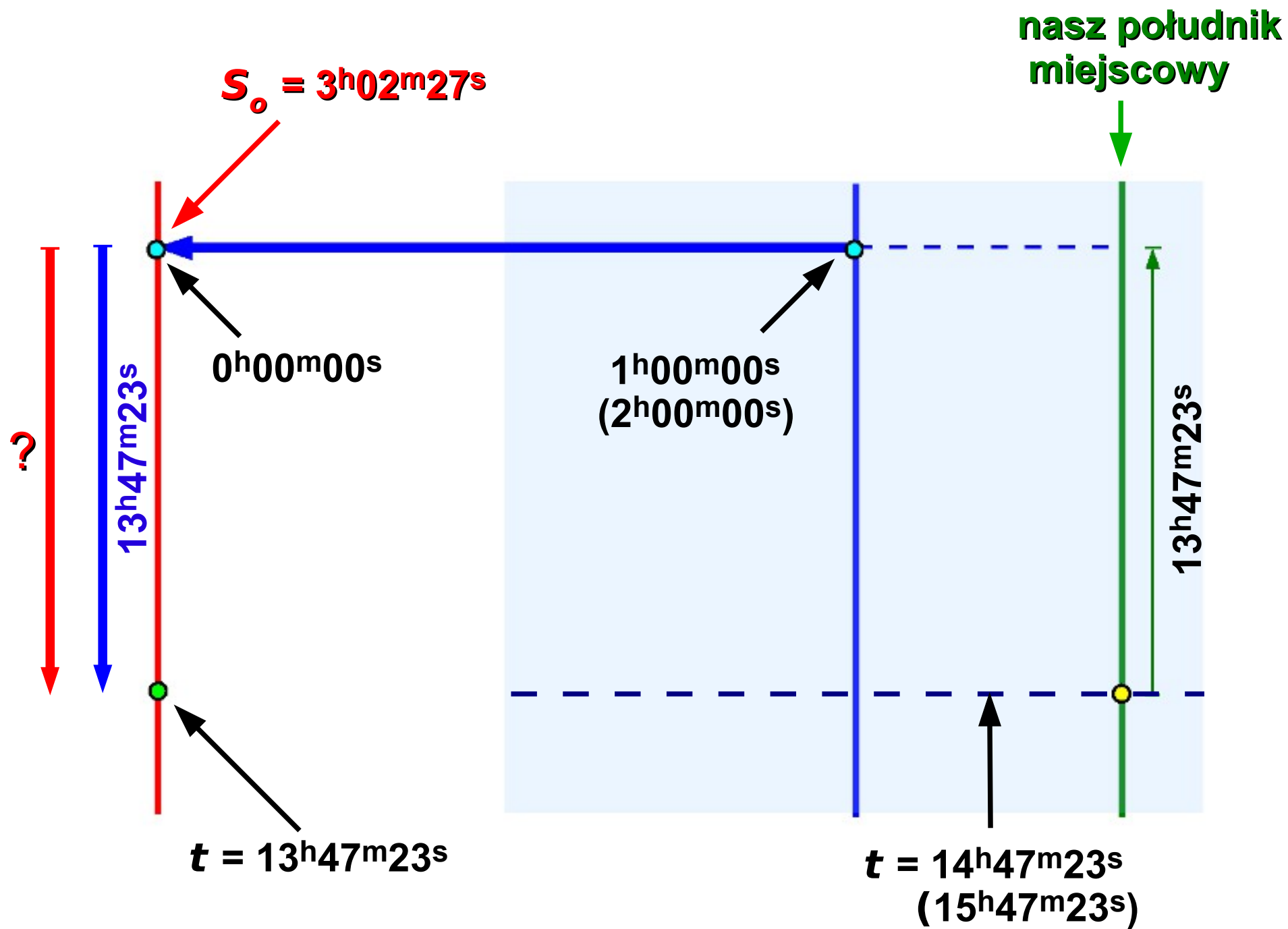
Południk

ζ For

| Data i godzina |   |    |   |   |   | X |   |     |
|----------------|---|----|---|---|---|---|---|-----|
| ▲              | ▲ | ▲  |   | ▲ | ▲ | ▲ |   | ▲   |
| 2012           | / | 11 | / | 6 | 1 | : | 0 | : 0 |
| ▼              |   | ▼  |   | ▼ | ▼ |   | ▼ | ▼   |

Stellarium używa „czasu komputera”, czyli naszego, strefowego.





- Jeden rok zwrotnikowy (czyli okres obiegu Ziemi po orbicie wokół Słońca)  
to 365.242198797 średnich dób słonecznych.
- Jeden rok zwrotnikowy ma dokładnie o jedną średnią dobę gwiazdową więcej.

$$k = \frac{366.24219897}{365.14219897} = 1.0027379093$$

**liczymy...**

$$13^{\text{h}}47^{\text{m}}23^{\text{s}} = 13.789722222 \text{ godzin}$$

$$k = 1.0027379093$$

$$13.789722222 \times k = 13.827477231$$

$$13.827477231 = 13^{\text{h}}49^{\text{m}}39^{\text{s}}$$

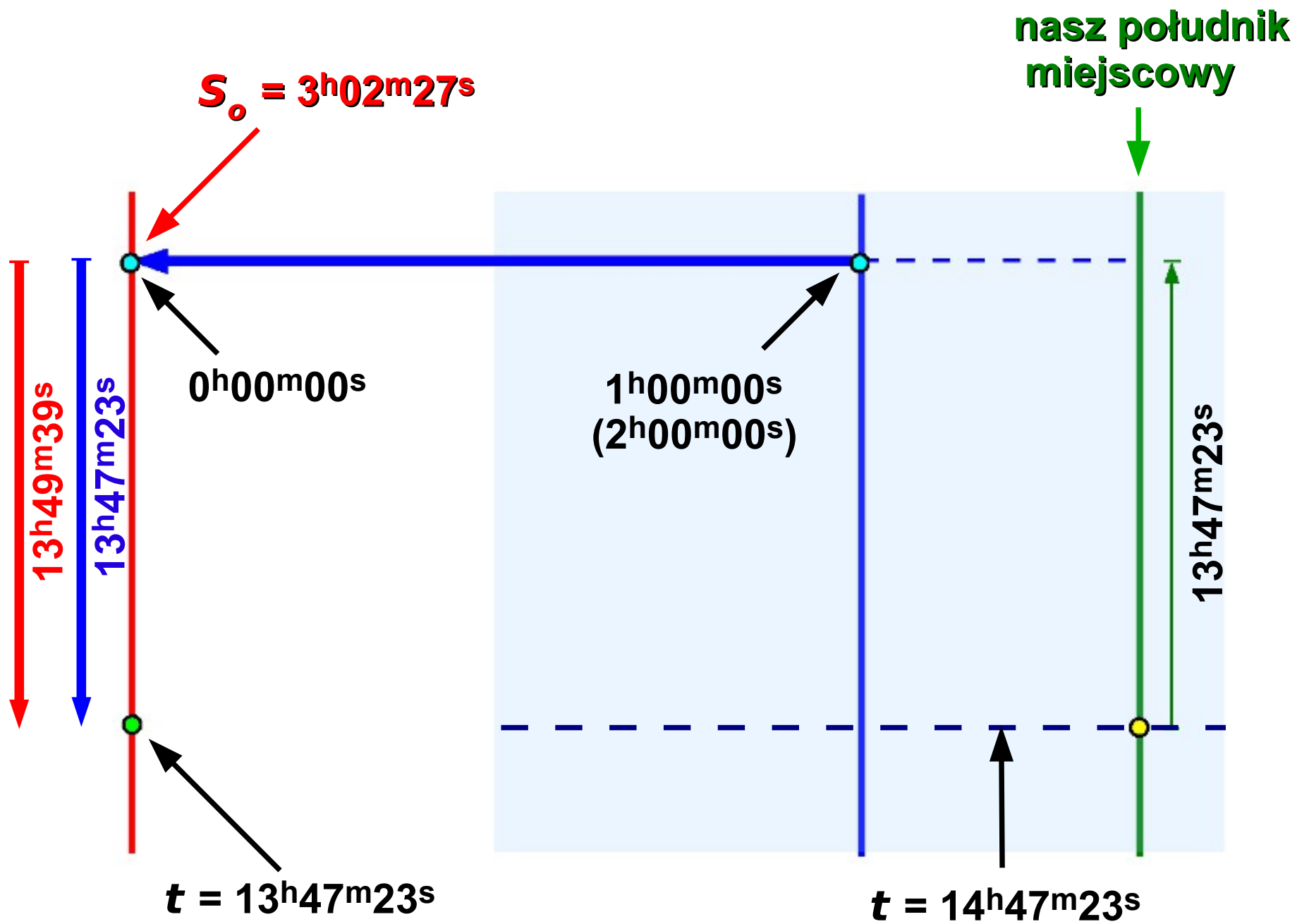
# liczymy...

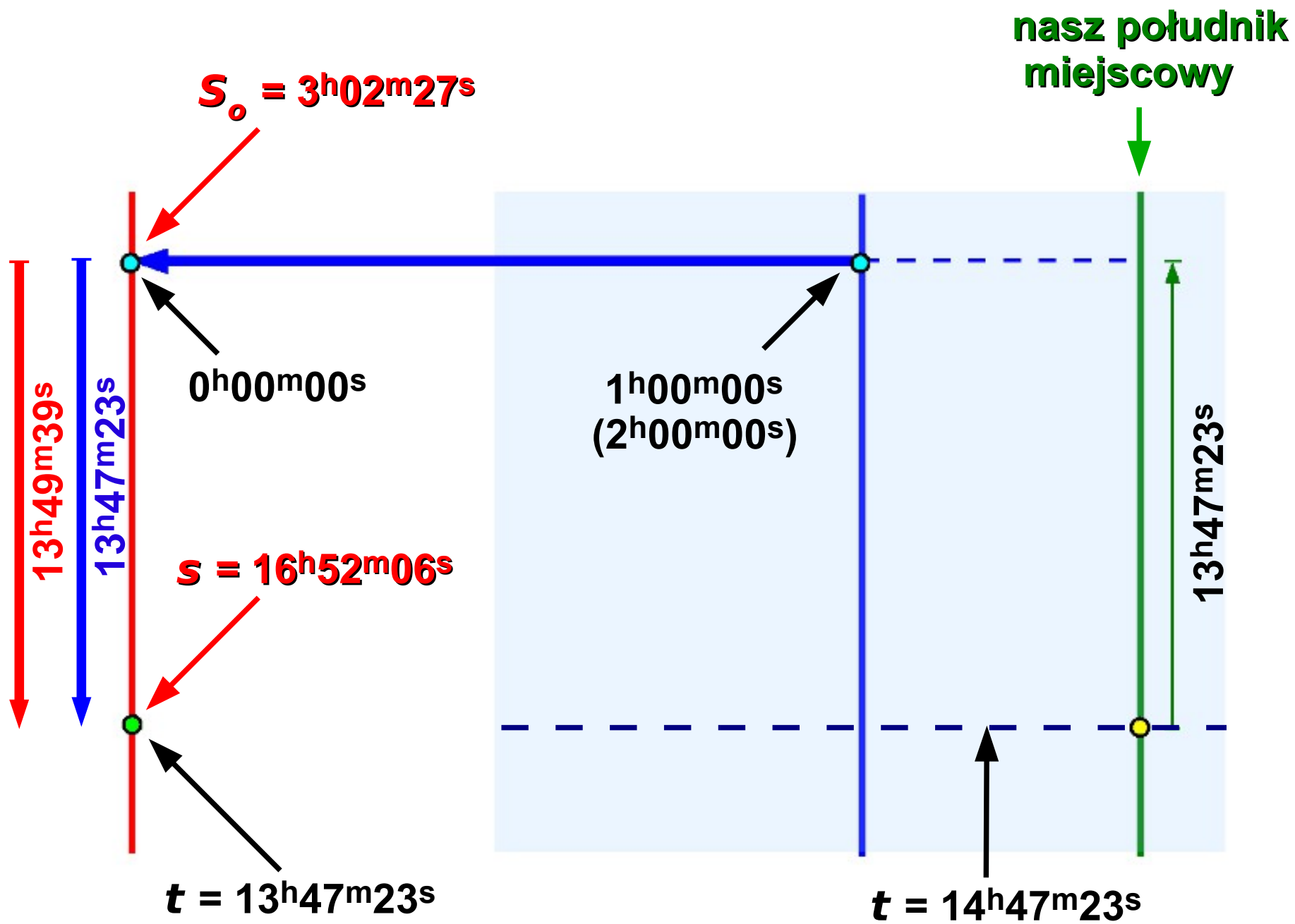
$$13^{\text{h}}47^{\text{m}}23^{\text{s}} = 13.789722222 \text{ godzin}$$

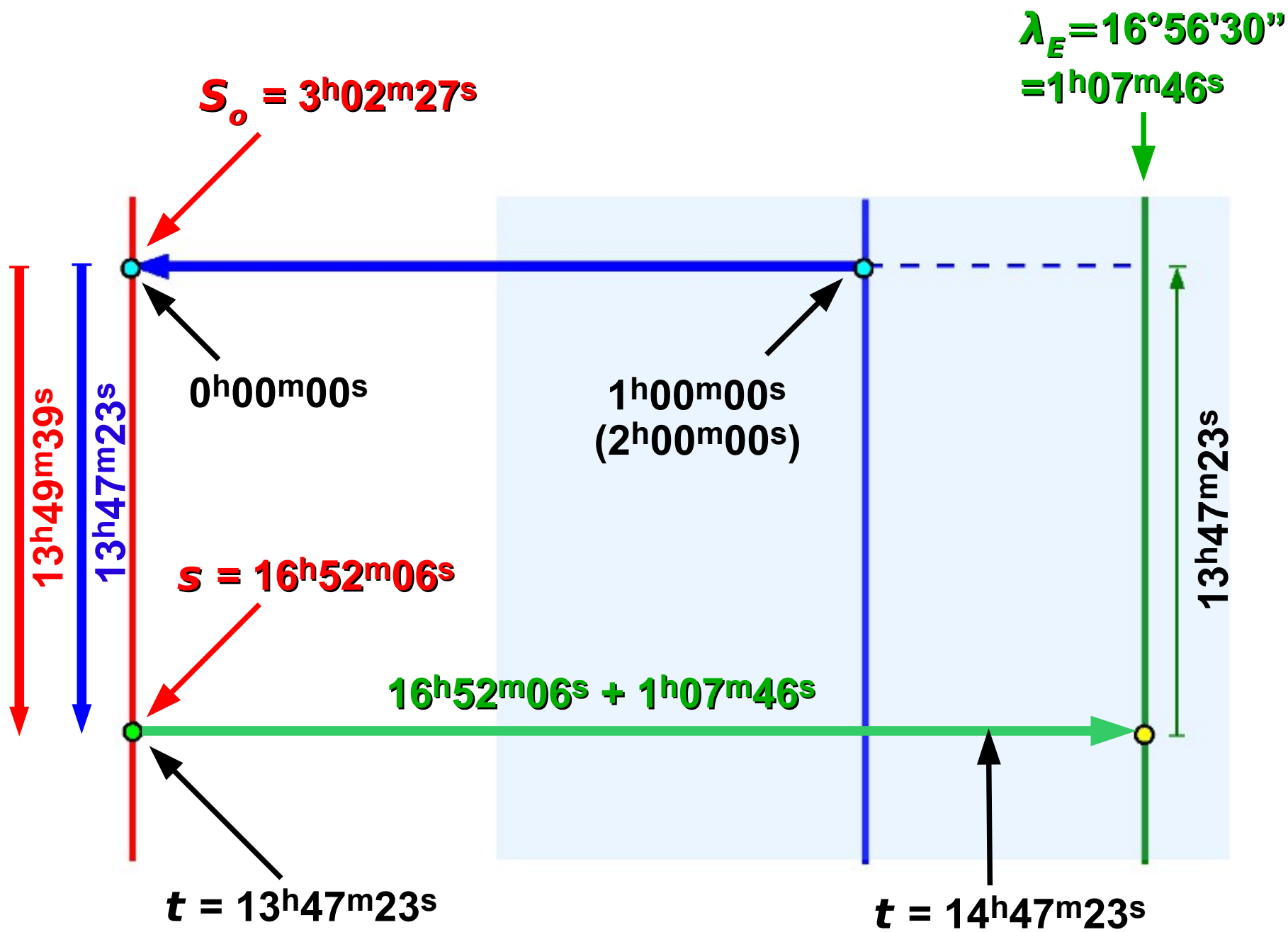
$$k = 1.0027379093$$

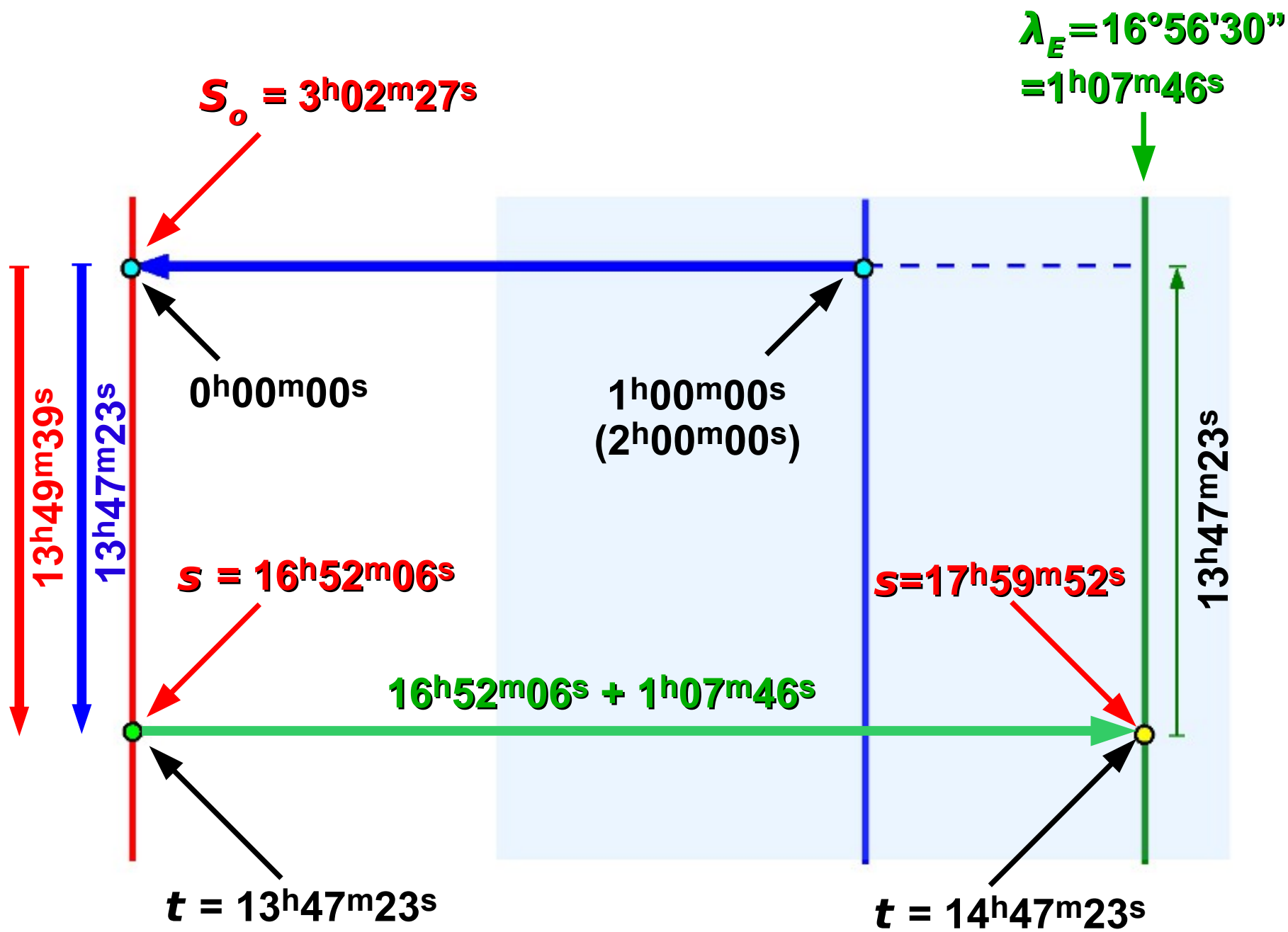
$$13.789722222 \times k = 13.827477231$$

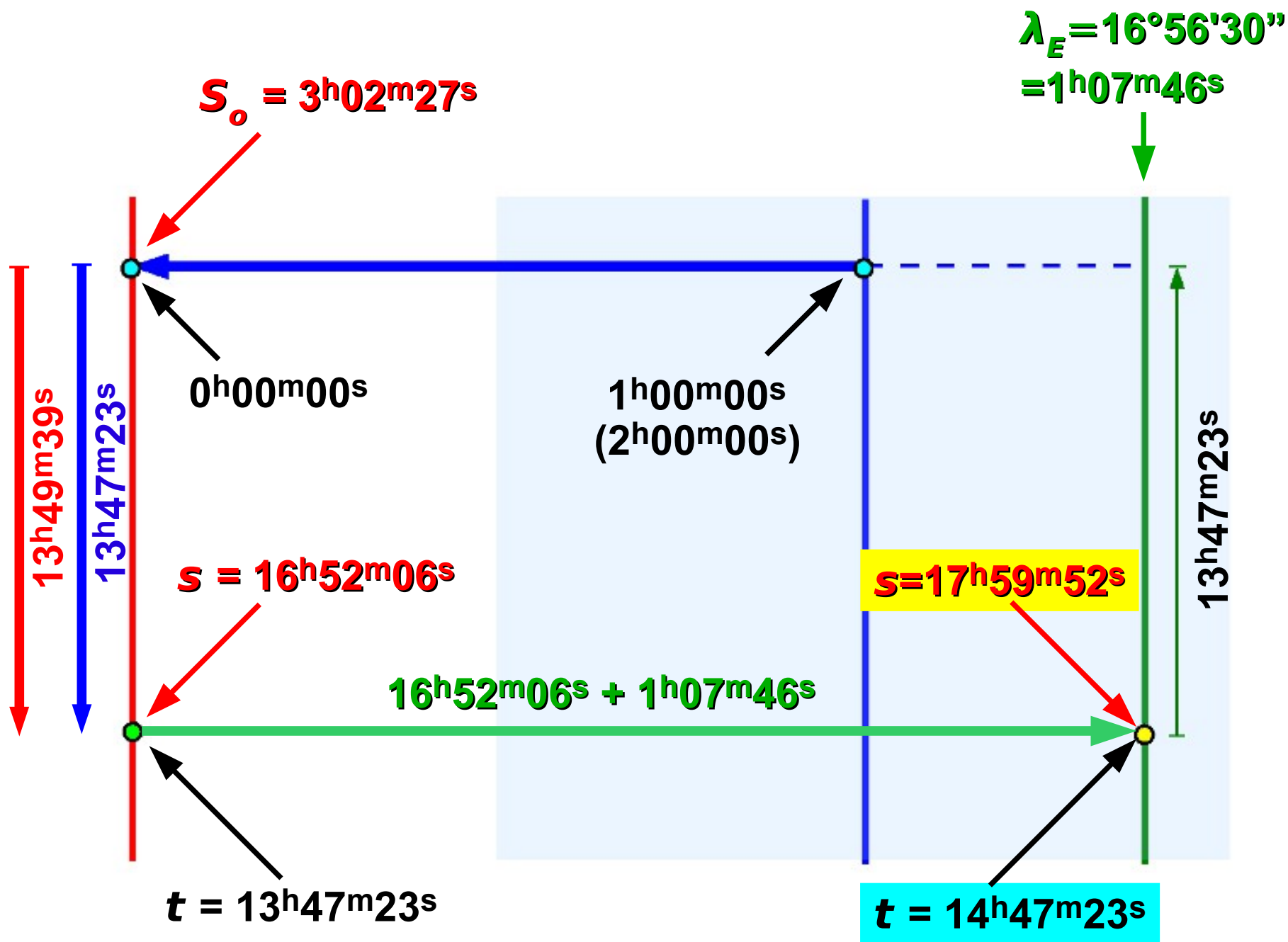
$$13.827477231 = 13^{\text{h}}49^{\text{m}}39^{\text{s}}$$











Wielkość gwiazdowa: 12.45 (B-V: 0.76)  
RA/Dec (J2000): 17h59m12.2s/-2°14'06.0"  
RA/Dec (na dzień): 17h59m52s/-2°14'07"  
Kąt godzinny/Deklinacja: 0h00m0s/-2°14'07"  
Az/Wys: +179°59'58"/+35°21'53"

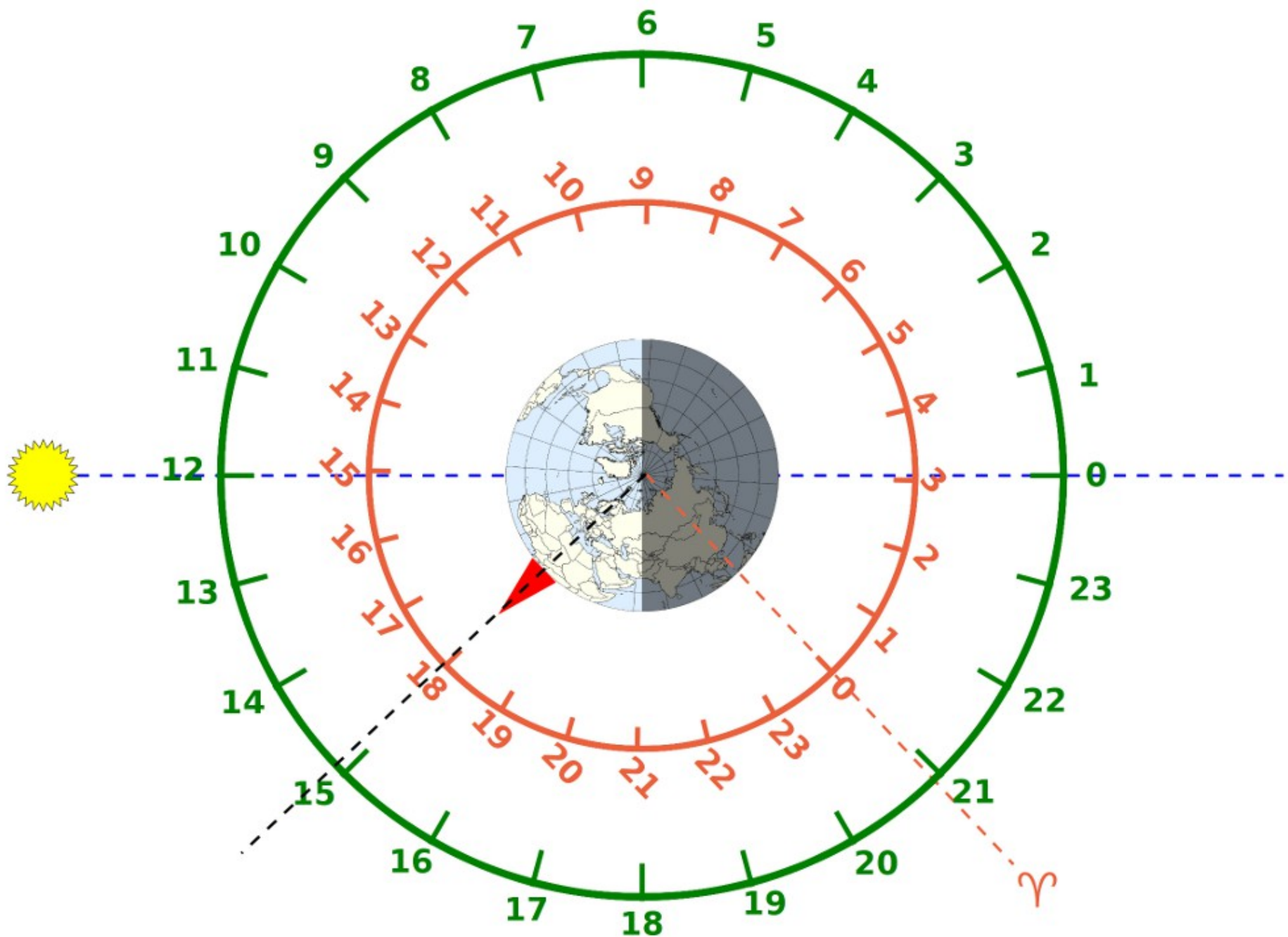
Południk

| Data i godzina |   |    |   |   |    | ✕         |  |
|----------------|---|----|---|---|----|-----------|--|
| ▲              | ▲ | ▲  | ▲ | ▲ | ▲  | ▲         |  |
| 2012           | / | 11 | / | 6 | 14 | : 47 : 23 |  |
| ▼              |   | ▼  |   | ▼ | ▼  | ▼         |  |

HIP 88216

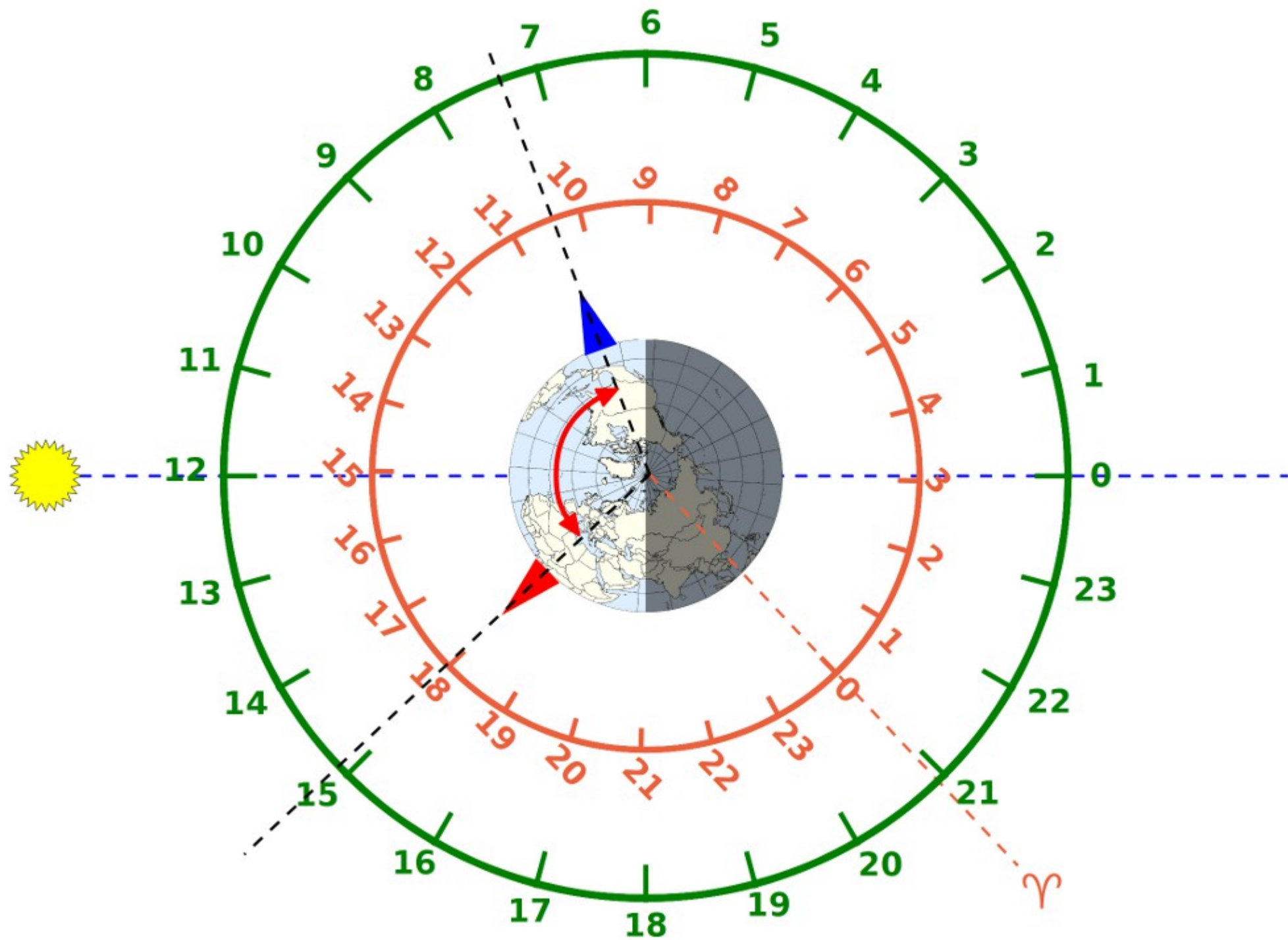
$$s = (t - TZ) \times k + S_o + \lambda_E$$

$$k = 1.0027379093$$



**$17^{\text{h}}59^{\text{m}}52^{\text{s}}$  miejscowego czasu gwiazdowego,**  
 **$14^{\text{h}}47^{\text{m}}23^{\text{s}} + 0^{\text{h}}07^{\text{m}}46^{\text{s}} = 14^{\text{h}}55^{\text{m}}09^{\text{s}}$  miejscowego czasu słonecznego (średniego)**

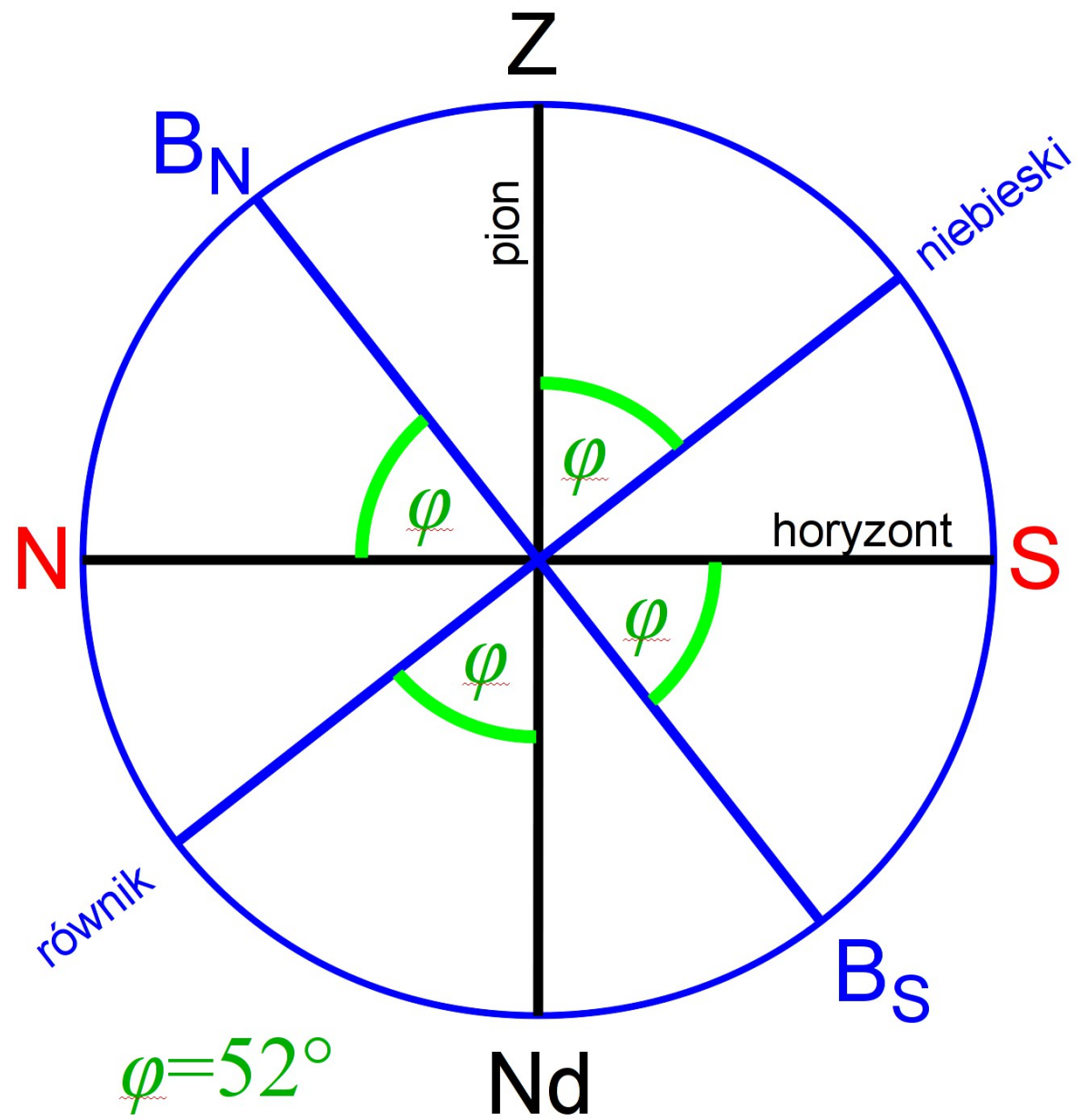
***Różnica długości geograficznych  
obserwatorów  
jest zawsze dokładnie równa  
różnicy ich czasów miejscowych,  
tak słonecznych jak  
i gwiazdowych.***

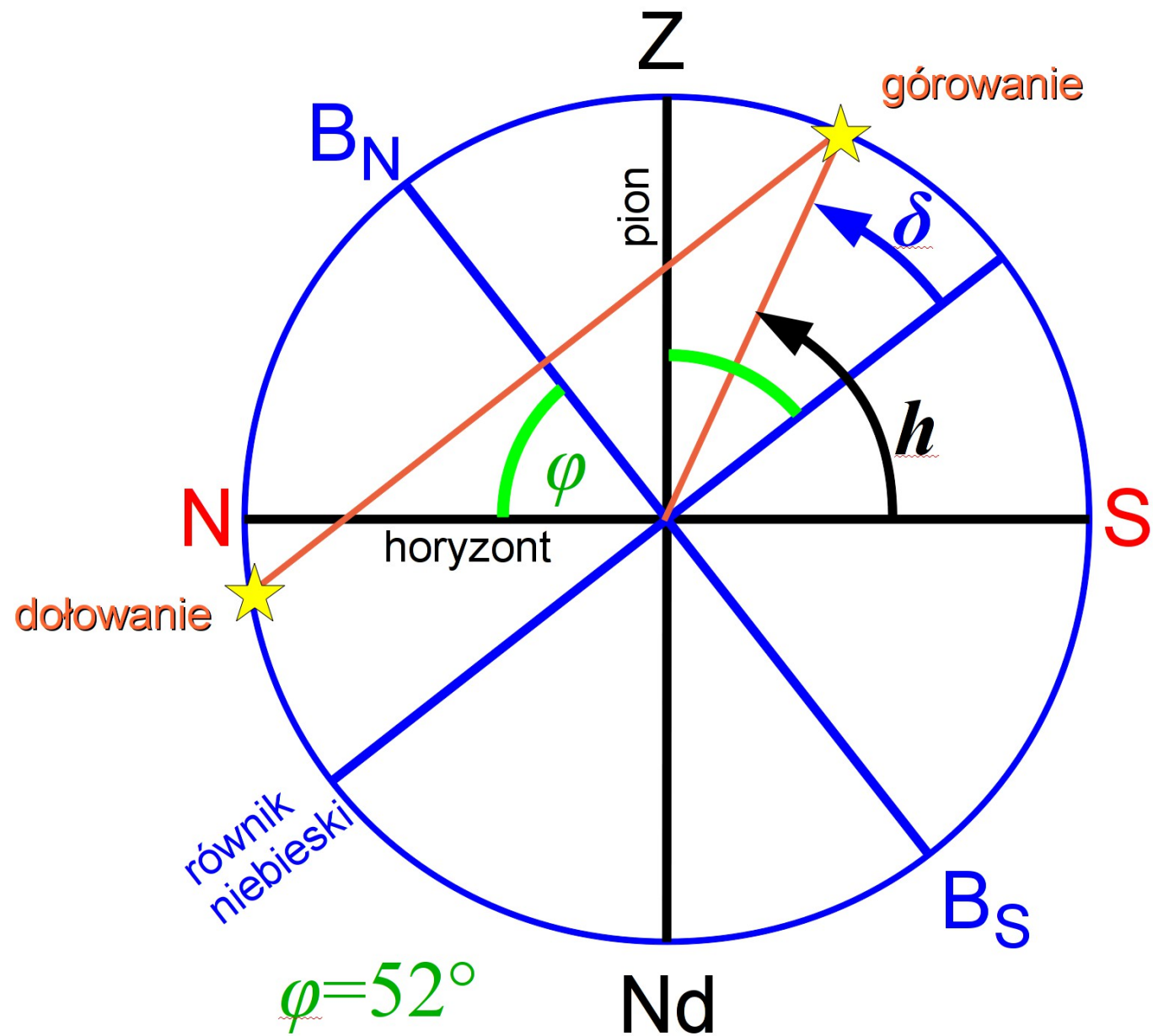


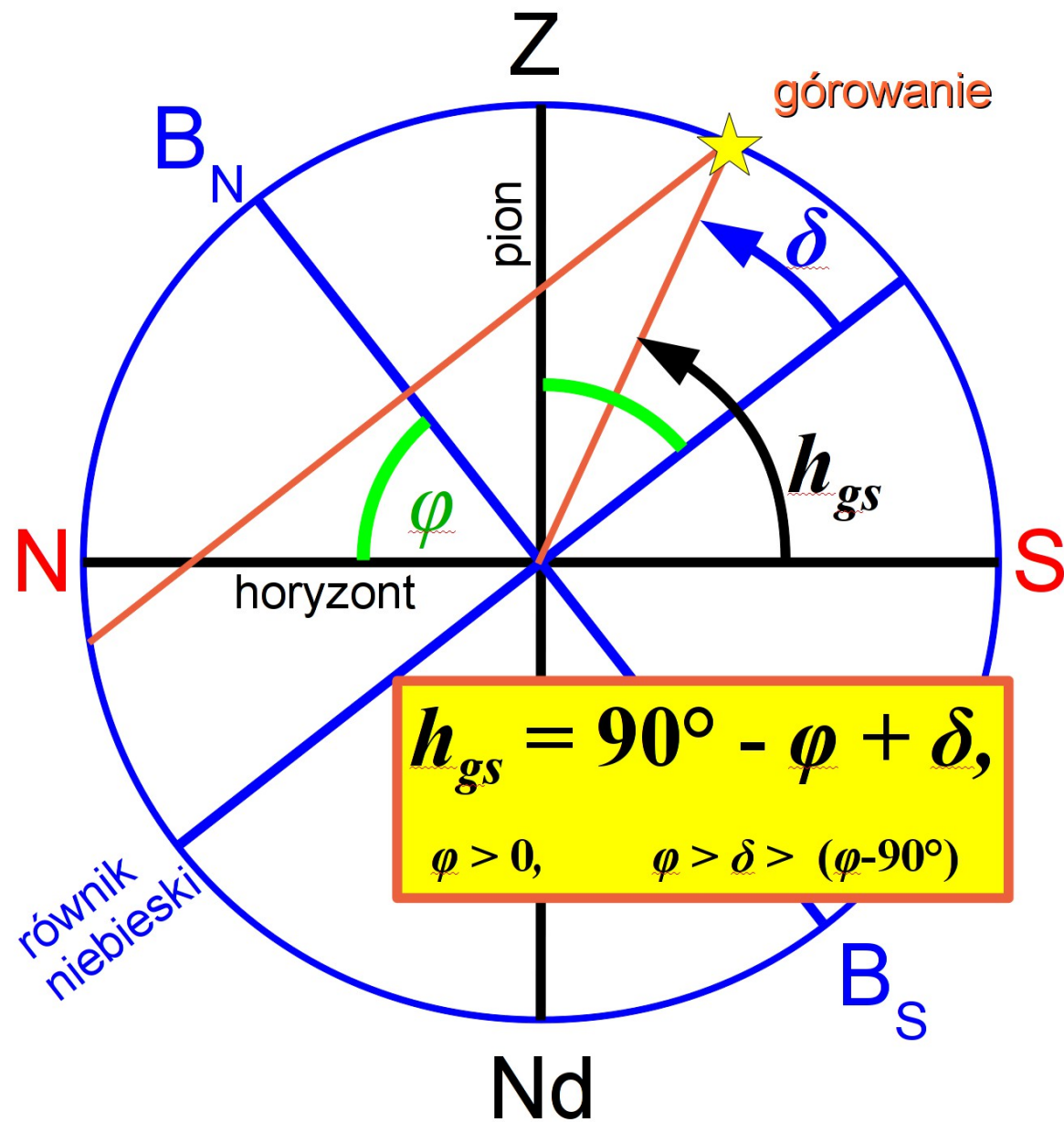


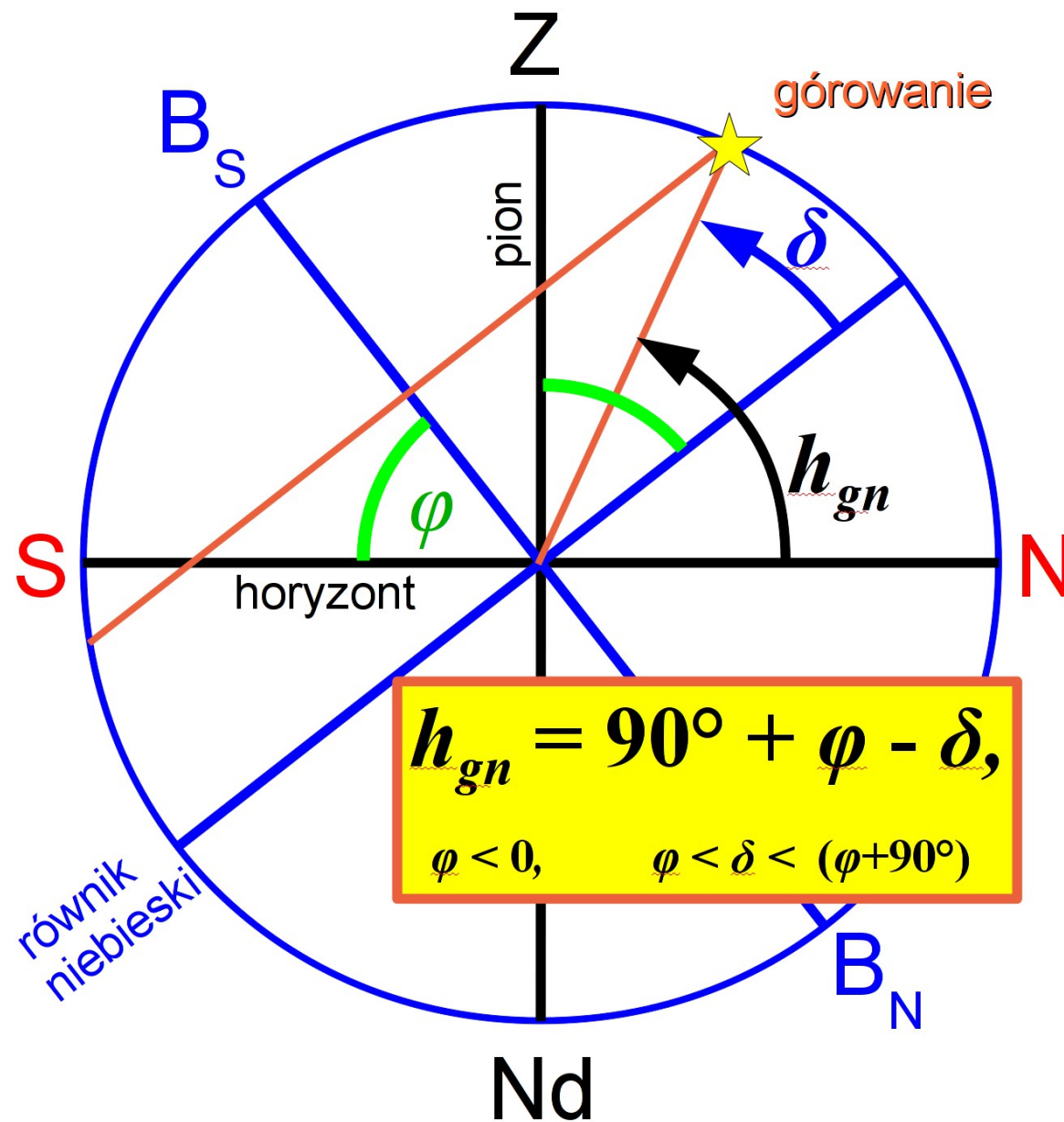
Oczywiście wszystkie miejsca o tej samej długości geograficznej mają w danym momencie ten sam miejscowy czas gwiazdowy i słoneczny.

# Szerokość geograficzna

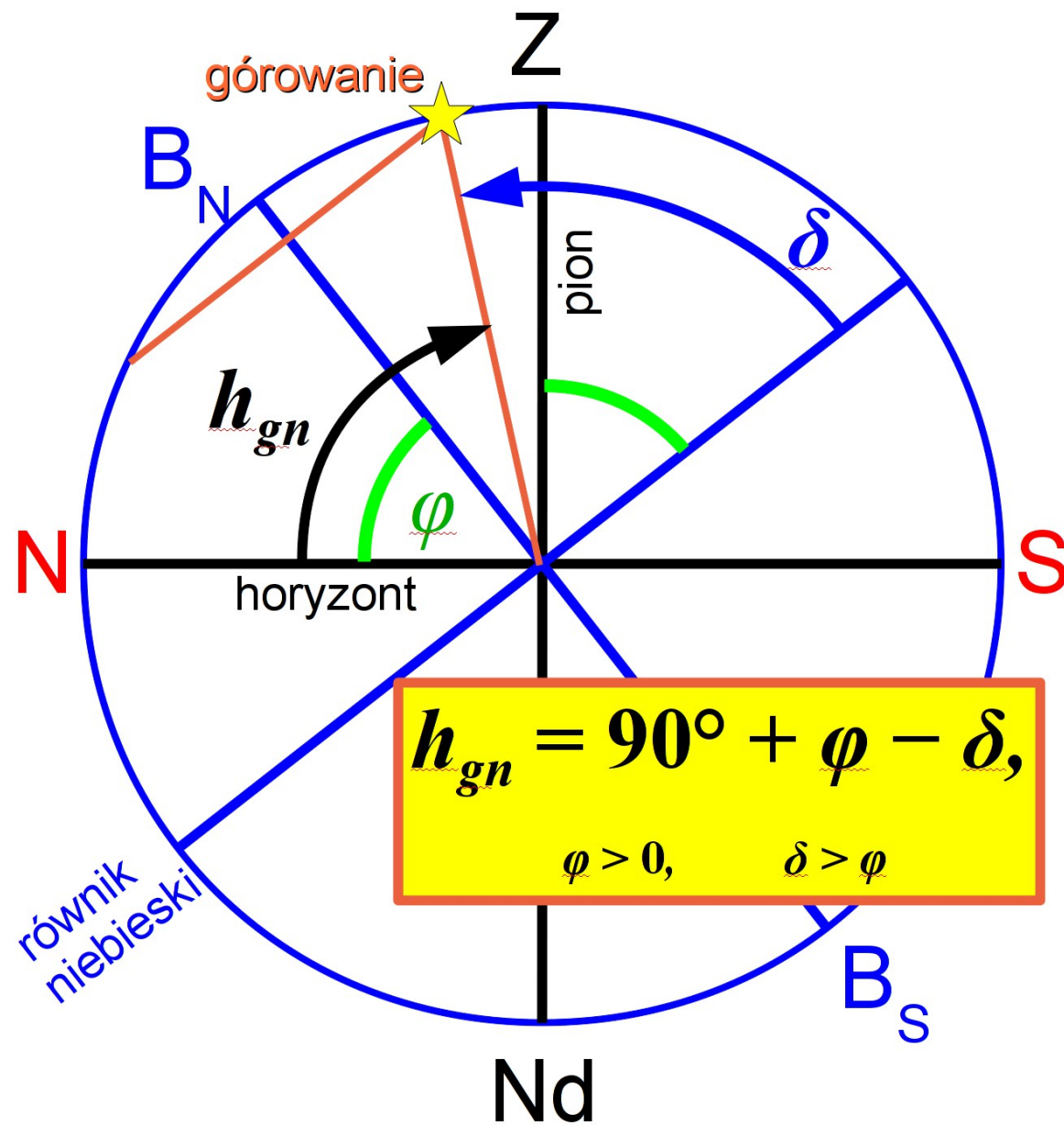


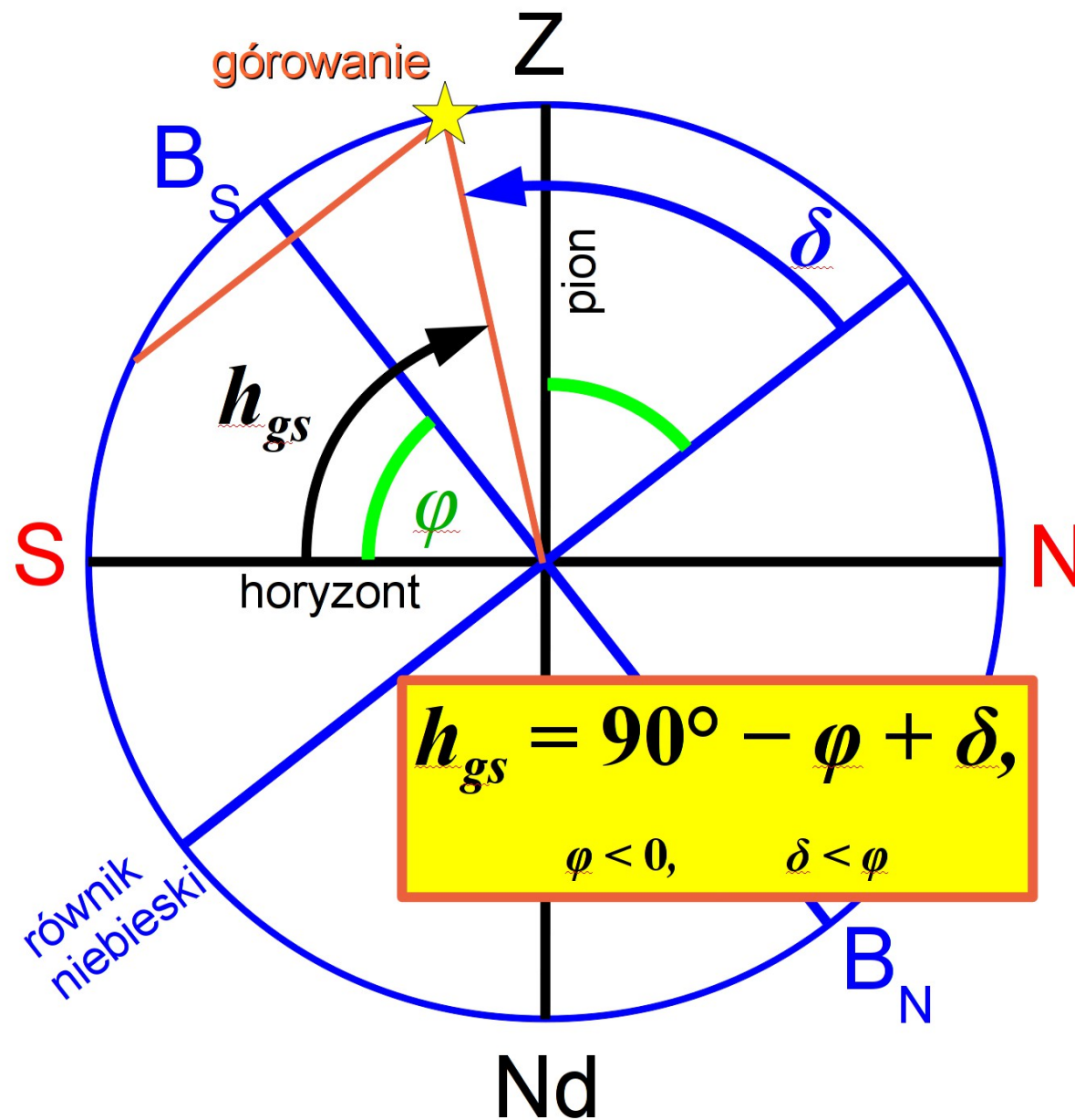




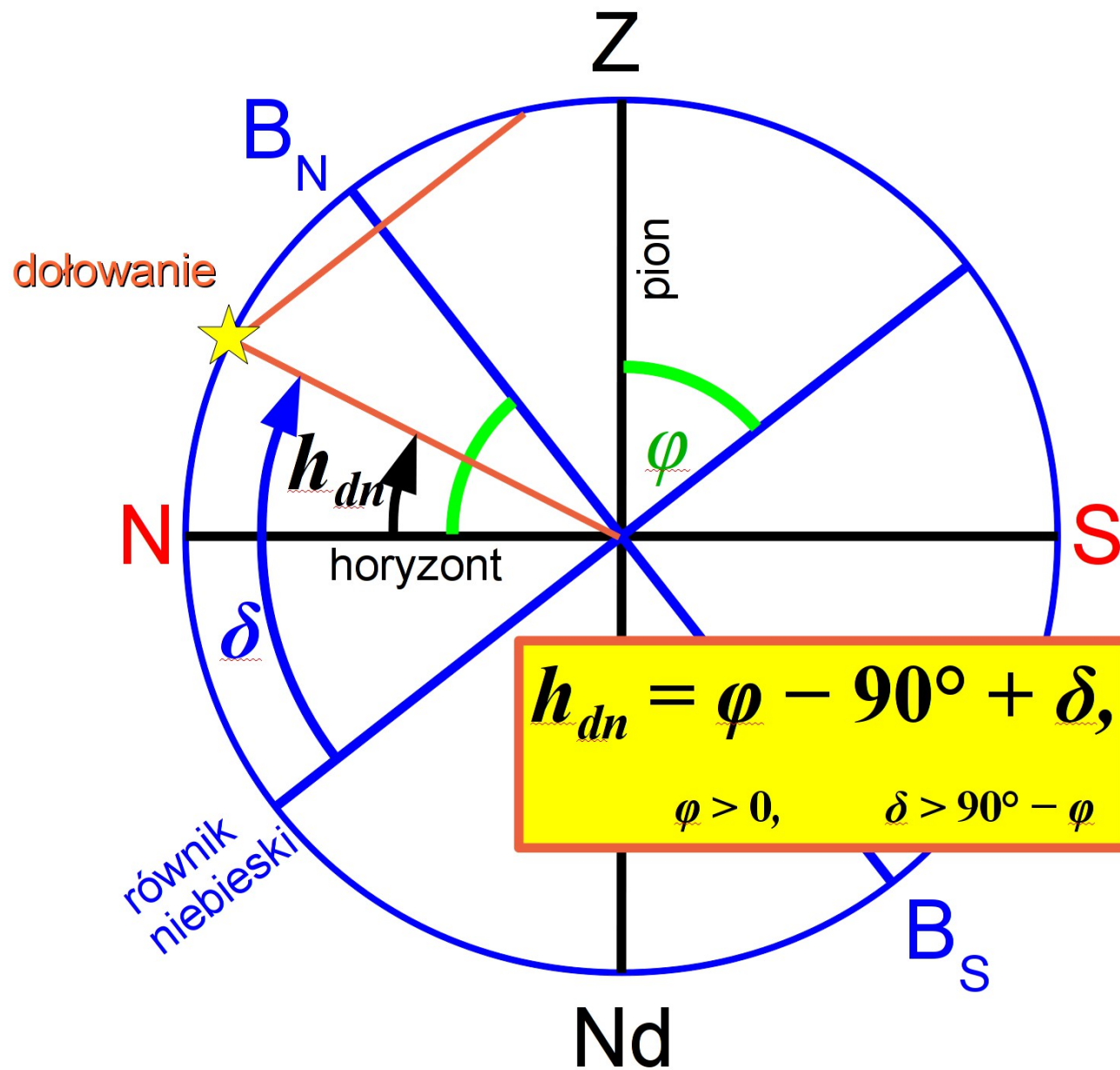


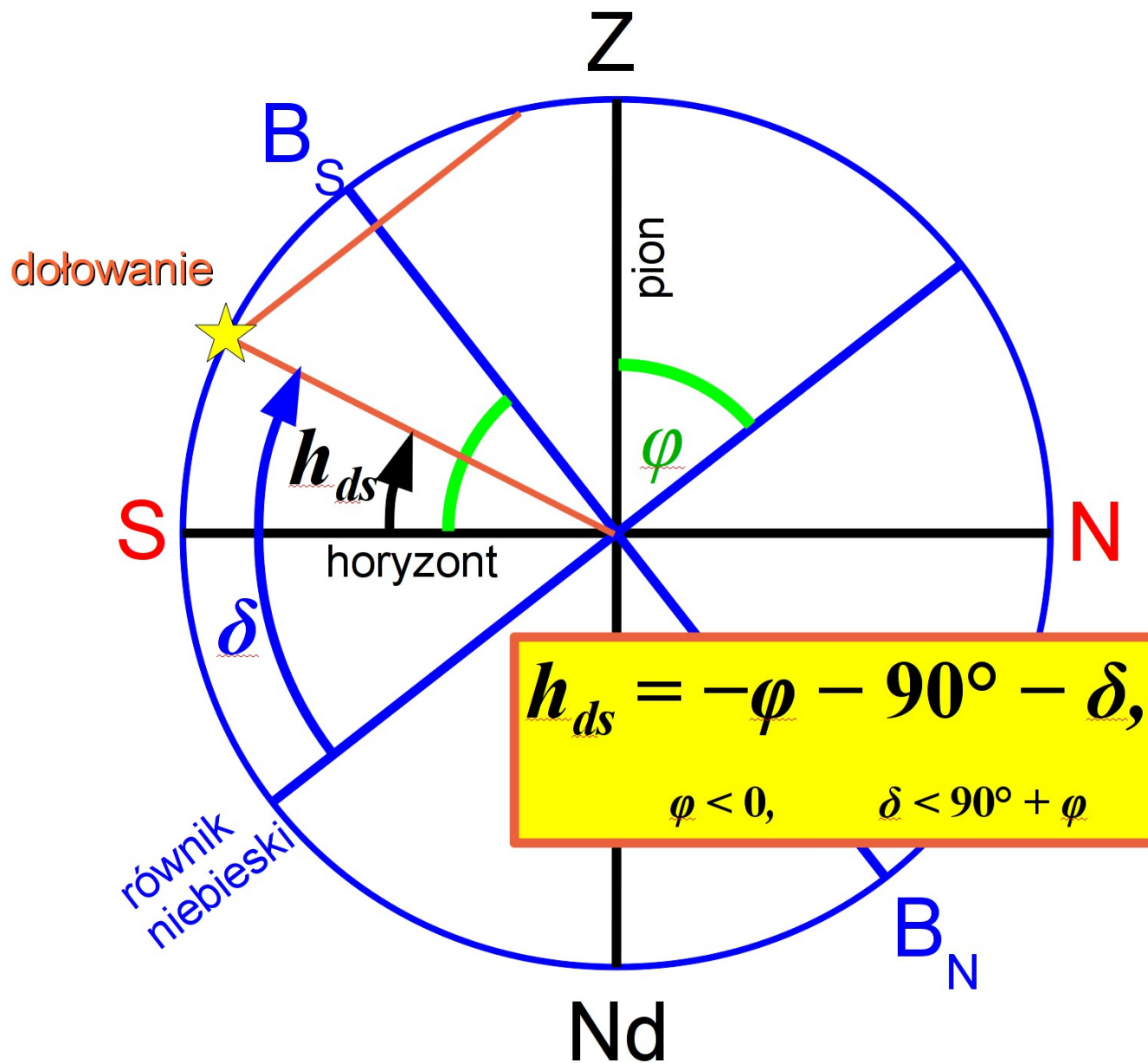
**Półkula południowa !**



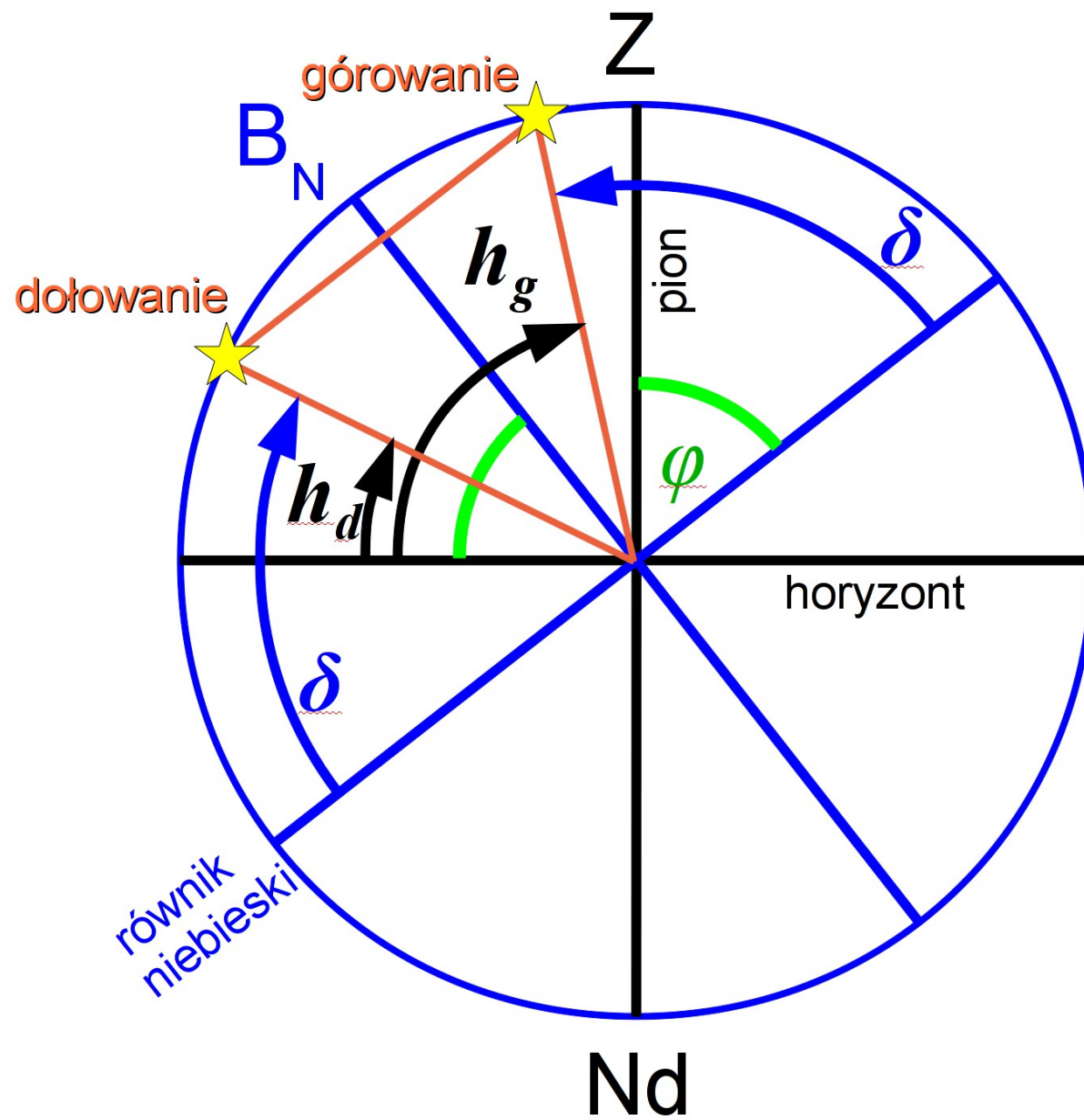


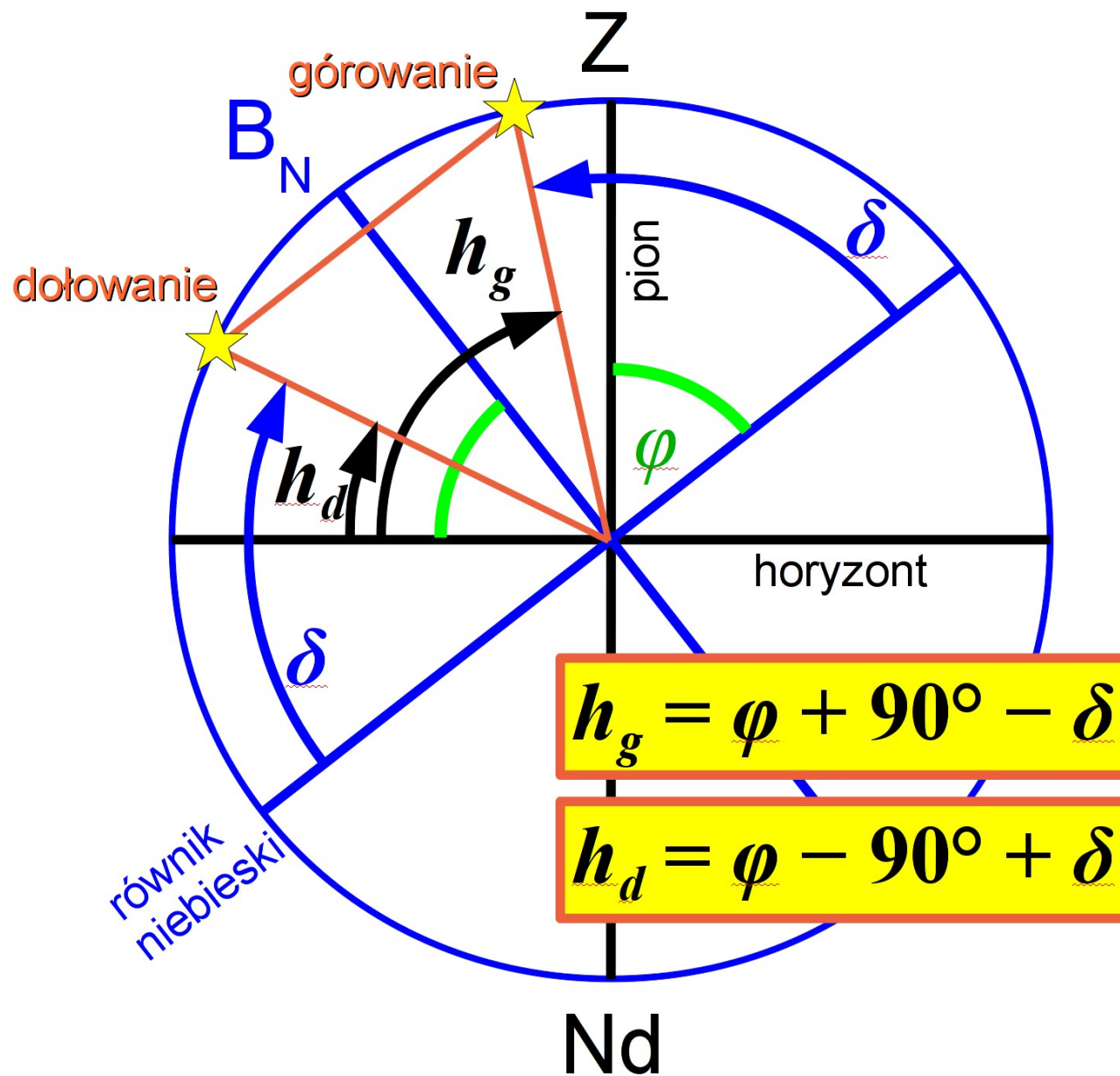
**Półkula południowa !**

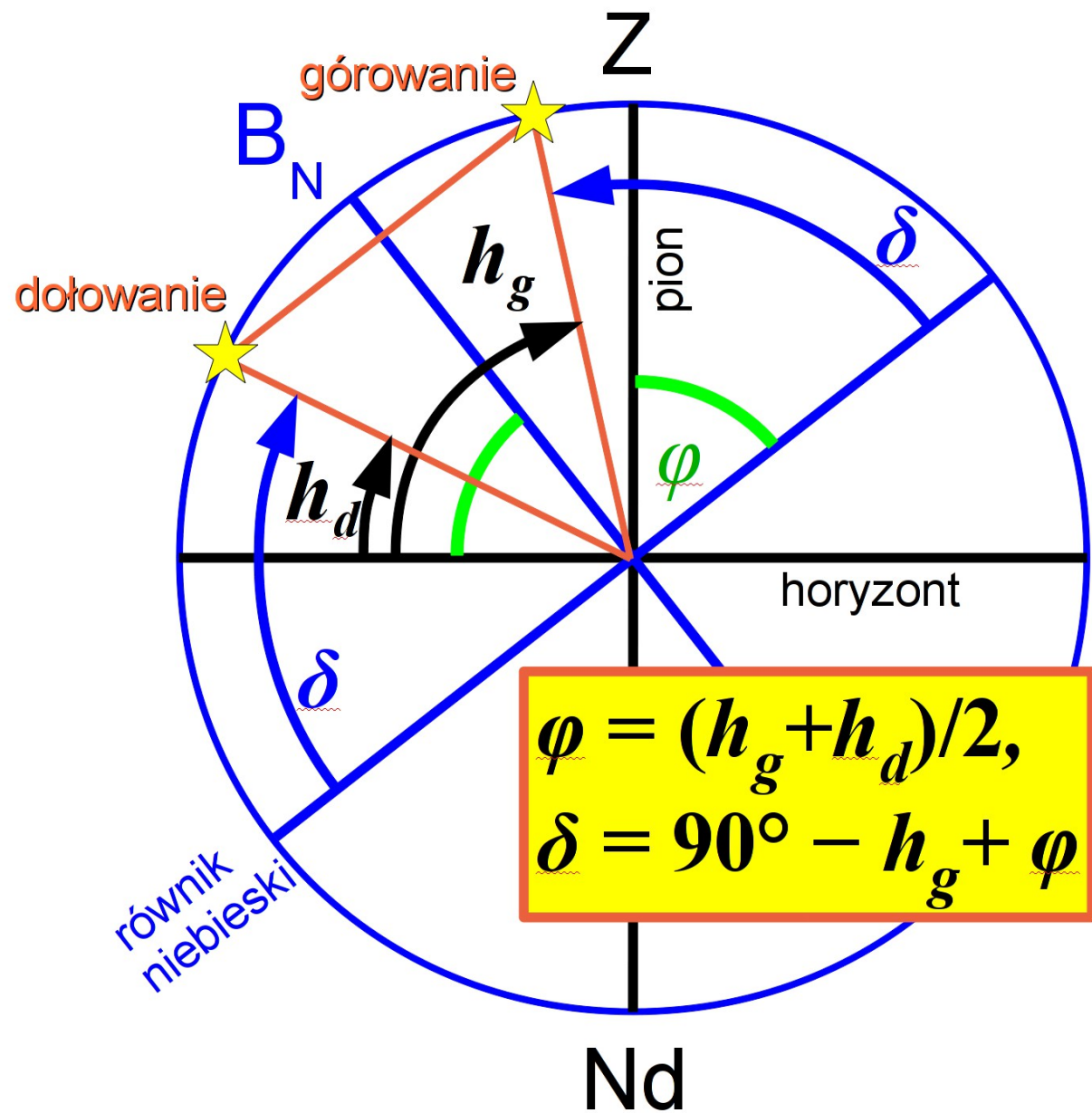


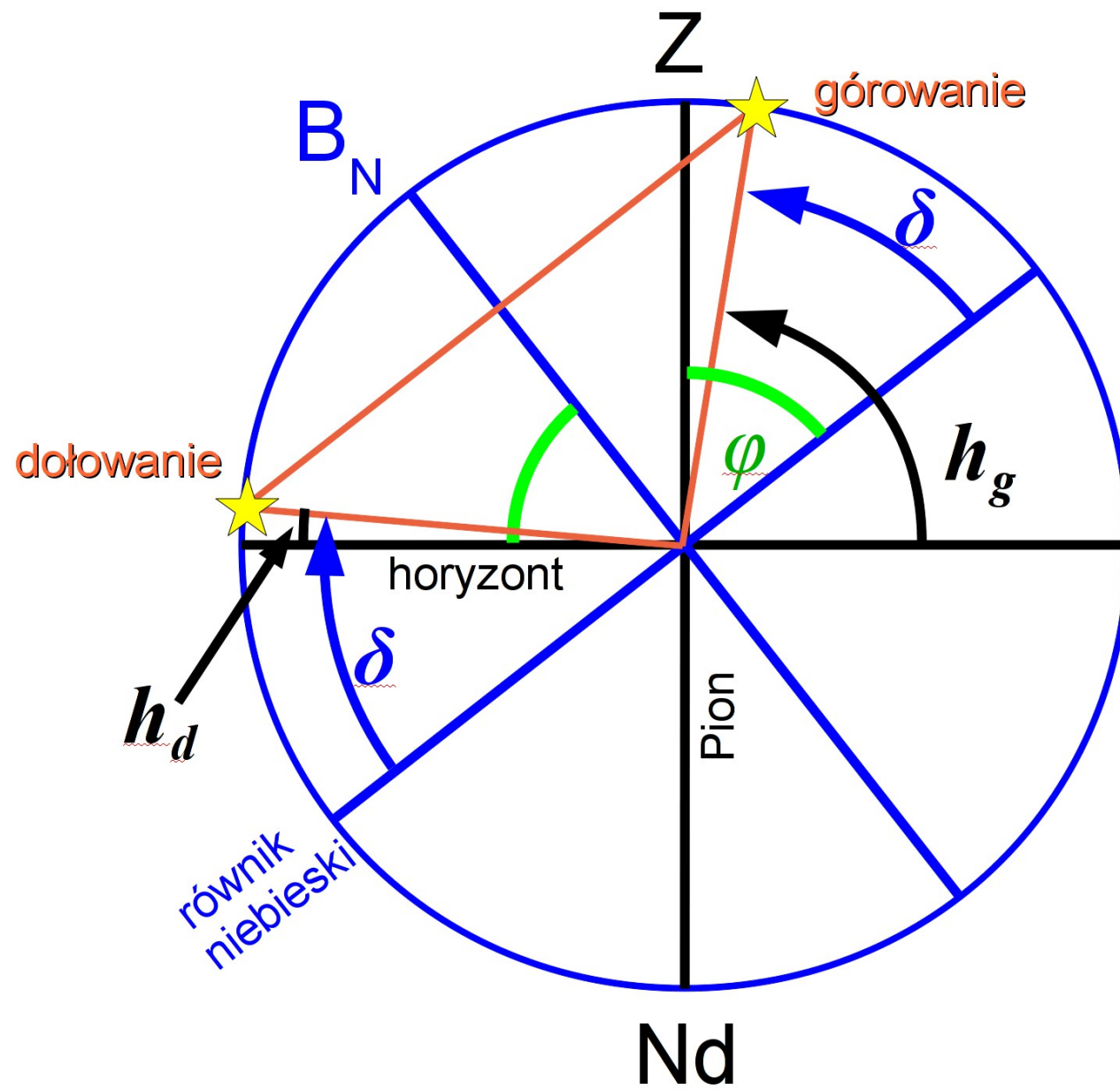


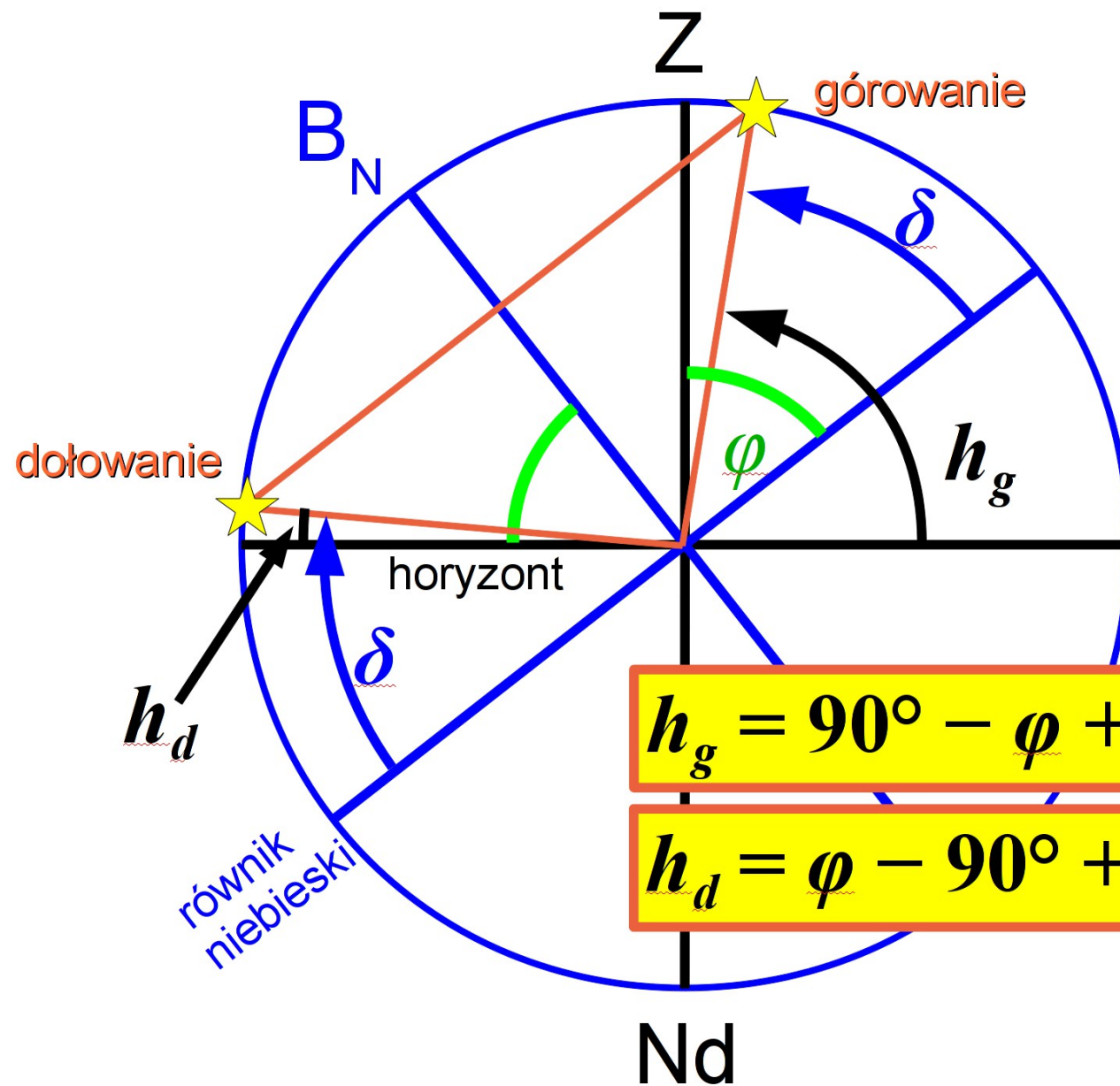
**Półkula południowa !**





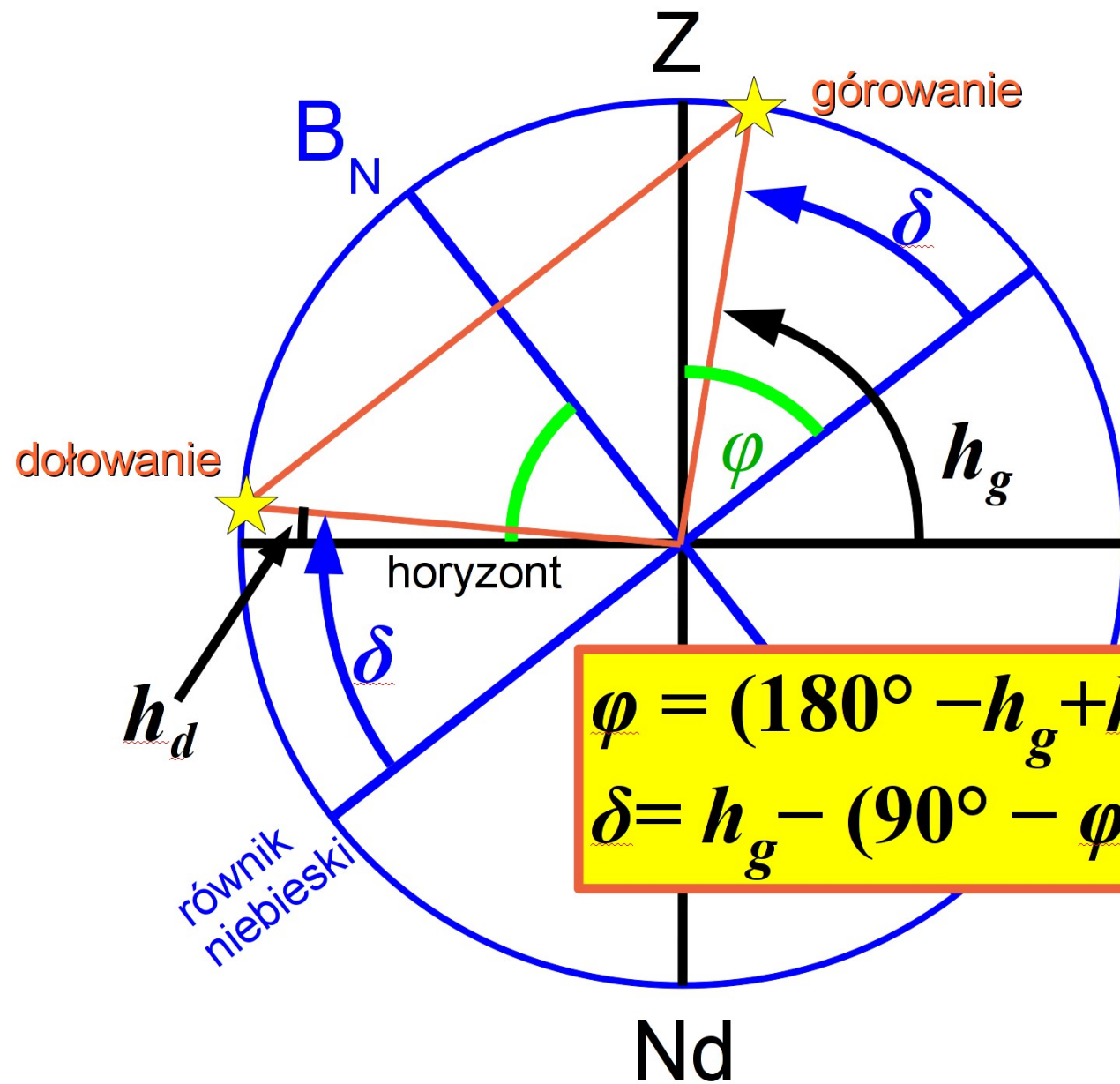






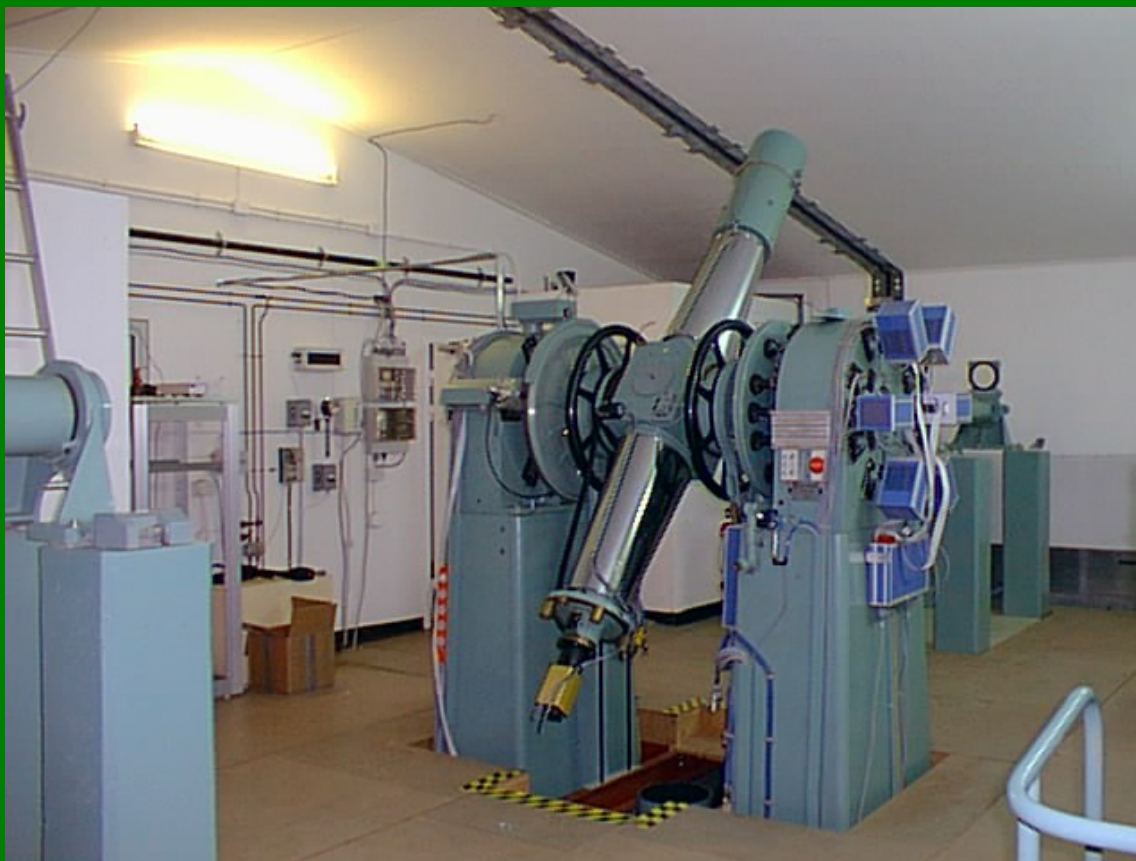
$$h_g = 90^\circ - \varphi + \delta$$

$$h_d = \varphi - 90^\circ + \delta$$



$$\varphi = (180^\circ - h_g + h_d)/2,$$

$$\delta = h_g - (90^\circ - \varphi)$$

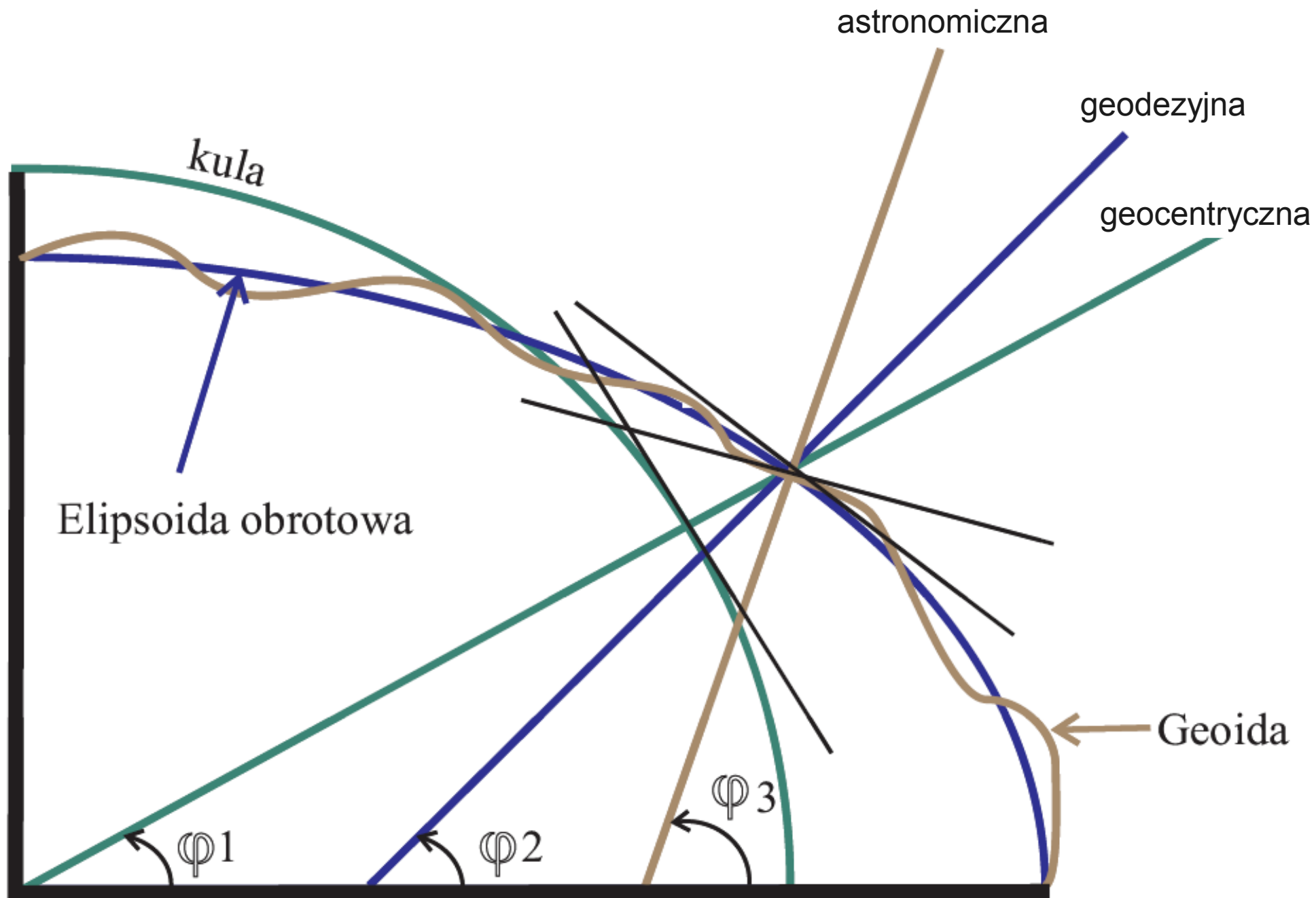


**Carlsberg Automatic Meridian Circle  
obecnie Carlsberg Meridian Telescope,  
pracujący na Wyspach Kanaryjskich**



Copyright: Nik Szymanek

# Różne szerokości geograficzne



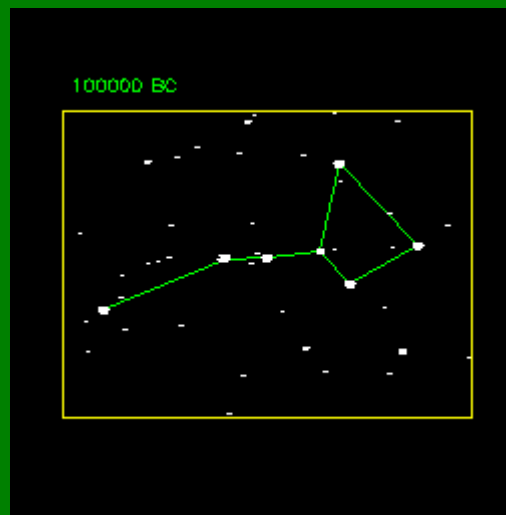
**Różnice w szerokościach nie są duże.**

**Maksymalna różnica pomiędzy szerokością geocentryczną i geodezyjną wypada dla równoleżnika bliskiego  $\pm 45^\circ$  i wynosi około  $11'$  .**

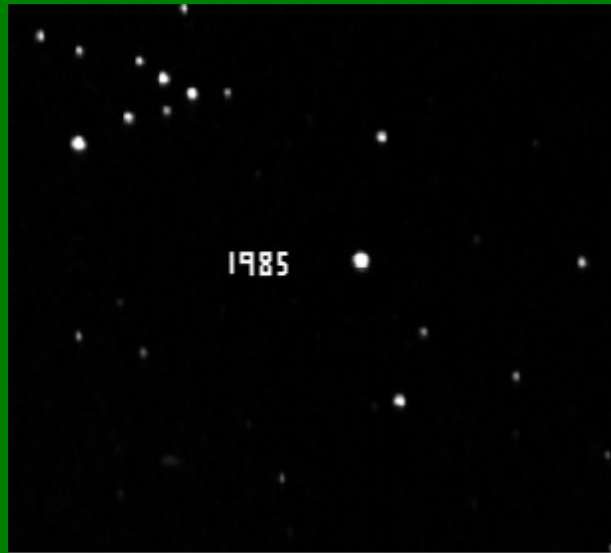
**Różnice między szerokością geodezyjną a astronomiczną są jeszcze mniejsze.**

***Zjawiska zmieniające  
współrzędne ciał  
niebieskich.***

# Ruch własny gwiazd

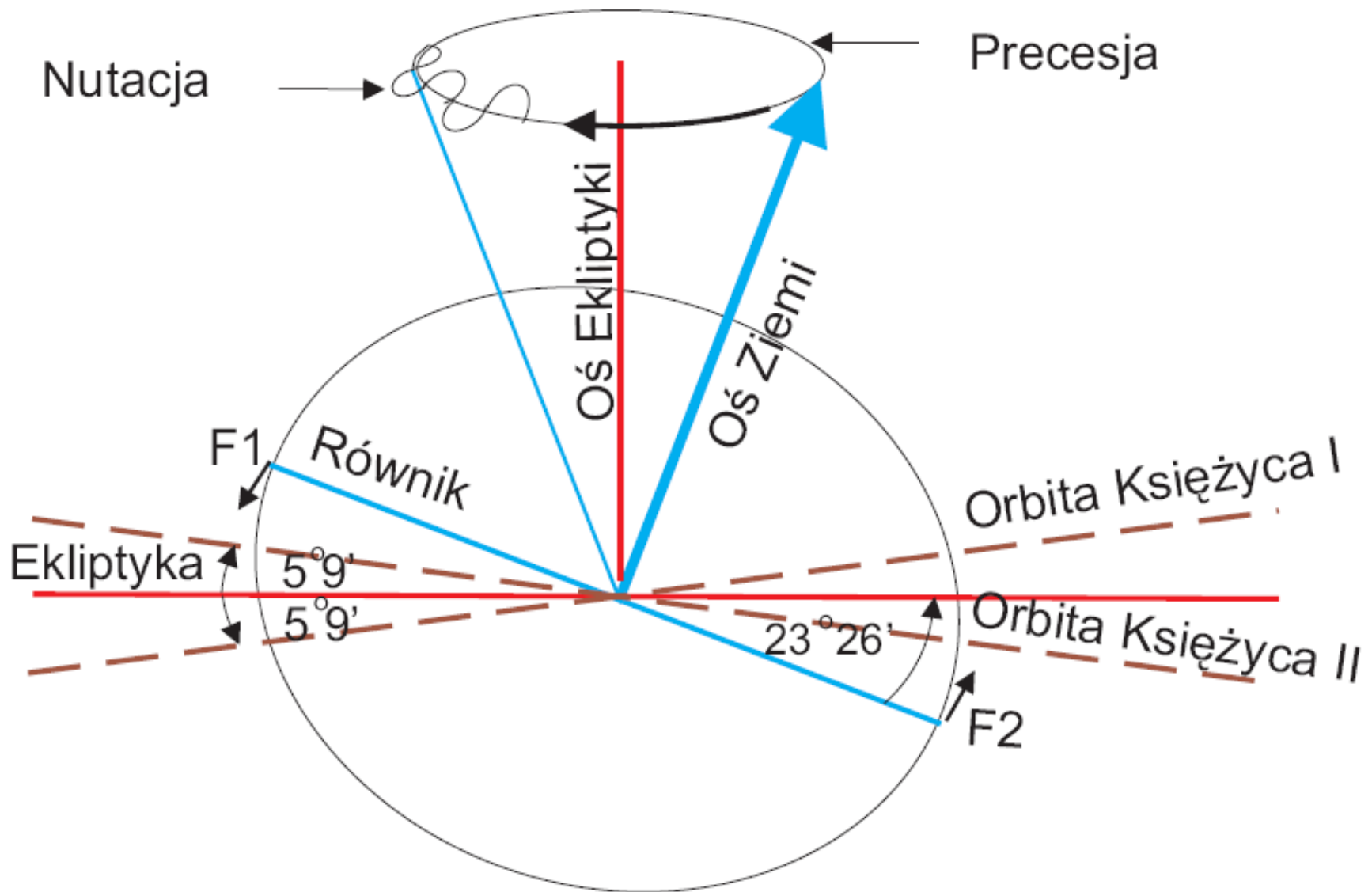


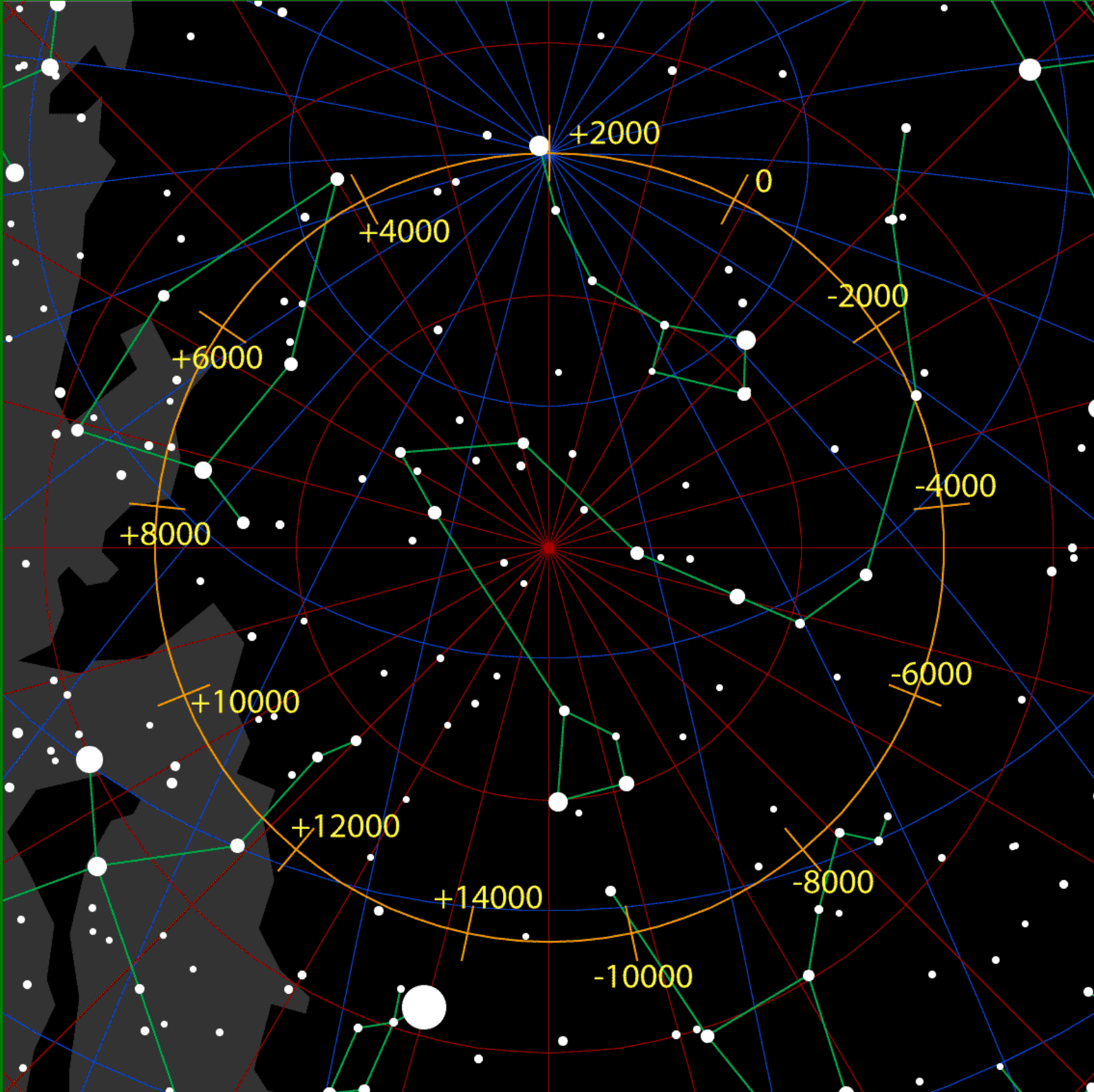
Źródło: <http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Movies/proper.html>



**Ruch własny Gwiazdy Barnarda  
to ok. 10.3 sekundy łuku na rok!**

# Precesja i nutacja





Rysunek:  
Tau'olunga

**Siły grawitacyjnego przyciągania wywierane przez Słońce na Ziemię usiłują ustawić równik Ziemi w płaszczyźnie ekliptyki, nachylonej w stosunku do równika pod kątem około  $23^\circ$ .**

**Wypadkowy ruch precesyjny osi obrotu Ziemi odbywa się wokół osi ekliptyki.**

**Jest on bardzo powolny, pełen obieg precesyjny osi Ziemi wokół osi ekliptyki trwa około 26000 lat.**

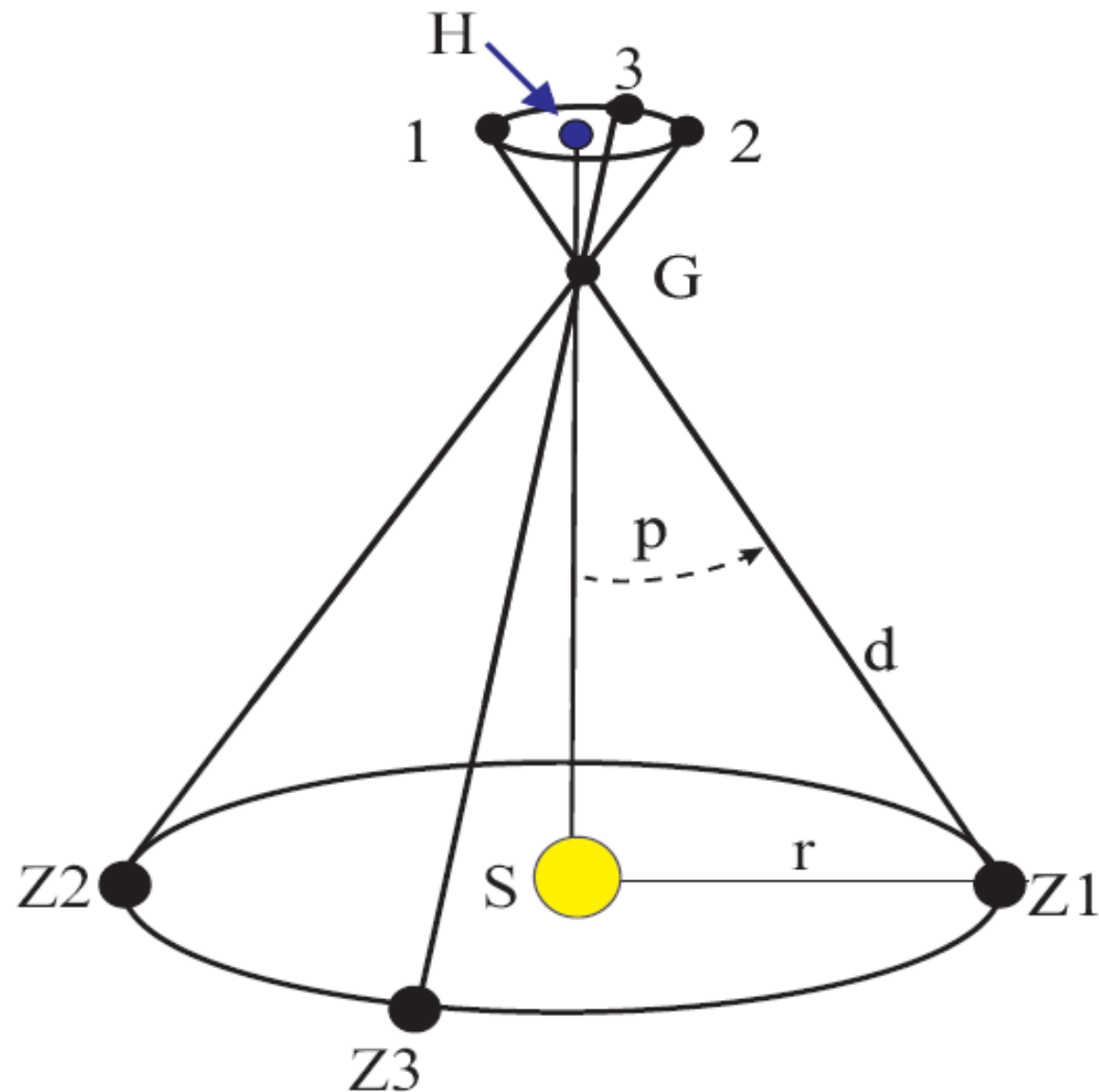
**W swoich skrajnych położeniach orbita Księżyca nachylona jest raz pod kątem  $+5.9^\circ$ , a po 9.3 latach, pod kątem  $-5.9^\circ$  do ekliptyki.**

**Zmieniające się nachylenie orbity Księżyca powoduje tzw. nutację osi obrotu Ziemi. Jest to krótkookresowy, sinusoidalny ruch o amplitudzie ok.  $9''$ , nałożony na ruch precesyjny.**

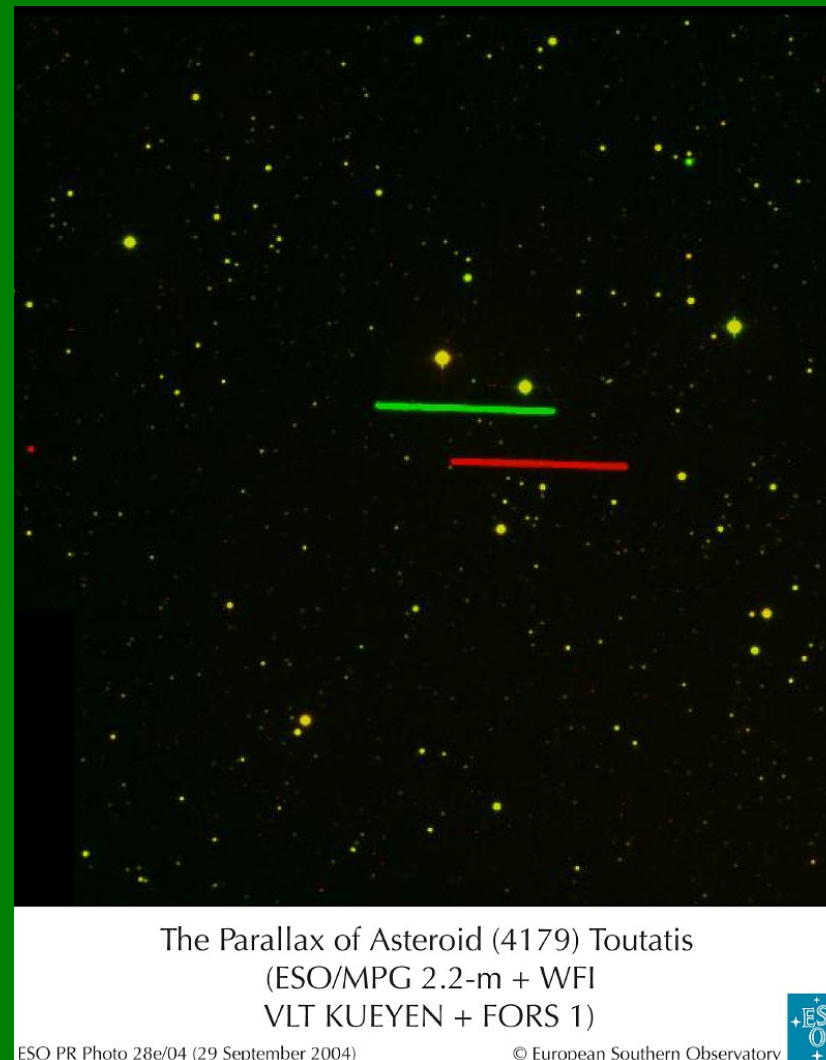
**Punkt Barana, wskutek precesji, cofa się po ekliptyce z prędkością około 50'' rocznie i pełnego obiegu ekliptyki dokonuje raz na 26 tysięcy lat.**

**Od punktu Barana liczymy rektascensję, a więc precesja i nutacja zmieniają współrzędne równikowe obiektów na sferze niebieskiej.**

# Paralaksa roczna

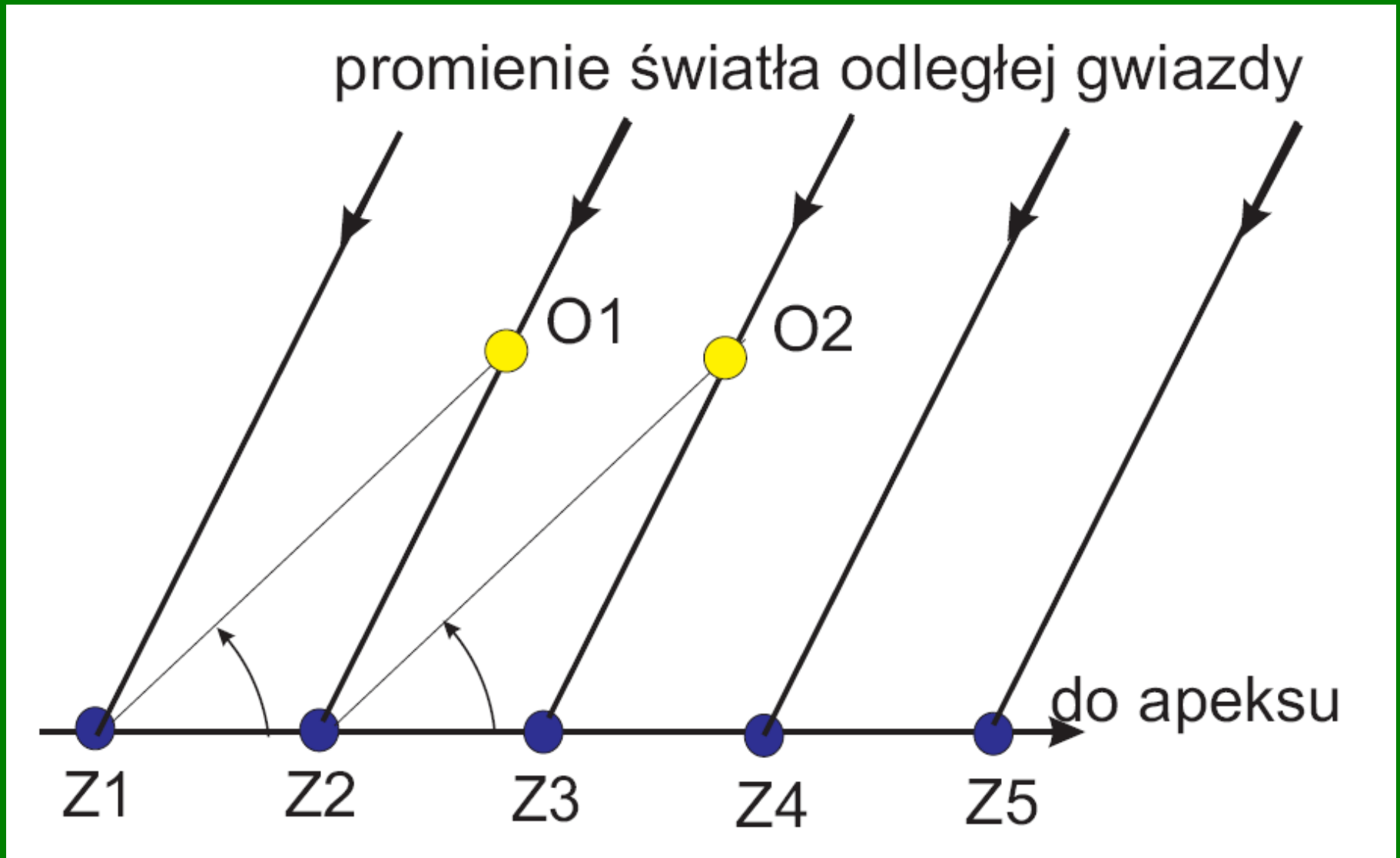


- **Paralaksy są bardzo małymi kątami, dla wszystkich gwiazd są mniejsze niż 1".**
- **Najbliższa gwiazda, Proxima Centauri ma paralaksę równą 0.76" (jest w odległości około 4.3 lat świetlnych).**
- **Odległości do dalekich gwiazd wyznacza się innymi metodami gdyż ich paralaksy są tak małe, że nie można ich zmierzyć.**

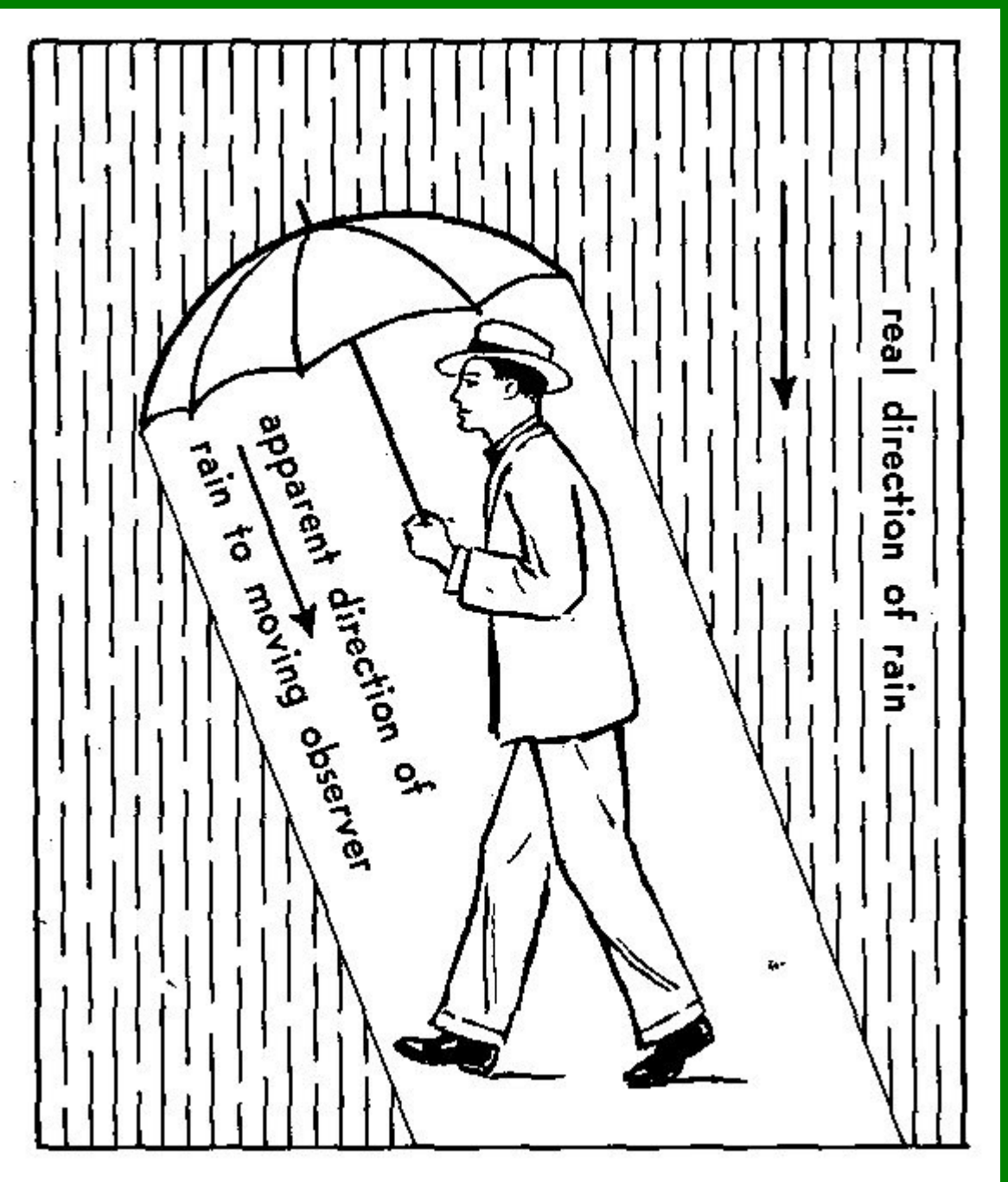


**Paralaksa dobowa: jednominutowy ruch planetoidy Toutatis sfotografowany w dwóch różnych obserwatoriach oddległych zaledwie o 513 km. Odległość do planetoidy w tym momencie wynosiła 1 607 900 km a separacja śladów na niebie około 40 sekund kątowych.**

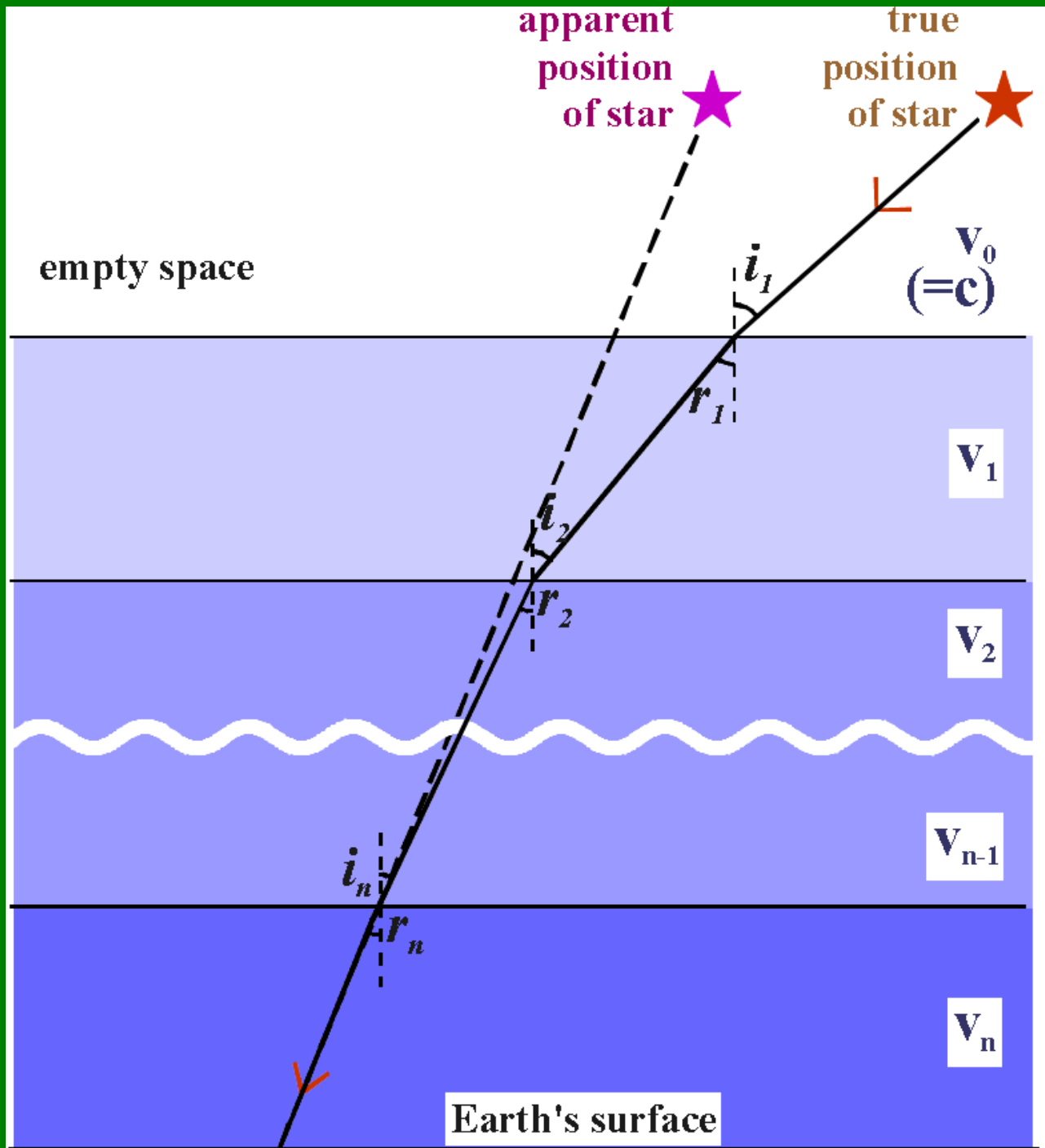
# Aberracja światła



- **Aberracją nazywamy zmianę kierunku widzenia ciała niebieskiego na sferze spowodowaną ruchem obserwatora.**
- **Ponieważ Ziemia porusza się po orbicie wokół Słońca ze średnią prędkością ok. 30 km/s, następuje zjawisko aberracji i lunetę w rzeczywistości ustawiamy wzdłuż kierunku będącego wypadkową kierunku prędkości Ziemi i kierunku prędkości światła od gwiazdy.**
- **Maksymalna wartość aberracji rocznej to ok. 20".**
- **Maksymalna wartość aberracji dobowej, wynikającej z rotacji Ziemi to 0,32 sekundy kątowej dla obserwatora na równiku.**



# Refrakcja atmosferyczna



Refrakcja zależy od odległości  
zenitalnej  $z = 90^\circ - h$

$$z = 0^\circ \rightarrow R = 0^\circ$$

$$z = 50^\circ \rightarrow R = 1'$$

$$z = 80^\circ \rightarrow R = 5'$$

$$z = 85^\circ \rightarrow R = 10'$$

$$z = 89^\circ \rightarrow R = 25'$$

$$z = 90^\circ \rightarrow R = 35'$$