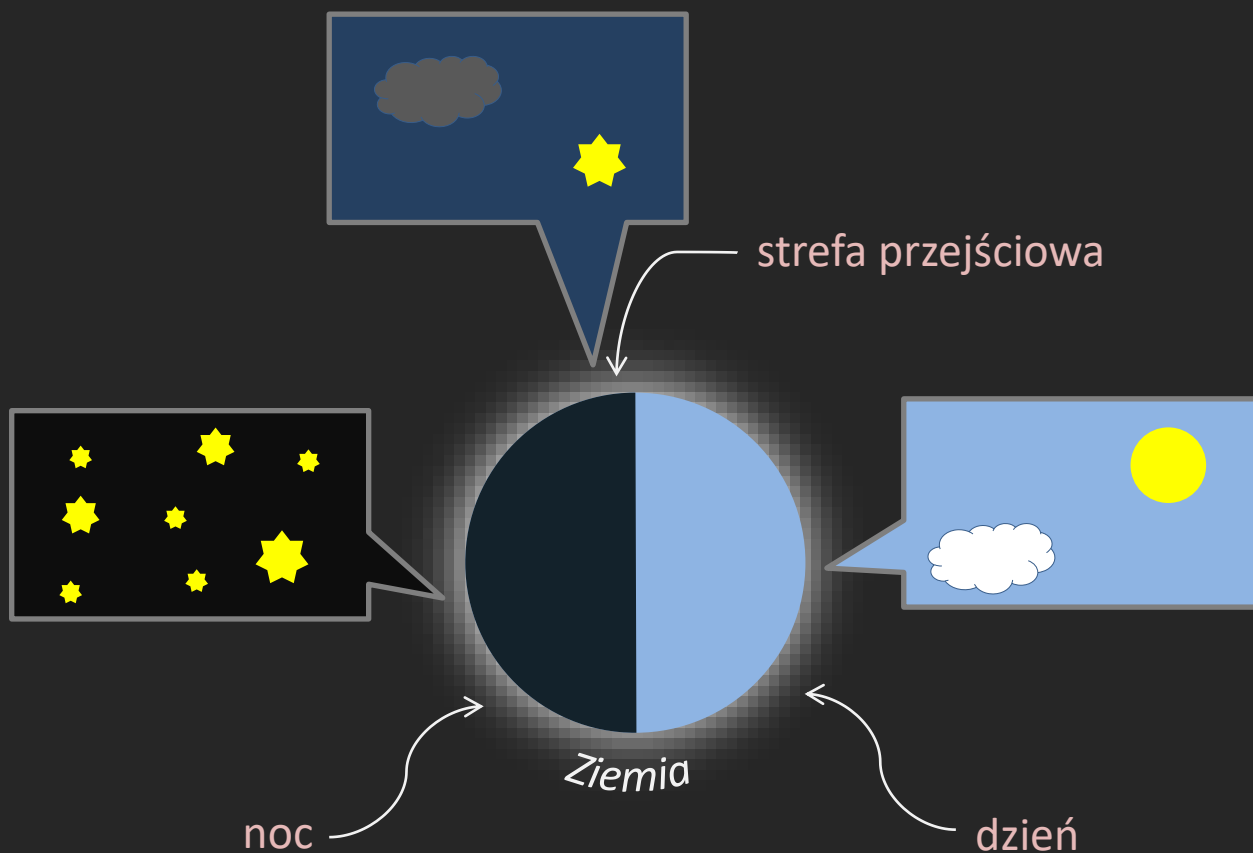




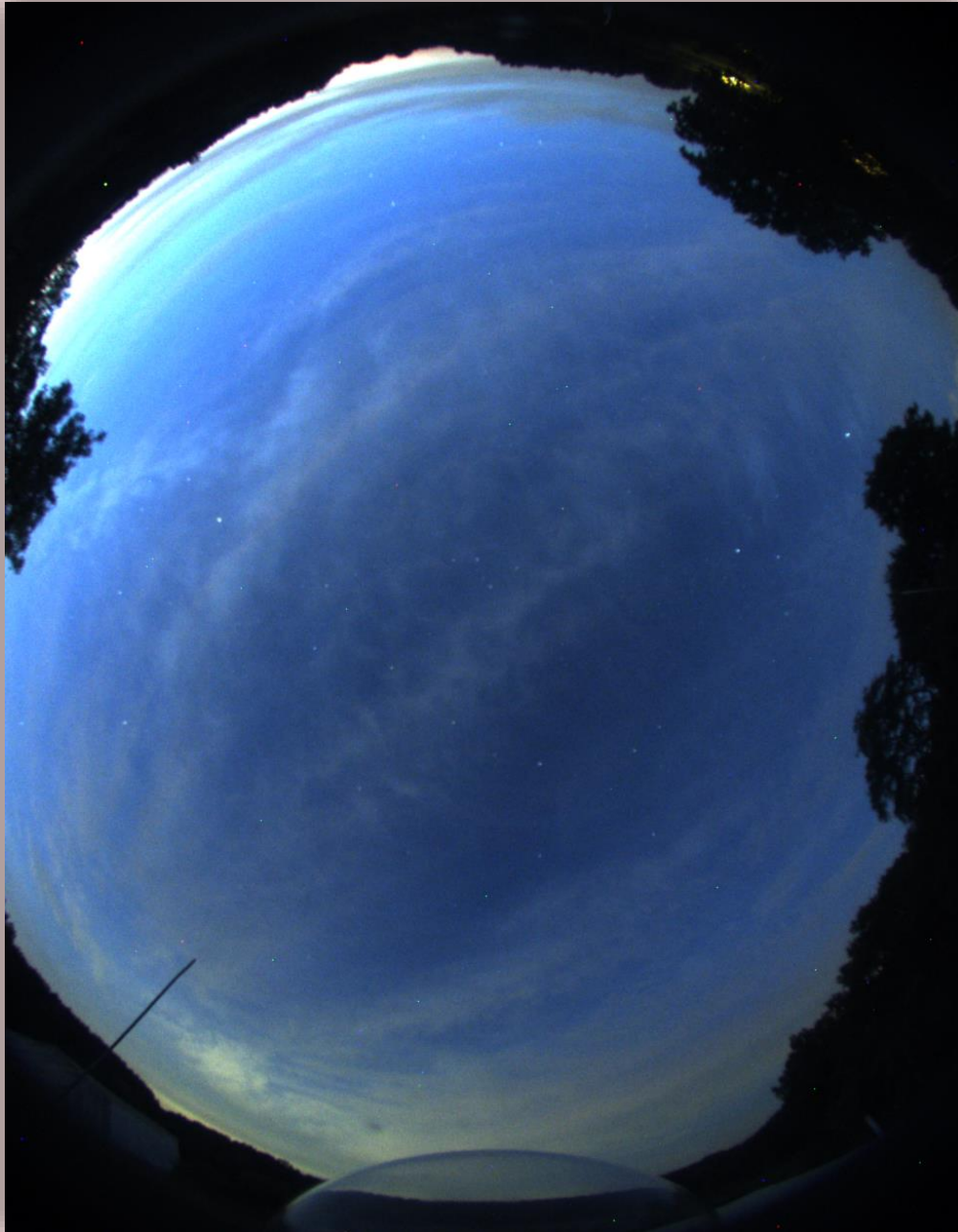
# **Podstawy Astronomii 1**

## **Ziemia – Słońce**

# Ziemia – Słońce



# Ziemia – Słońce

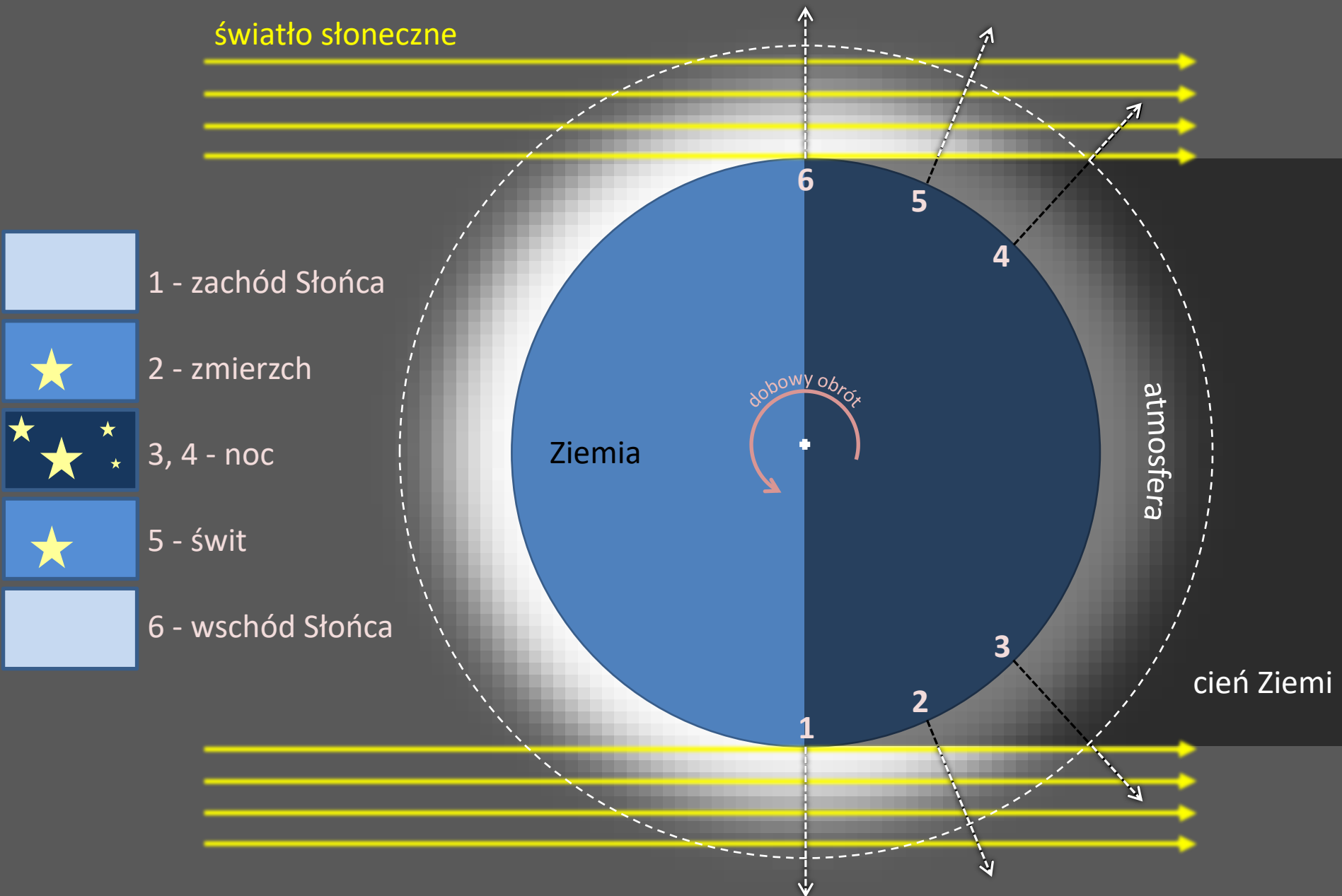


Atmosfera sprawia, że przejście między dniem a nocą jest stopniowe (jasność powierzchniowa nieba zmienia się stopniowo).

Zjawisko to nazywane jest  
**zmierzchem / świtem / półmrokiem(?)**.  
(dusk / dawn / twilight)

*Świt w OA w Białkowie.*

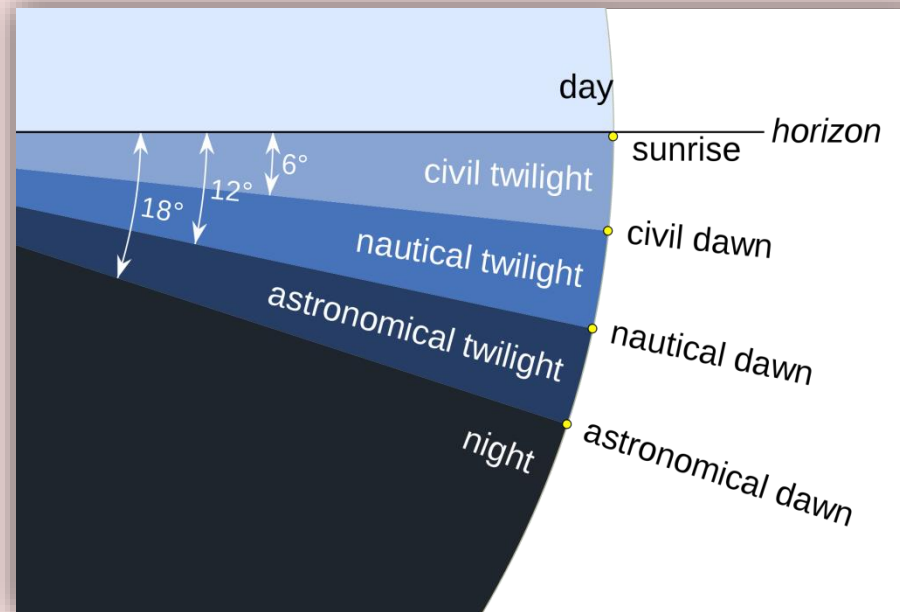
# Ziemia – Słońce



Zjawisko zmierzchu i świtu powstaje w wyniku rozpraszania światła słonecznego w atmosferze

# Ziemia – Słońce

| zjawisko                | wysokość Słońca                                               | uwagi                                                                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| zachód / wschód Słońca  | 0°                                                            | górna krawędź tarczy Słońca, z refrakcją                                                      |
| zmierzch / świt:        | <i>wysokości poniżej: bez refrakcji, środek tarczy Słońca</i> |                                                                                               |
| cywilny                 | 0° – -6°                                                      | zewnętrzne sztuczne oświetlenie nie jest potrzebne                                            |
| nawigacyjny (żeglarski) | -6° – -12°                                                    | widoczny horyzont morski i jasne gwiazdy                                                      |
| astronomiczny           | -12° – -18°                                                   | możliwe obserwacje obiektów punktowych (gwiazdy, planety), Droga Mleczna widoczna gołym okiem |
| noc astronomiczna       | < -18°                                                        | niebo osiąga minimalną jasność, możliwe obserwacje słabych obiektów mgławicowych              |

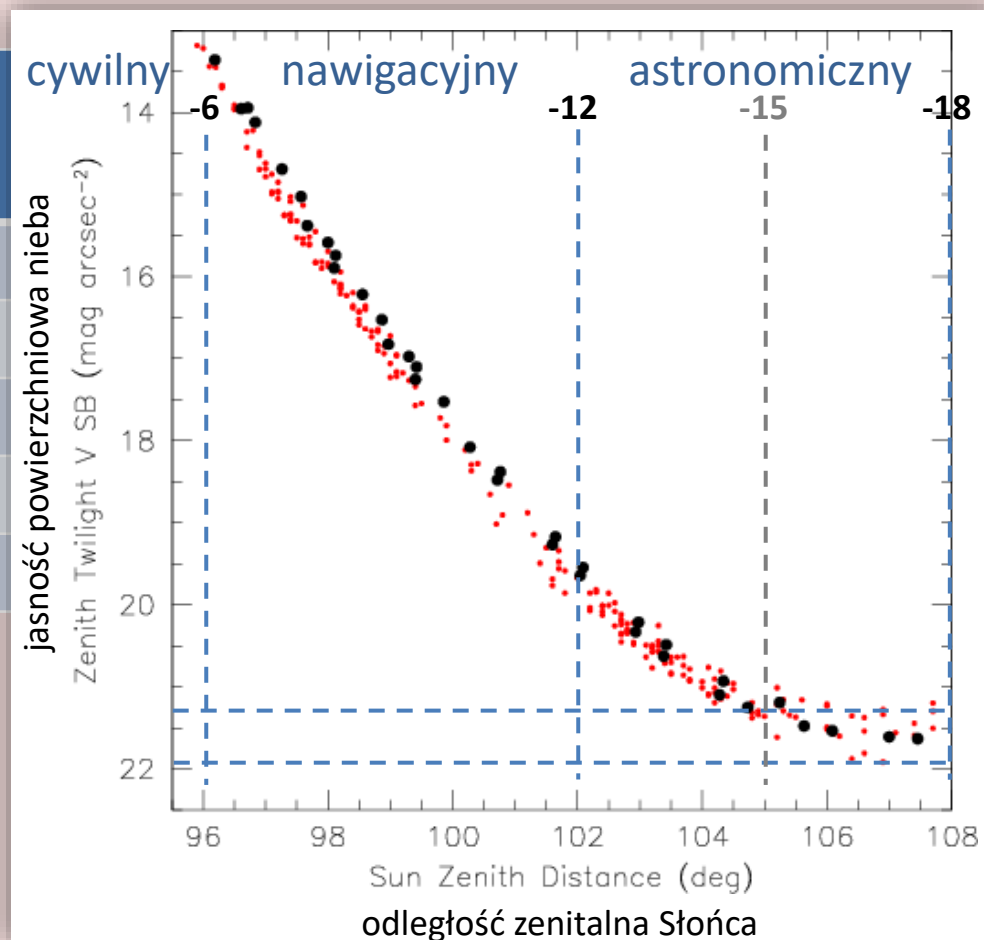


# Ziemia – Słońce

- Między wschodem/zachodem Słońca a nocą astronomiczną jasność powierzchniowa nieba bezchmurnego spada o około  $15 \text{ mag/arcsec}^2$  ( $10^6$ -krotnie) (przy braku sztucznego oświetlenia zewn.)
- Czas trwania zmierzchu/świtu zależy od szer. geograficznej i deklinacji Słońca (daty). Do obliczenia tego czasu wykorzystaj trójkąt paralaktyczny (analogicznie jak dla długości dnia)

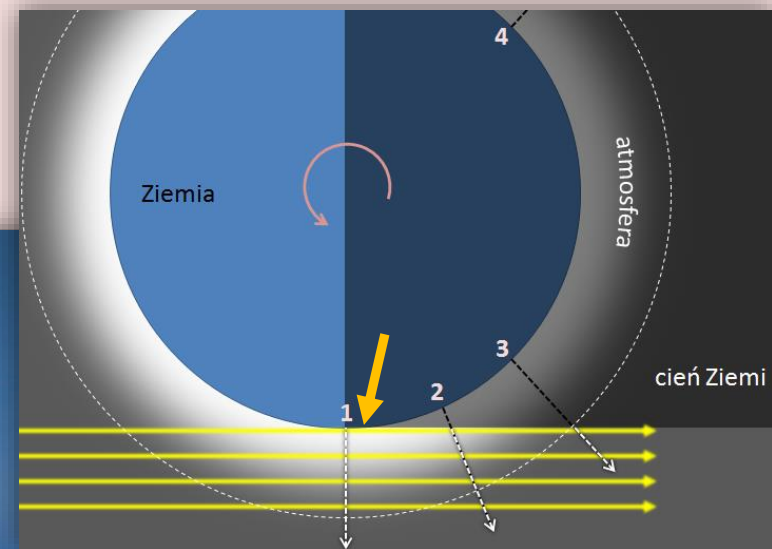
| Zjawisko                | wysokość Słońca<br>bez refrakcji, środek<br>tarczy Słońca |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|
| zmierzch / świt:        |                                                           |
| cywilny                 | $0^\circ - 6^\circ$                                       |
| nawigacyjny (żeglarski) | $-6^\circ - 12^\circ$                                     |
| astronomiczny           | $-12^\circ - 18^\circ$                                    |
| noc astronomiczna       | $< -18^\circ$                                             |

*Zenitalna jasność nieba o zmierzchu/świcie w obserwatorium Paranal (czerwone) i Krymskim Obserwatorium Astrofizycznym (czarne)*

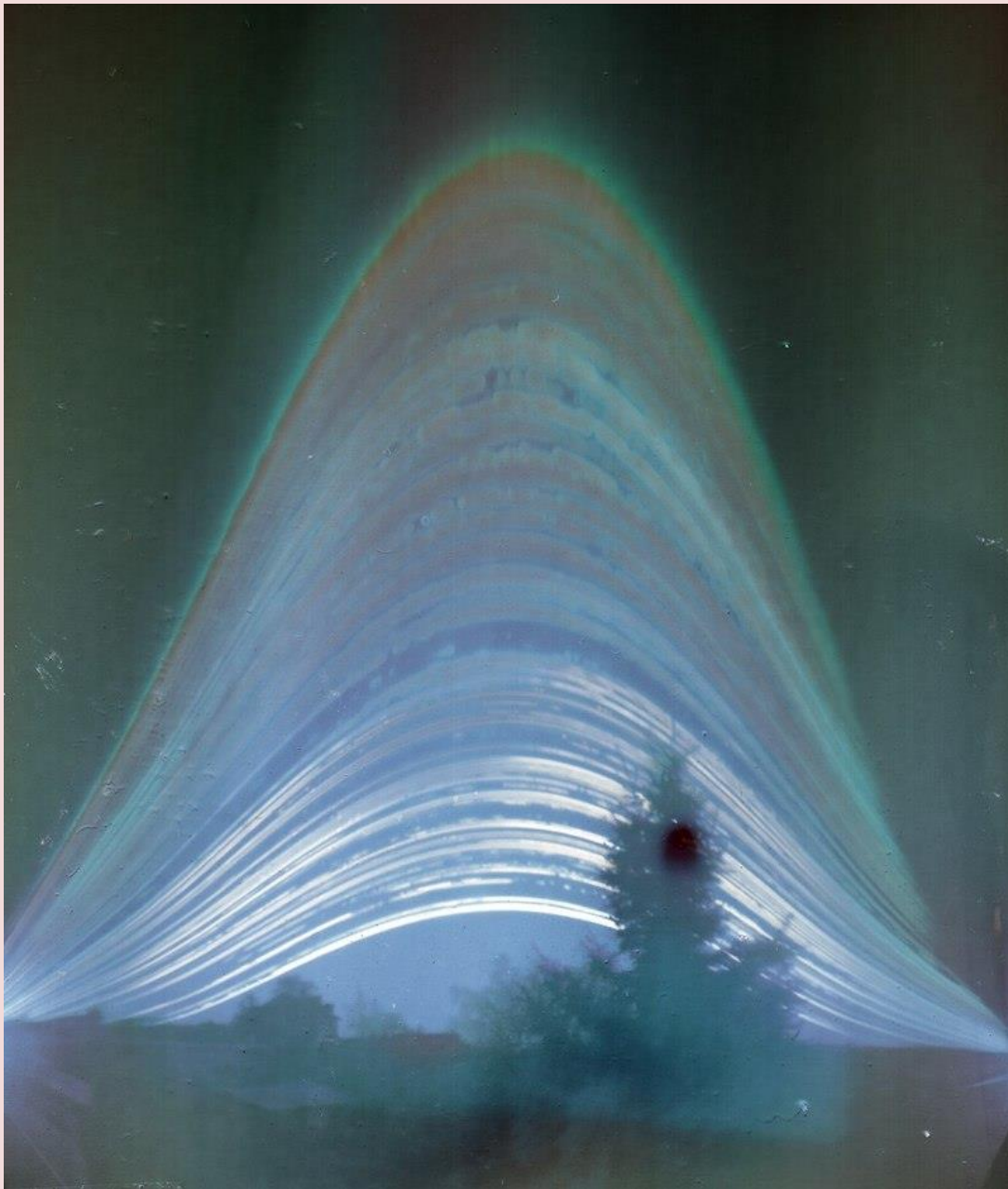


# Ziemia – Słońce

*cień Ziemi na atmosferze*



# Ziemia – Słońce



*Roczny i dobowy ruch Słońca na niebie  
(solarygrafia, czas ekspozycji: 1 rok)*

# Ziemia – Słońce

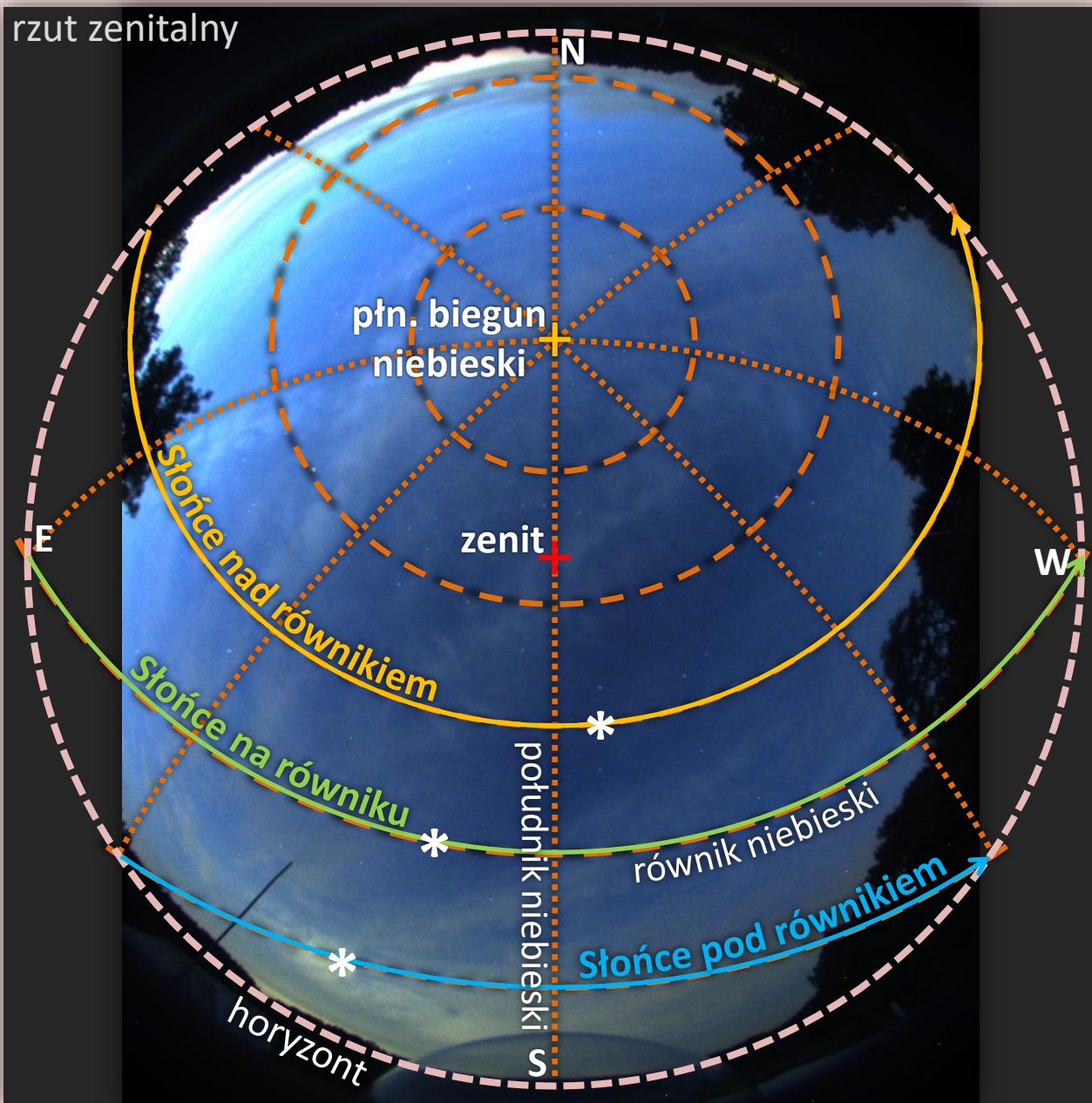


*Roczny i dobowy ruch  
Słońca na niebie  
(nałożenie wielu zdjęć  
wykonywanych w  
odstępach 1h w dniach  
równonocy i obu przesilen*

[apod/ap190923.html](http://apod/ap190923.html)

# Ziemia – Słońce

rzut zenitalny

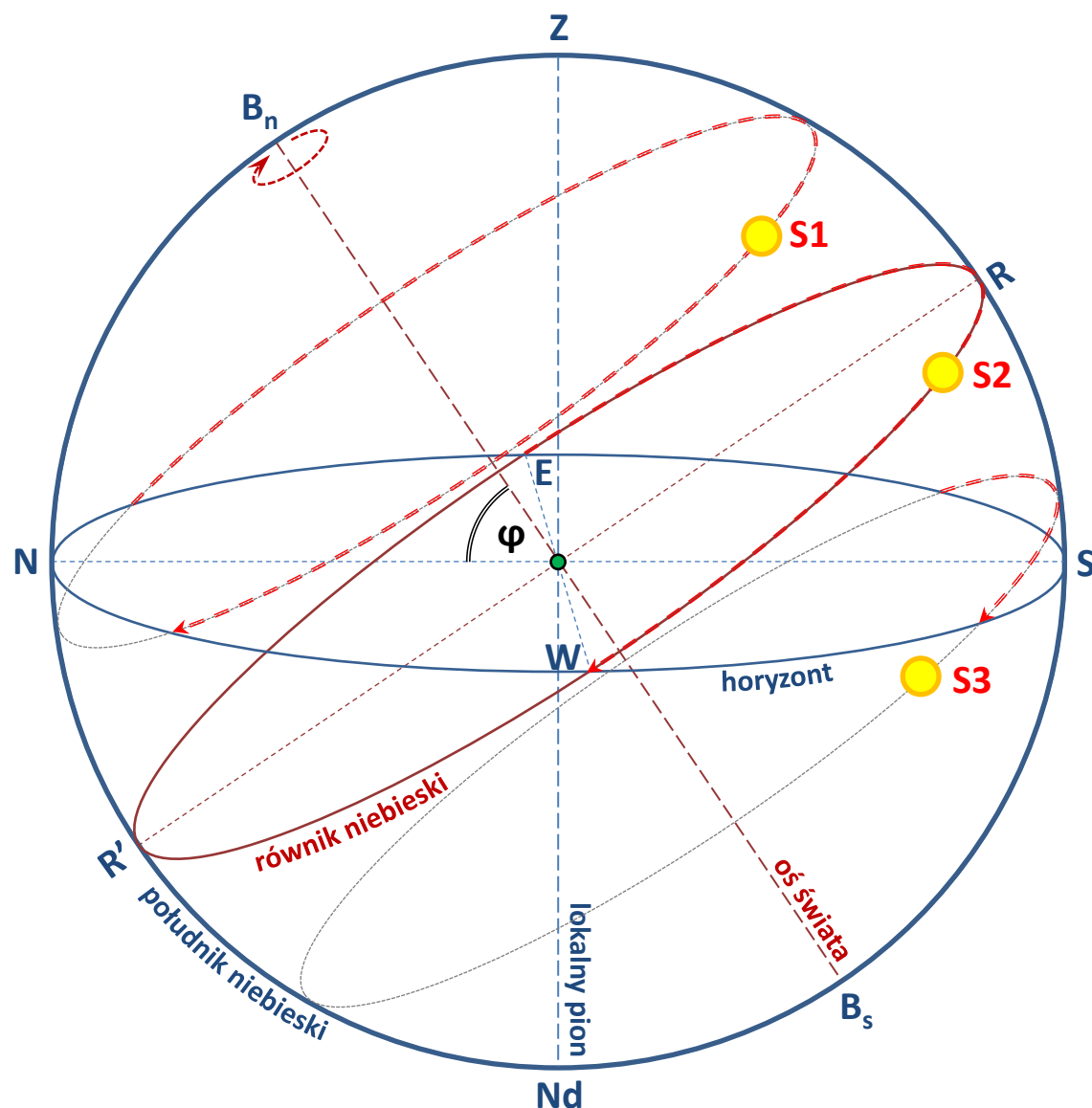


Dla półkuli N:

- Słońce nad równikiem niebieskim (deklinacja dodatnia): dłuższy łuk nad horyzontem, dzień dłuższy niż 12h, górowanie na wyższej wysokości
- Słońce na równiku niebieskim (deklinacja zerowa): dzień trwa 12h(\*)
- Słońce pod równikiem niebieskim (deklinacja ujemna): krótszy łuk nad horyzontem, dzień krótszy niż 12h, górowanie na niższej wysokości

(\*) – pominięta refrakcja i rozmiar kątowny Słońca

# Ziemia – Słońce



Dla półkuli N:

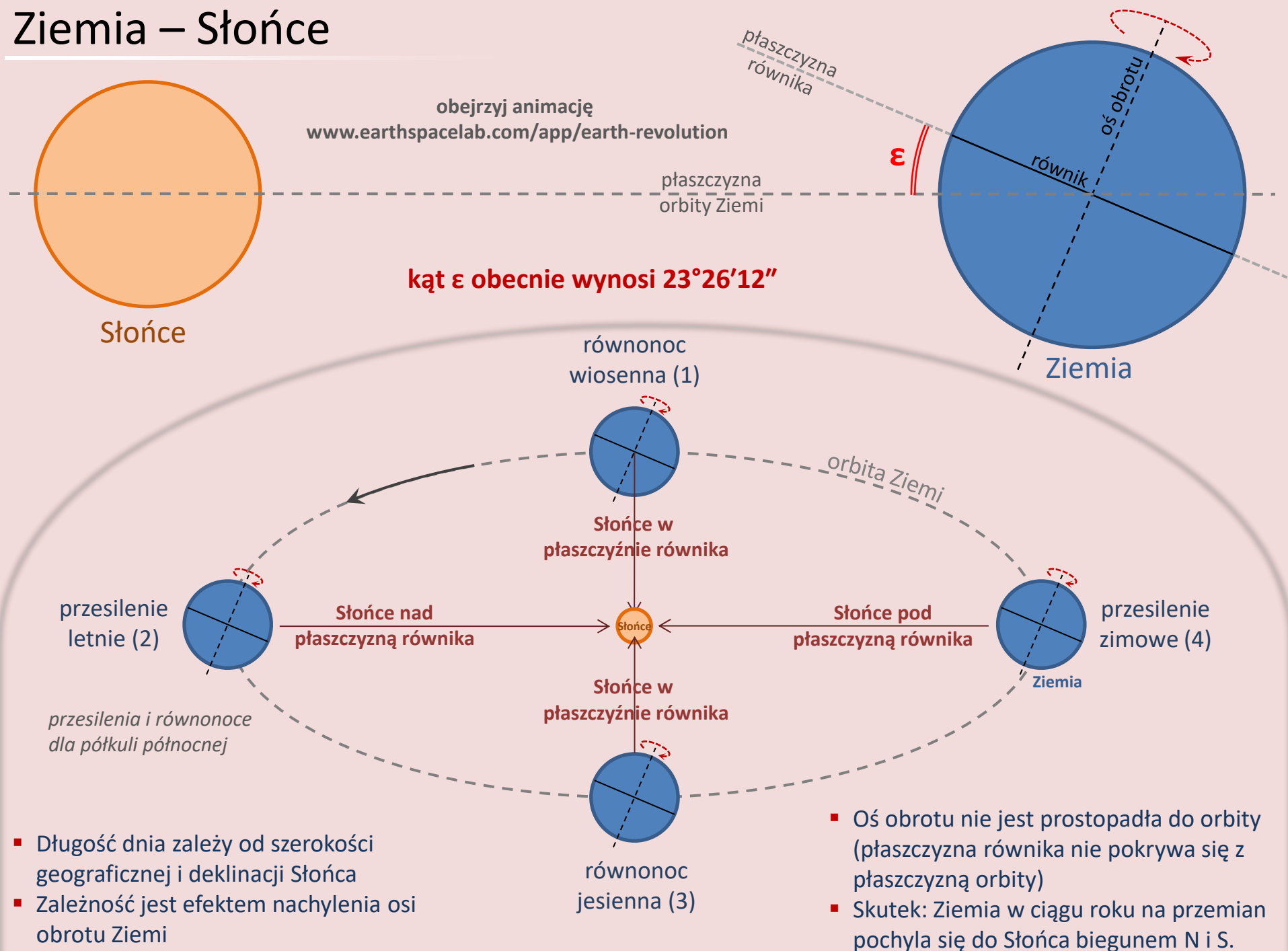
- Słońce nad równikiem niebieskim (deklinacja dodatnia): dłuższy łuk nad horyzontem, dzień dłuższy niż 12h, górowanie na wyższej wysokości (S1)
- Słońce na równiku niebieskim (deklinacja zerowa): dzień trwa 12h(\*) (S2)
- Słońce pod równikiem niebieskim (deklinacja ujemna): krótszy łuk nad horyzontem, dzień krótszy niż 12h, górowanie na niższej wysokości (S3)

(\*) – pominięta refrakcja i rozmiar kątowy Słońca

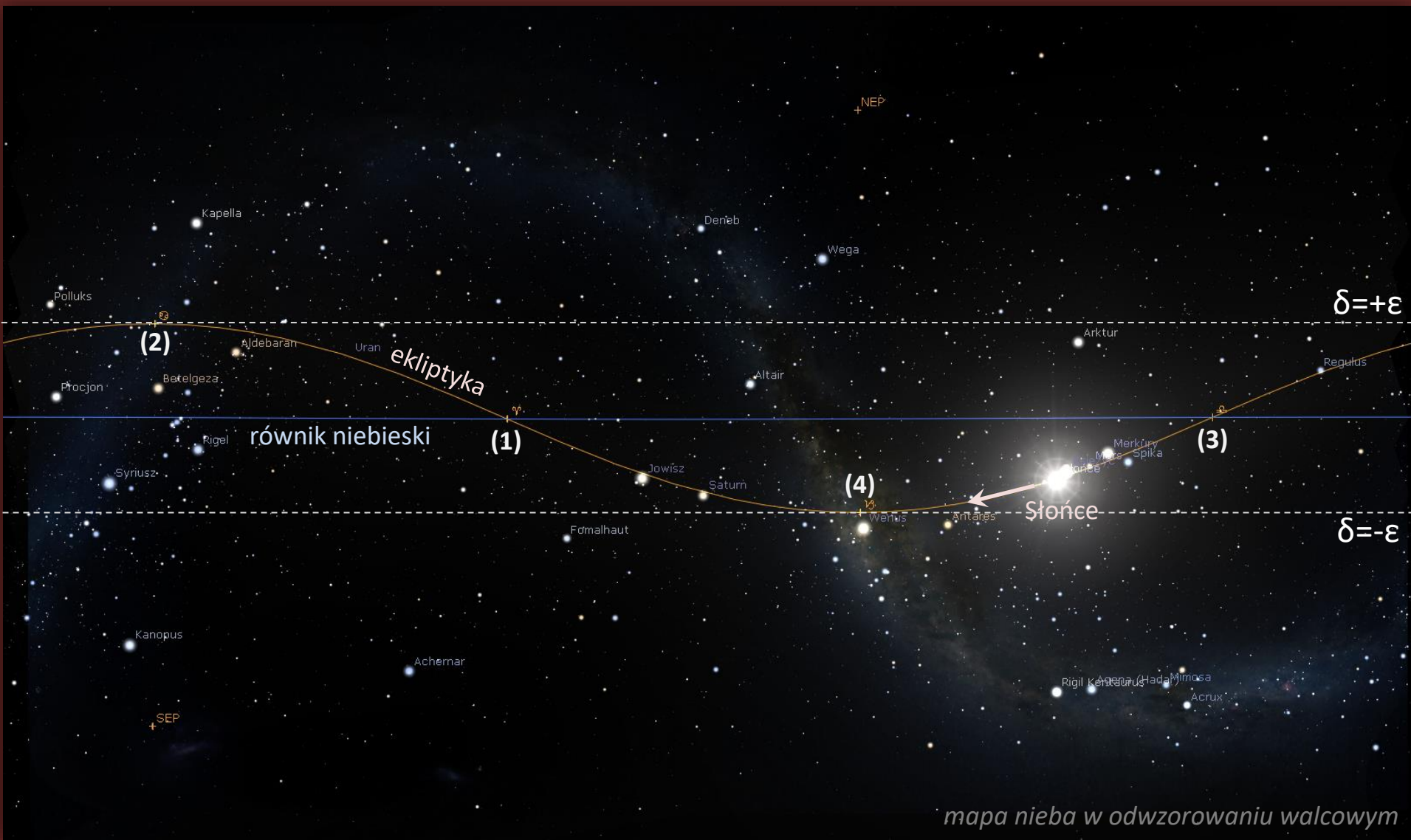
widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

obejrzyj animację: [www.earthspacelab.com/app/solar-time](http://www.earthspacelab.com/app/solar-time)

# Ziemia – Słońce



# Ziemia – Słońce



**ekliptyka** – rzut orbity Ziemi na sferę niebieską, tor zakresłany przez Słońce na niebie w ciągu roku (dla obserwatora na Ziemi)

Deklinacja Słońca w ciągu roku zmienia się w przedziale  $\langle -\varepsilon, +\varepsilon \rangle$

# Ziemia – Słońce

Współrzędne równikowe  
równonocne ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) Słońca dostępne  
są w np.:

- Almanach astronomiczny  
(T.Ścieżor)

[www.urania.edu.pl/pliki/almanach/2025/Almanach\\_2025.pdf](http://www.urania.edu.pl/pliki/almanach/2025/Almanach_2025.pdf) →

- Stellarium

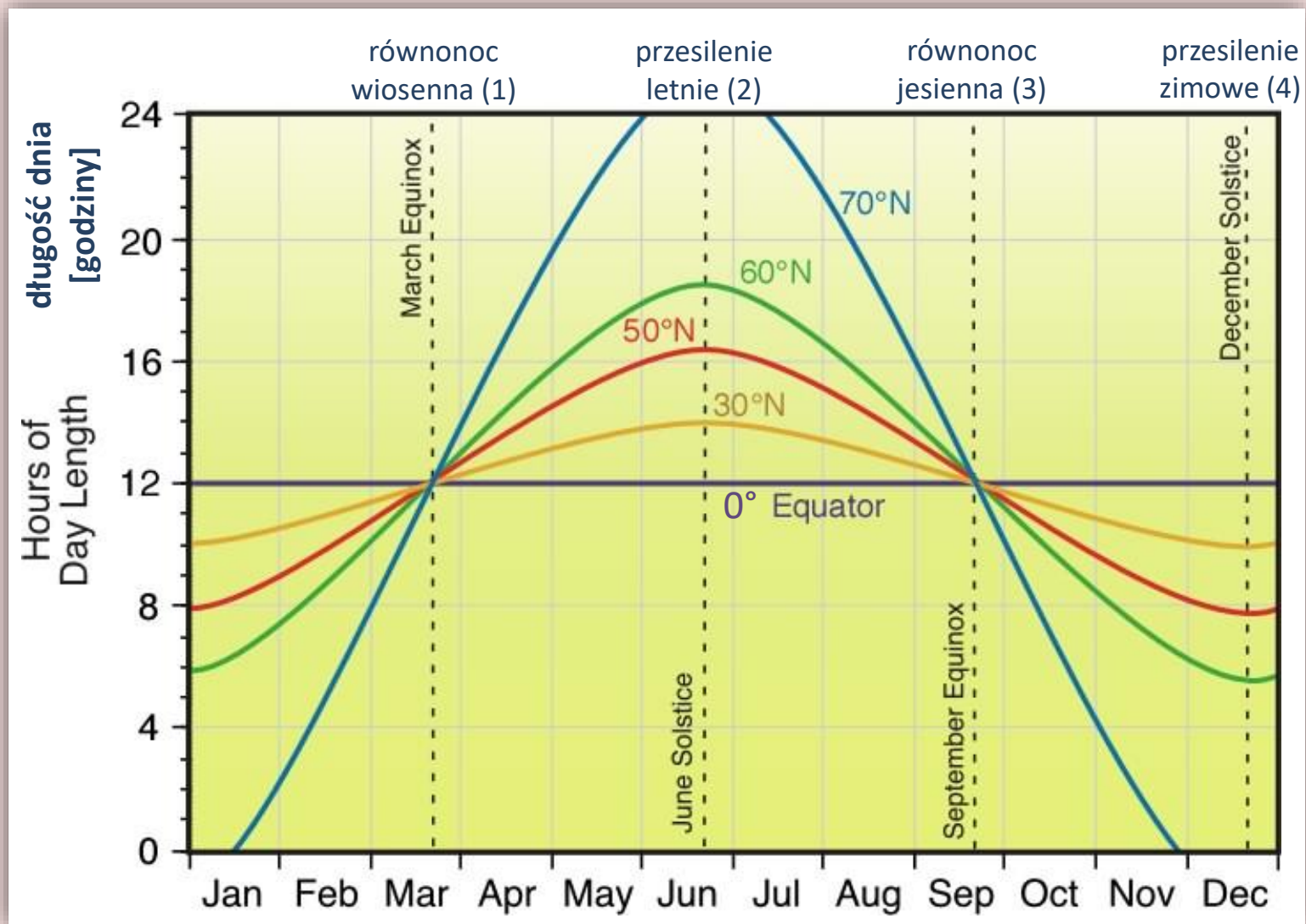
Jak wyznaczyć wysokość górowania i  
Słońca i długość dnia dla danej daty?

Tak samo, jak dla innych obiektów.

Patrz wykład „sfera niebieska”.

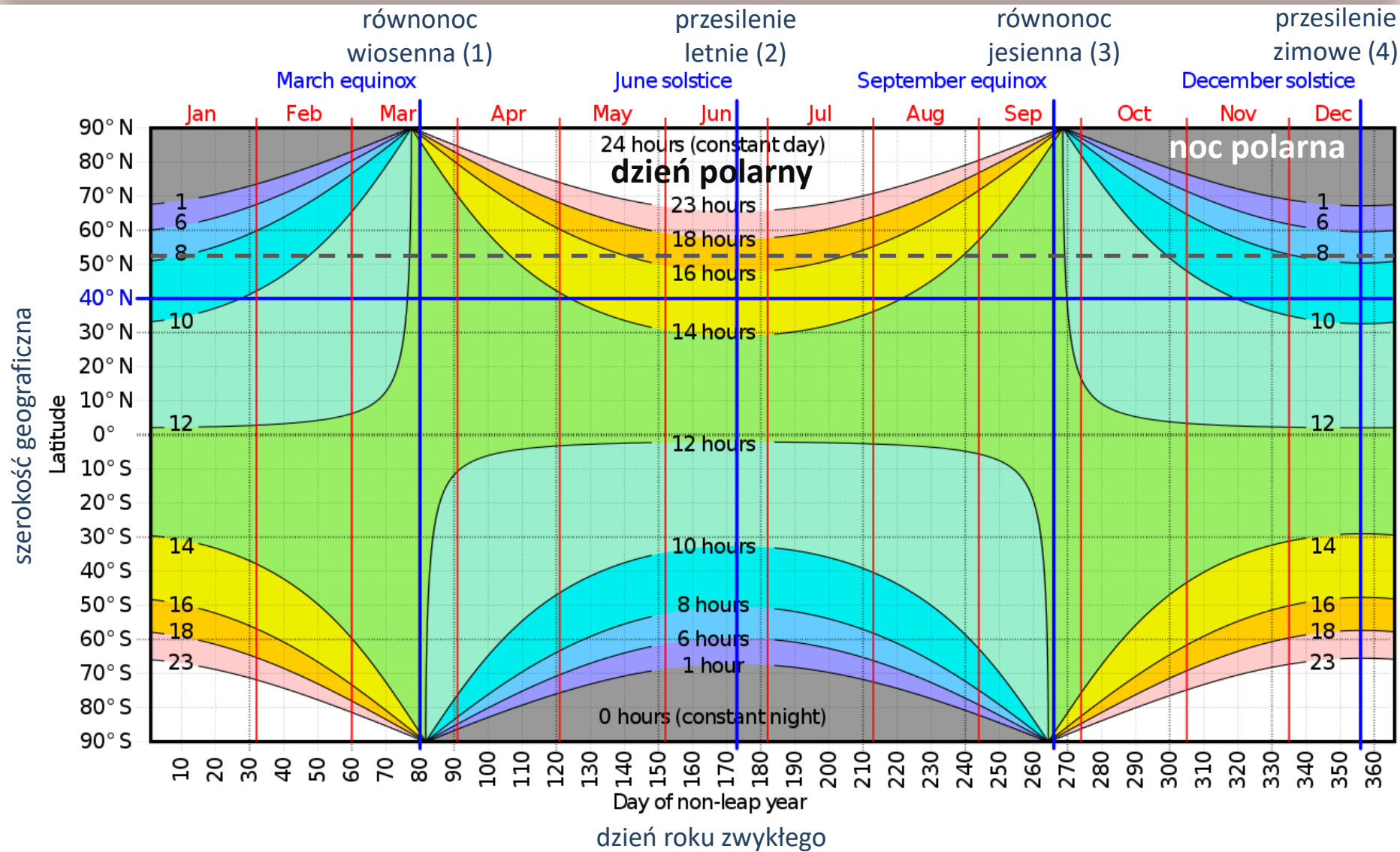
| SŁOŃCE        |      |             |              |                   |          |              |        |          |
|---------------|------|-------------|--------------|-------------------|----------|--------------|--------|----------|
| d             | JD   | Wsch.       | Zach.        | A                 | $\alpha$ | $\delta$     | $\eta$ | $\theta$ |
|               |      | $\lambda=0$ | $\varphi=50$ | 0 <sup>h</sup> UT |          |              |        |          |
| GRUDZIEŃ 2021 |      |             |              |                   |          |              |        |          |
|               | 2459 | h m         | h m          | $\pm^\circ$       | h m s    | $^\circ$ ' " | m s    | h m s    |
| 1             | 550  | 7 37        | 16 01        | 56                | 16 29 11 | -21 47.8     | 11 07  | 4 40 18  |
| 2             | 551  | 7 38        | 16 00        | 55                | 16 33 30 | -21 57.0     | 10 44  | 4 44 15  |
| 3             | 552  | 7 39        | 16 00        | 55                | 16 37 50 | -22 05.7     | 10 21  | 4 48 11  |
| 4             | 553  | 7 41        | 16 00        | 55                | 16 42 10 | -22 14.0     | 9 57   | 4 52 08  |
| 5             | 554  | 7 42        | 15 59        | 55                | 16 46 31 | -22 21.8     | 9 32   | 4 56 04  |
| 6             | 555  | 7 43        | 15 59        | 55                | 16 50 53 | -22 29.2     | 9 07   | 5 00 01  |
| 7             | 556  | 7 44        | 15 59        | 54                | 16 55 15 | -22 36.2     | 8 41   | 5 03 58  |
| 8             | 557  | 7 45        | 15 58        | 54                | 16 59 38 | -22 42.8     | 8 15   | 5 07 54  |
| 9             | 558  | 7 46        | 15 58        | 54                | 17 04 01 | -22 48.8     | 7 49   | 5 11 51  |
| 10            | 559  | 7 47        | 15 58        | 54                | 17 08 24 | -22 54.5     | 7 22   | 5 15 47  |
| 11            | 560  | 7 48        | 15 58        | 54                | 17 12 48 | -22 59.7     | 6 55   | 5 19 44  |
| 12            | 561  | 7 49        | 15 58        | 54                | 17 17 13 | -23 04.4     | 6 27   | 5 23 40  |
| 13            | 562  | 7 50        | 15 58        | 53                | 17 21 37 | -23 08.7     | 5 59   | 5 27 37  |
| 14            | 563  | 7 51        | 15 58        | 53                | 17 26 02 | -23 12.5     | 5 30   | 5 31 33  |
| 15            | 564  | 7 52        | 15 58        | 53                | 17 30 27 | -23 15.8     | 5 02   | 5 35 30  |
| 16            | 565  | 7 53        | 15 59        | 53                | 17 34 53 | -23 18.7     | 4 33   | 5 39 27  |
| 17            | 566  | 7 53        | 15 59        | 53                | 17 39 18 | -23 21.1     | 4 04   | 5 43 23  |
| 18            | 567  | 7 54        | 15 59        | 53                | 17 43 44 | -23 23.1     | 3 35   | 5 47 20  |
| 19            | 568  | 7 55        | 15 59        | 53                | 17 48 10 | -23 24.6     | 3 05   | 5 51 16  |
| 20            | 569  | 7 55        | 16 00        | 53                | 17 52 36 | -23 25.6     | 2 35   | 5 55 13  |
| 21            | 570  | 7 56        | 16 00        | 53                | 17 57 03 | -23 26.1     | 2 06   | 5 59 09  |
| 22            | 571  | 7 56        | 16 01        | 53                | 18 01 29 | -23 26.2     | 1 36   | 6 03 06  |
| 23            | 572  | 7 57        | 16 01        | 53                | 18 05 55 | -23 25.8     | 1 06   | 6 07 02  |
| 24            | 573  | 7 57        | 16 02        | 53                | 18 10 22 | -23 25.0     | 0 37   | 6 10 59  |
| 25            | 574  | 7 58        | 16 03        | 53                | 18 14 48 | -23 23.6     | 0 07   | 6 14 56  |
| 26            | 575  | 7 58        | 16 03        | 53                | 18 19 14 | -23 21.8     | - 0 23 | 6 18 52  |
| 27            | 576  | 7 58        | 16 04        | 53                | 18 23 40 | -23 19.6     | - 0 52 | 6 22 49  |
| 28            | 577  | 7 58        | 16 05        | 53                | 18 28 06 | -23 16.8     | - 1 22 | 6 26 45  |
| 29            | 578  | 7 58        | 16 06        | 53                | 18 32 32 | -23 13.0     | - 1 51 | 6 30 42  |

# Ziemia – Słońce



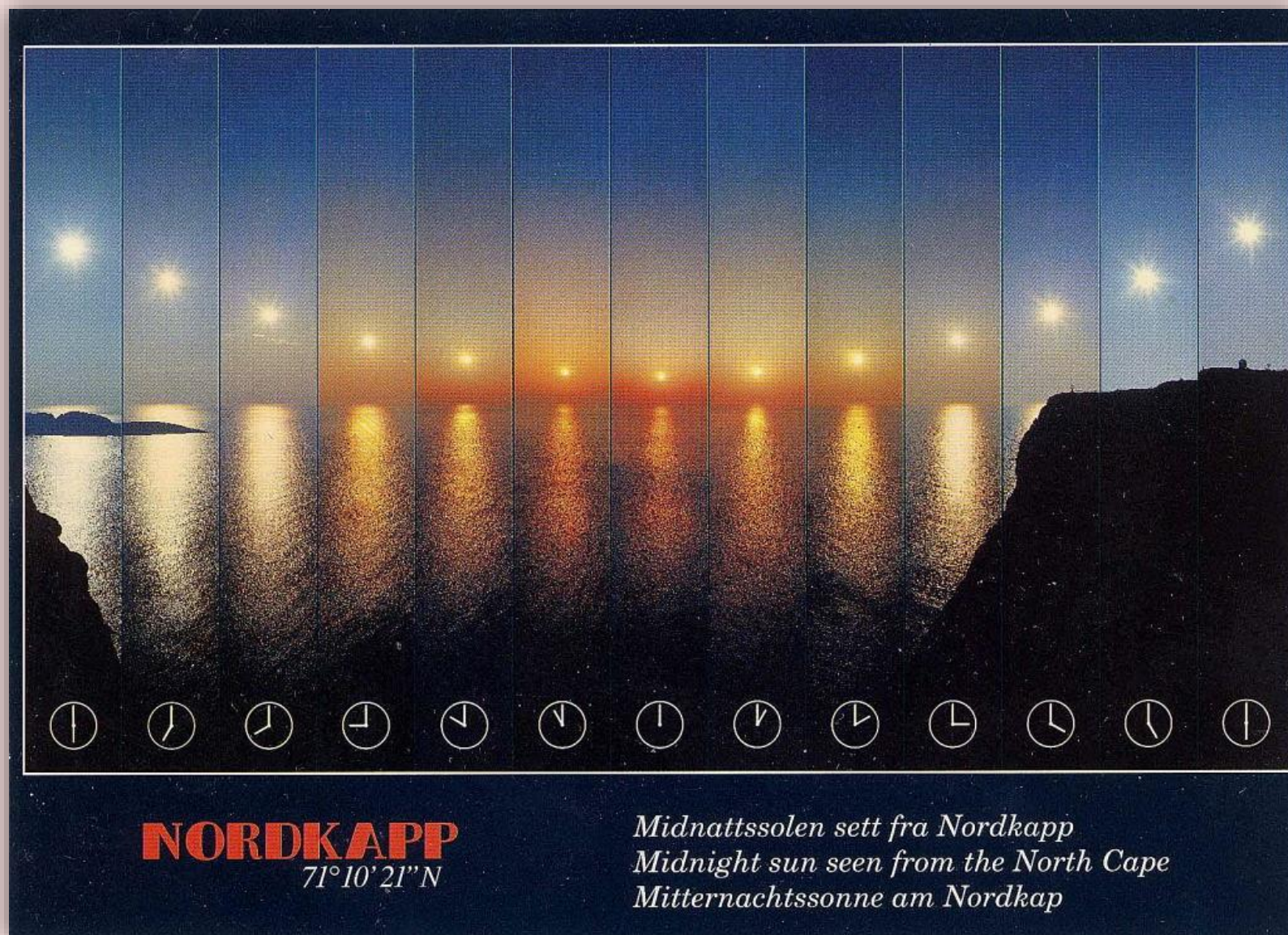
*Zmiany długości dnia dla szer. geograficznych 0°, 30°, 50°, 60° i 70° N*

# Ziemia – Słońce



Mapa długości dnia dla całego roku i wszystkich szer. geograficznych (z refrakcją i rozmiarem kątowym Słońca)

# Ziemia – Słońce

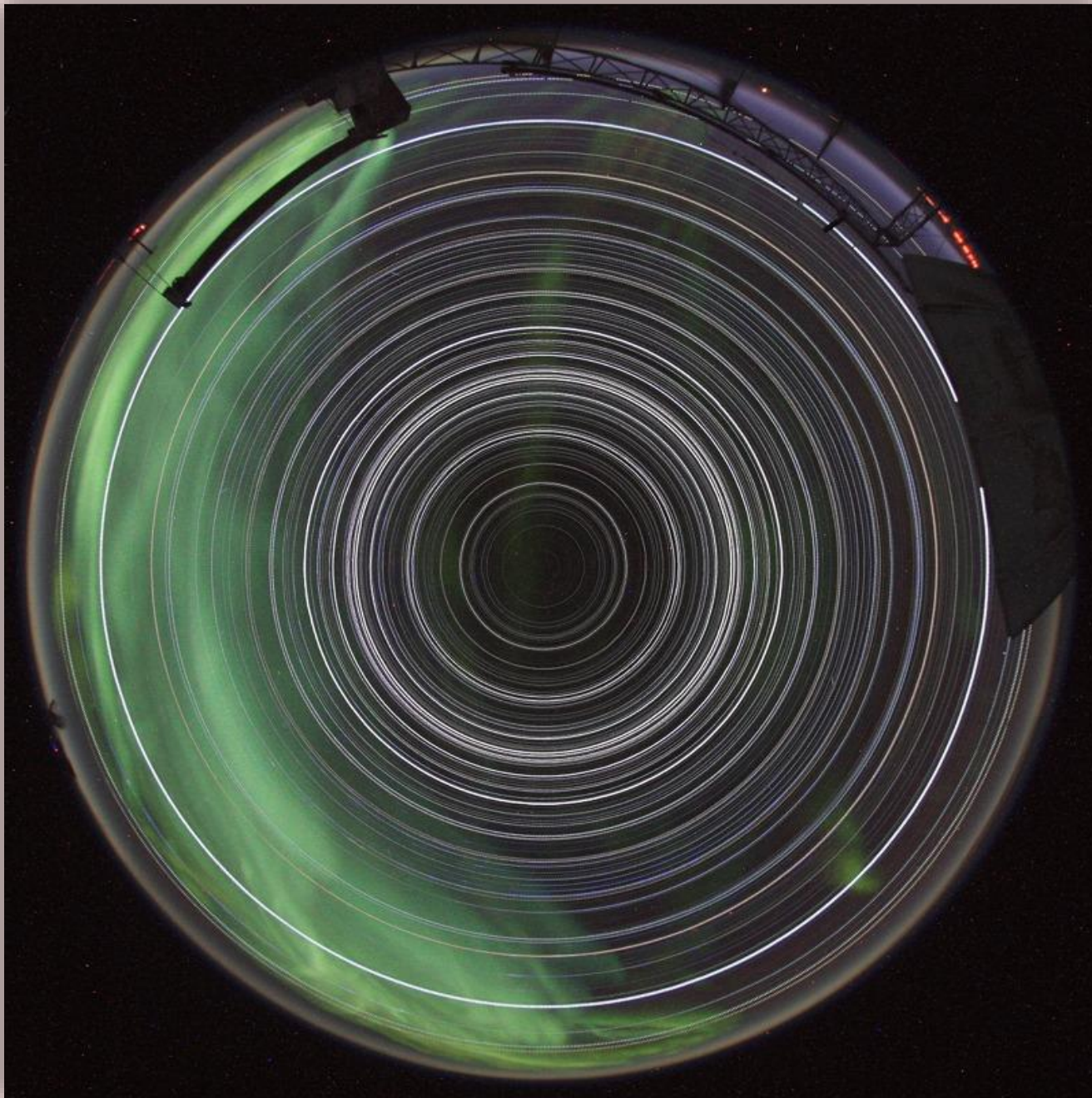


**NORDKAPP**  
71° 10' 21" N

*Midnattssolen sett fra Nordkapp*  
*Midnight sun seen from the North Cape*  
*Mitternachtssonne am Nordkap*

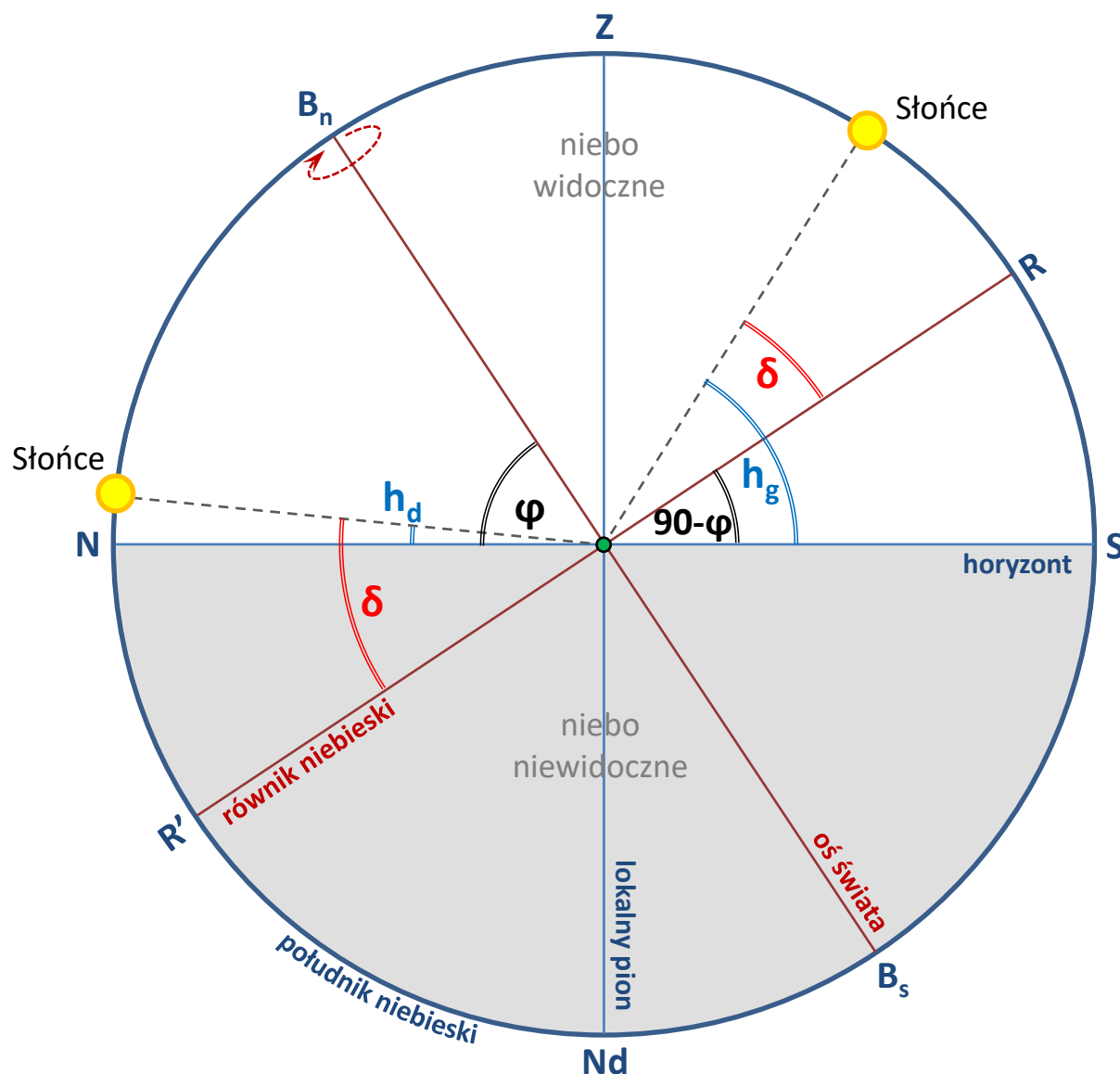
*Dołowanie Słońca na Nordkap w czasie dnia polarnego*

# Ziemia – Słońce



*Noc polarna na biegunie  
południowym (czas  
ekspozycji zdjęcia: 1 doba)*

# Ziemia – Słońce



## Warunek wystąpienia dnia polarnego

wysokość dołowania Słońca

- $h_d > 0^\circ$  (bez ref. i rozm. kątownego)
  - $h_d > -51'$  (z ref. i rozm. kątownym)
- gdzie  $h_d = \varphi - 90^\circ + \delta$

## Warunek wystąpienia nocy polarnej

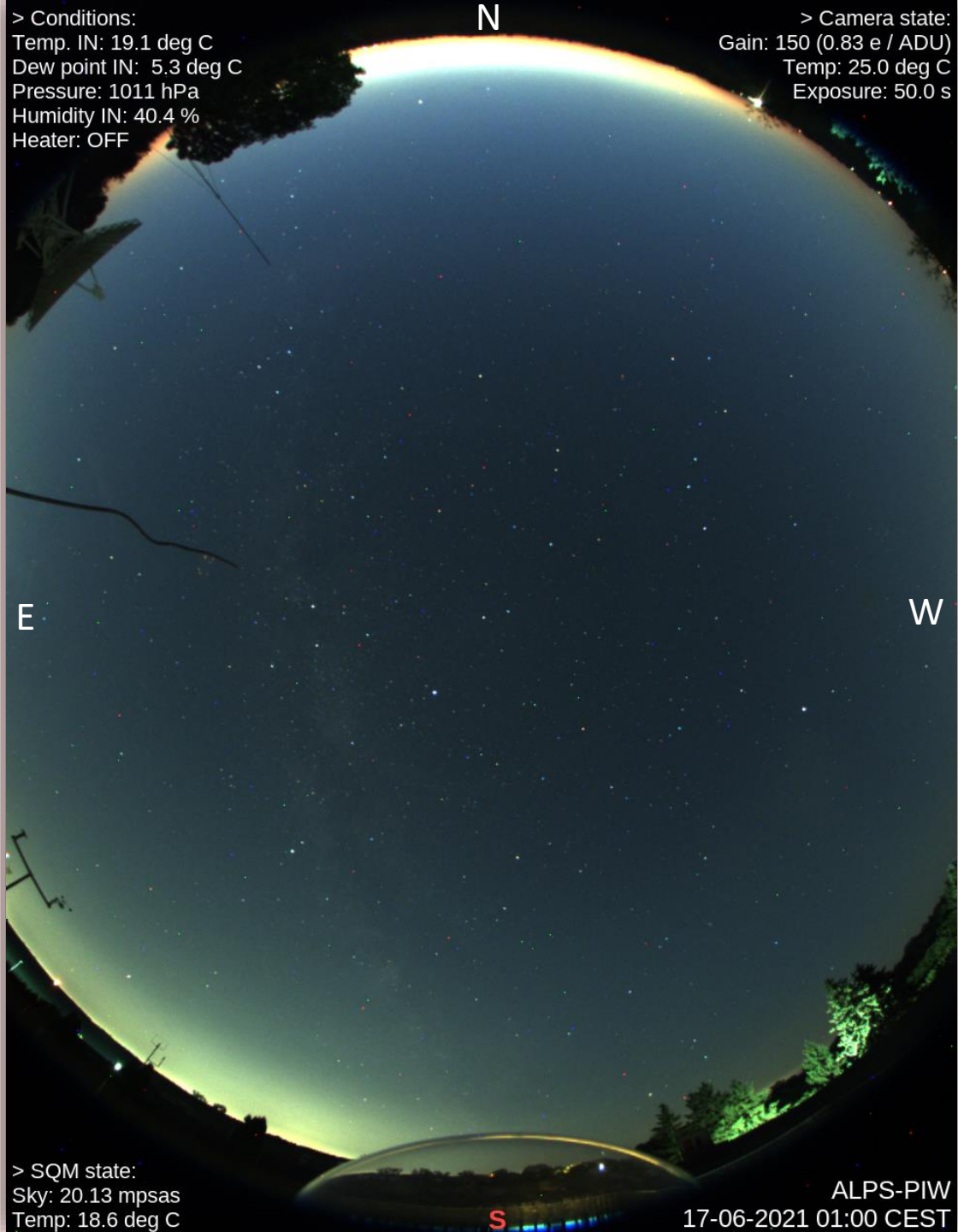
wysokość górowania Słońca

- $h_g < 0^\circ$  (bez ref. i rozm. kątownego)
  - $h_g < -51'$  (z ref. i rozm. kątownym)
- gdzie  $h_g = 90^\circ - \varphi + \delta$

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

# Ziemia – Słońce

A jeśli Słońce w momencie dołowania  
nie schodzi niżej pod horyzont niż w  
czasie zmierzchu/świtu?



# Ziemia – Słońce

A jeśli Słońce w momencie dołowania nie schodzi niżej pod horyzont niż w czasie zmierzchu/świtu?

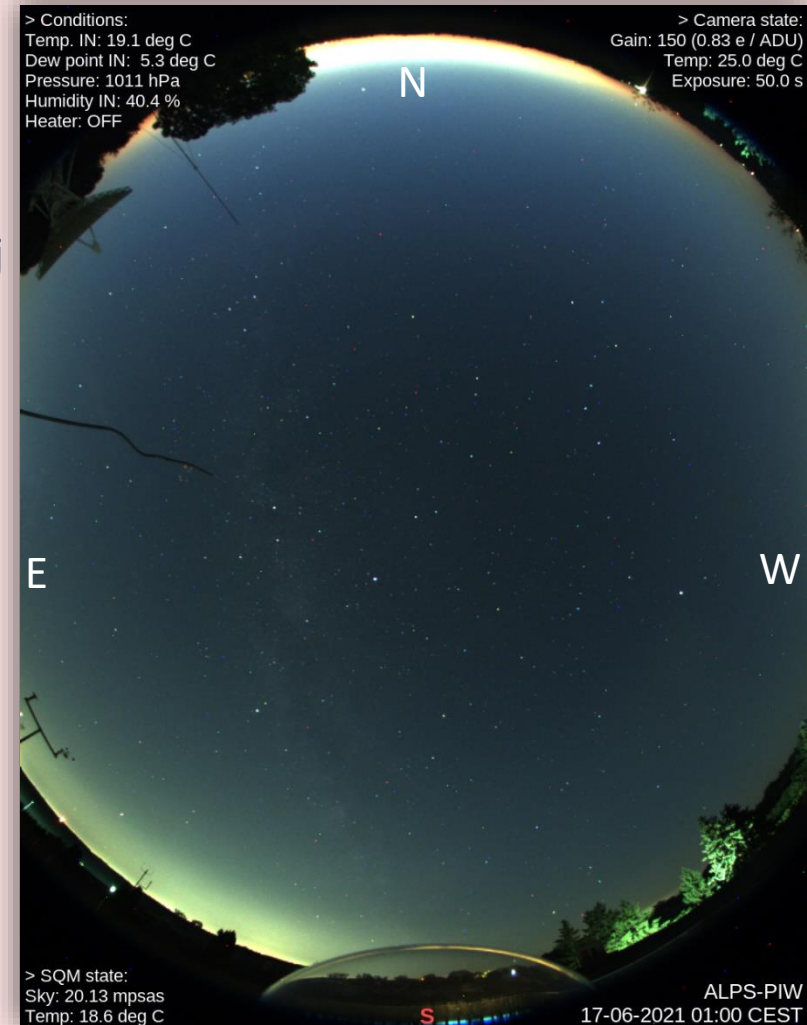
Mamy wtedy do czynienia z brakiem nocy astronomicznej. Występują za to:

- białe noce cywilne:  $-6^\circ < h_d < 0^\circ$  ( $-51'$ )
- białe noce żeglarskie:  $-12^\circ < h_d < 0^\circ$  ( $-51'$ )
- białe noce astronomiczne:  $-18^\circ < h_d < 0^\circ$  ( $-51'$ )

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

W nawiasie podany jest warunek na wysokość dołowania Słońca w przypadku uwzględniania jego rozmiaru kąowego i refrakcji.

Które z nich występują w Polsce i kiedy? (ćwiczenia)



*Biała noc astronomiczna w OA w Piwnicach – niebo nad północnym horyzontem jest w środku nocy wyraźnie jasne, jak w czasie zmierzchu/świtu*

*zobacz: [youtu.be/B3L3QGpDW0M?feature=shared&t=747](https://youtu.be/B3L3QGpDW0M?feature=shared&t=747)*

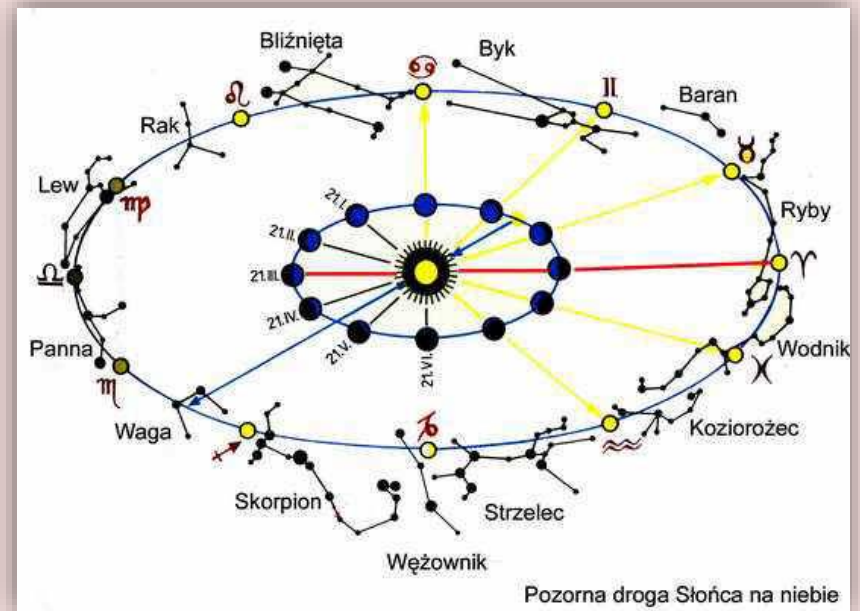
## Ziemia – Słońce

ekliptyka przechodzi przez 13 gwiazdozbiorów („ekliptycznych”) jednak znaków zodiaku jest 12

# Ziemia – Słońce

**Znak zodiaku** – odcinek ekliptyki o ustalonym położeniu i długości  $30^\circ$ , np. Baran  $\lambda=0^\circ-30^\circ$ , Byk  $\lambda=30^\circ-60^\circ$ , itd.

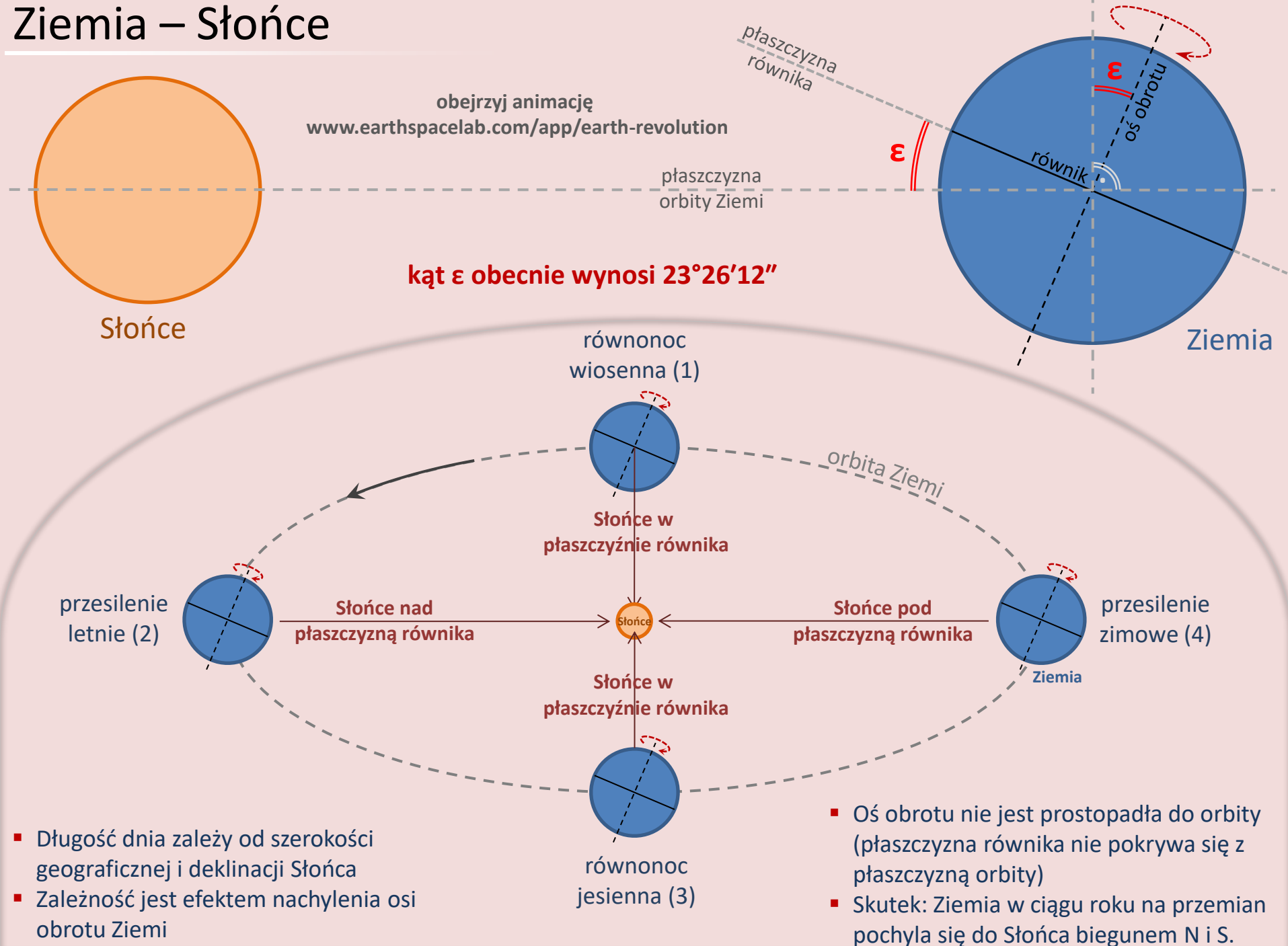
Znaki zodiaku nie pokrywają się obecnie z odpowiednimi gwiazdozbiorami na skutek precesji. Ponadto gwiazdozbiory „ekliptyczne” zajmują różny rozmiar na niebie, więc w ich obszarze przypadają różnej długości odcinki ekliptyki.



| gwiazdozbiór<br>„ekliptyczny”... | ...i czas, kiedy Słońce widoczne jest na jego tle | daty dla znaków zodiaku          |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|
| Baran                            | 19. kwietnia – 14. maja                           | 21. marca – 19. kwietnia         |
| Byk                              | 15. maja – 21. czerwca                            | 20. kwietnia – 20. maja          |
| Bliźnięta                        | 22. czerwca – 20. lipca                           | 21. maja – 21. czerwca           |
| Rak                              | 21. lipca – 10. sierpnia                          | 22. czerwca – 22. lipca          |
| Lew                              | 11. sierpnia – 16. września                       | 23. lipca – 22. sierpnia         |
| Panna                            | 17. września – 30 października                    | 23. sierpnia – 22. września      |
| Waga                             | 31 października – 22. listopada                   | 23. września – 22. października  |
| Skorpion                         | 23. listopada – 29. listopada                     | 23. października – 21. listopada |
| Wężownik                         | 30. listopada – 17. grudnia                       | ----                             |
| Strzelec                         | 18. grudnia – 19. stycznia                        | 22. listopada – 21. grudnia      |
| Koziorożec                       | 20. stycznia – 16. lutego                         | 22. grudnia – 19. stycznia       |
| Wodnik                           | 17. lutego – 12. marca                            | 20. stycznia – 18. lutego        |
| Ryby                             | 13. marca – 18. kwietnia                          | 19. lutego – 20. marca           |

# Ziemia – Słońce

obejrzyj animację  
[www.earthspacelab.com/app/earth-revolution](http://www.earthspacelab.com/app/earth-revolution)

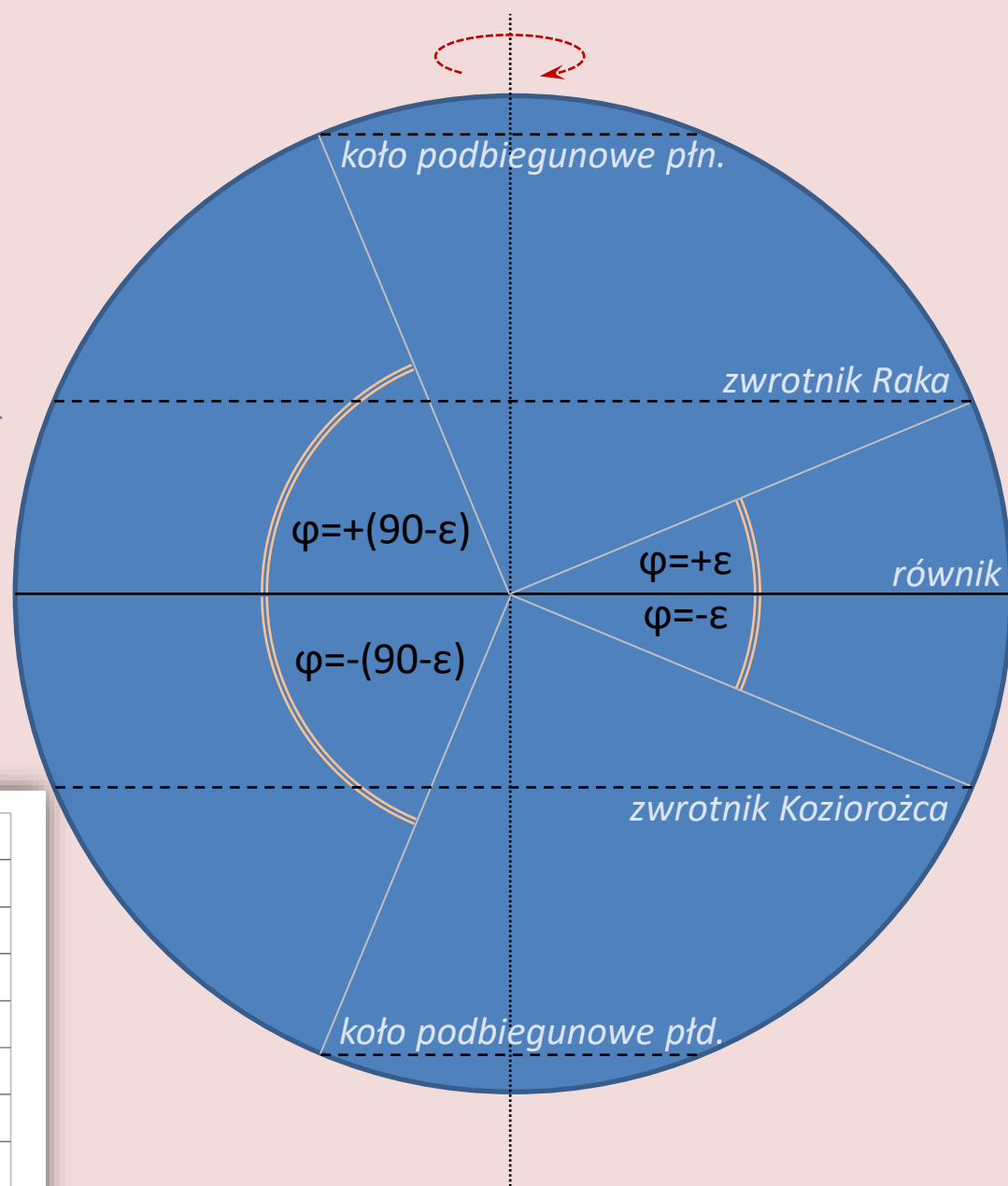


# Ziemia – Słońce

Nachylenie równika względem płaszczyzny orbity (nachylenie osi obrotu, *axial tilt*, *obliquity*) określa równoleżniki graniczne **stref oświetlania Ziemi**:

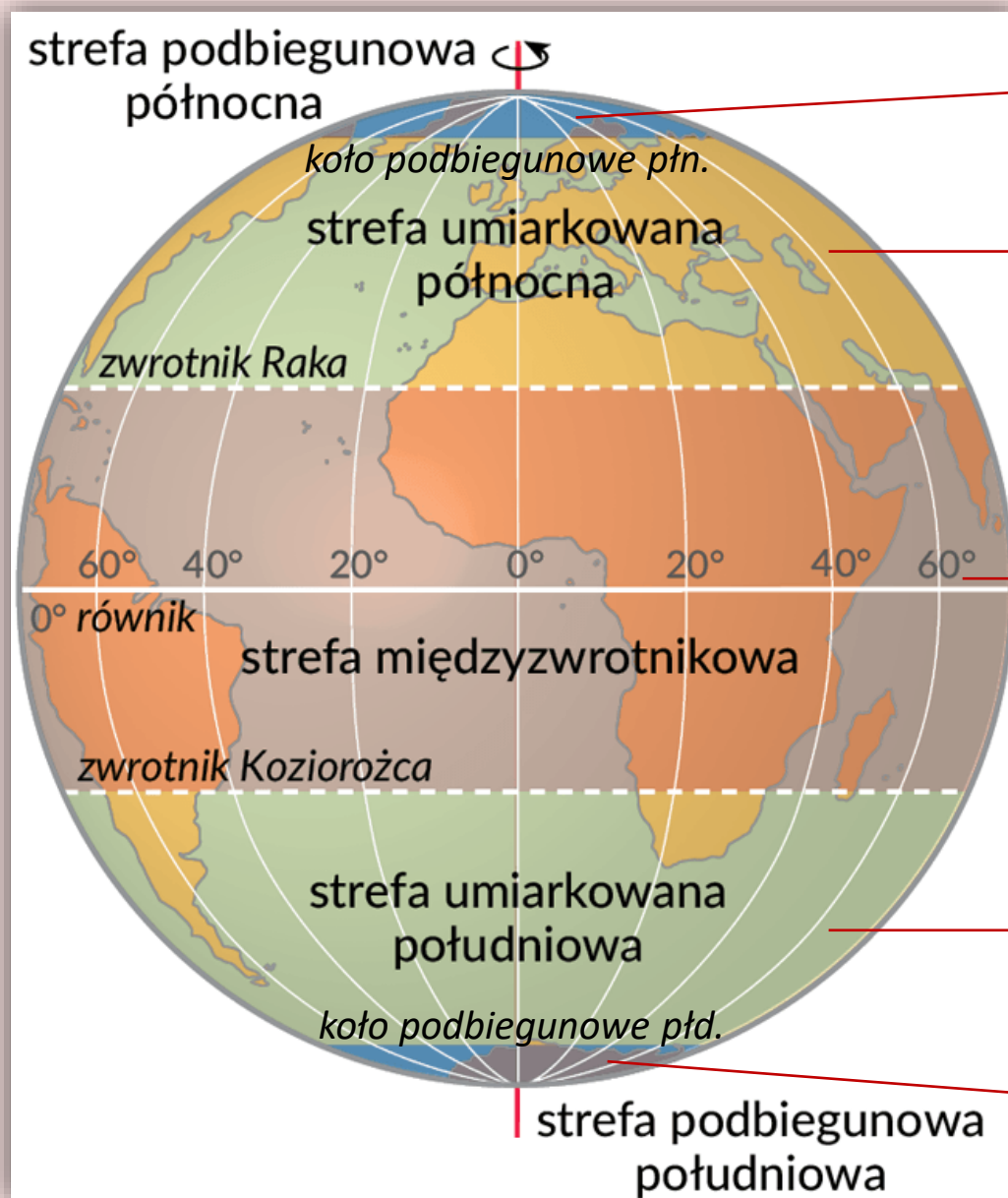
- zwrotnik Raka i Koziorożca
- koło podbiegunowe północne i południowe

Kąt  $\varepsilon$  obecnie wynosi  $23^{\circ}26'12''$ . Ulega on zmianom w zakresie  $22^{\circ}.1 - 24^{\circ}.5$  w ciągu ok. 41 tys. lat (rys. poniżej). Zmiana ta jest jednym z elementów tzw. cykliw Milankovicia, które mają wpływ na klimat.



# Ziemia – Słońce

## Strefy oświetlania Ziemi



występowanie okresów dnia i nocy polarnej

brak dnia i nocy polarnej, Słońce nigdy nie góruje w zenicie

Słońce dwa razy w roku góruje w zenicie

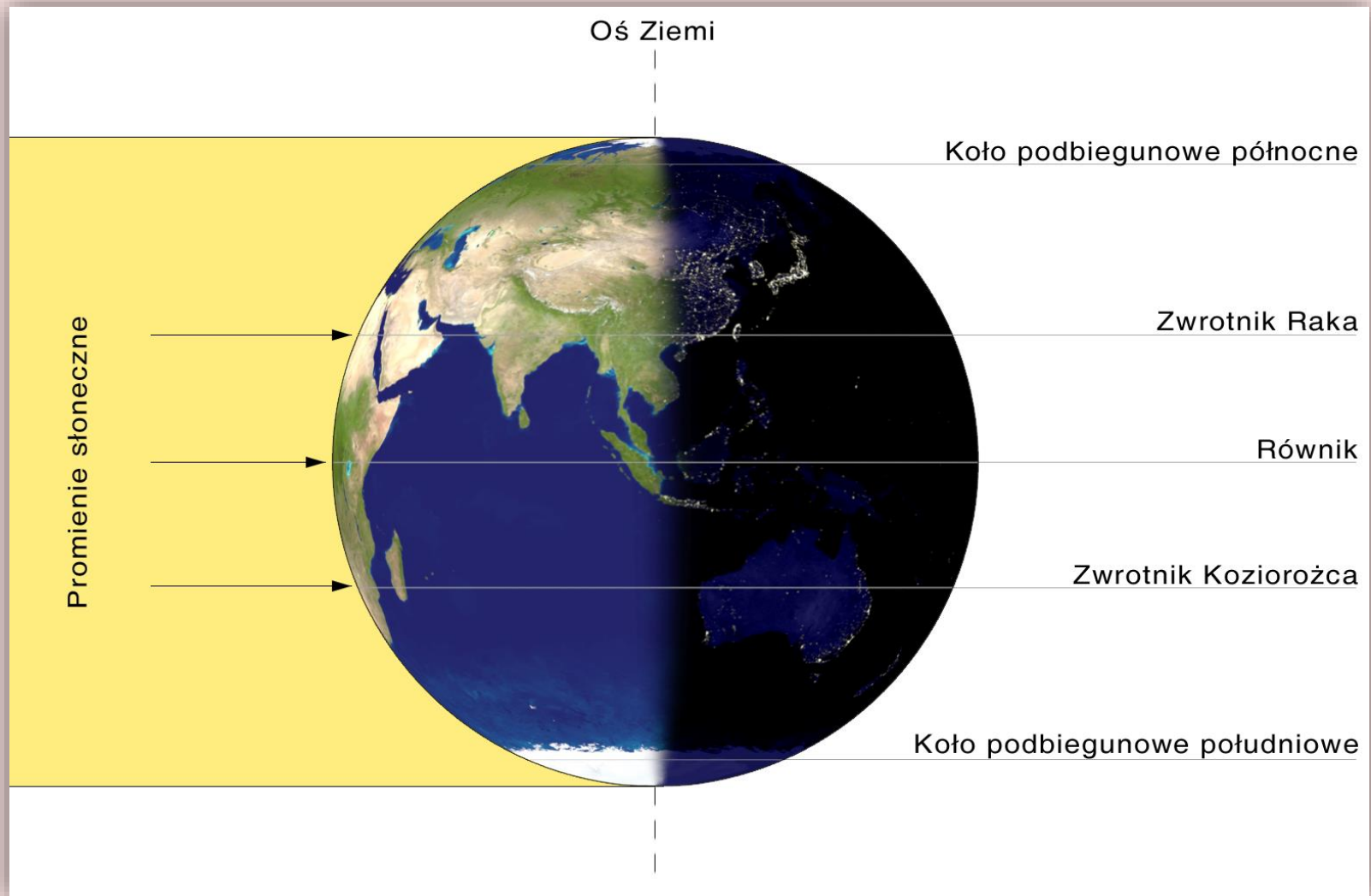
brak dnia i nocy polarnej, Słońce nigdy nie góruje w zenicie

występowanie okresów dnia i nocy polarnej

Uwaga: zasięg poszczególnych stref nie uwzględnia wpływu refrakcji i rozmiaru kąowego Słońca

# Ziemia – Słońce – Księżyc

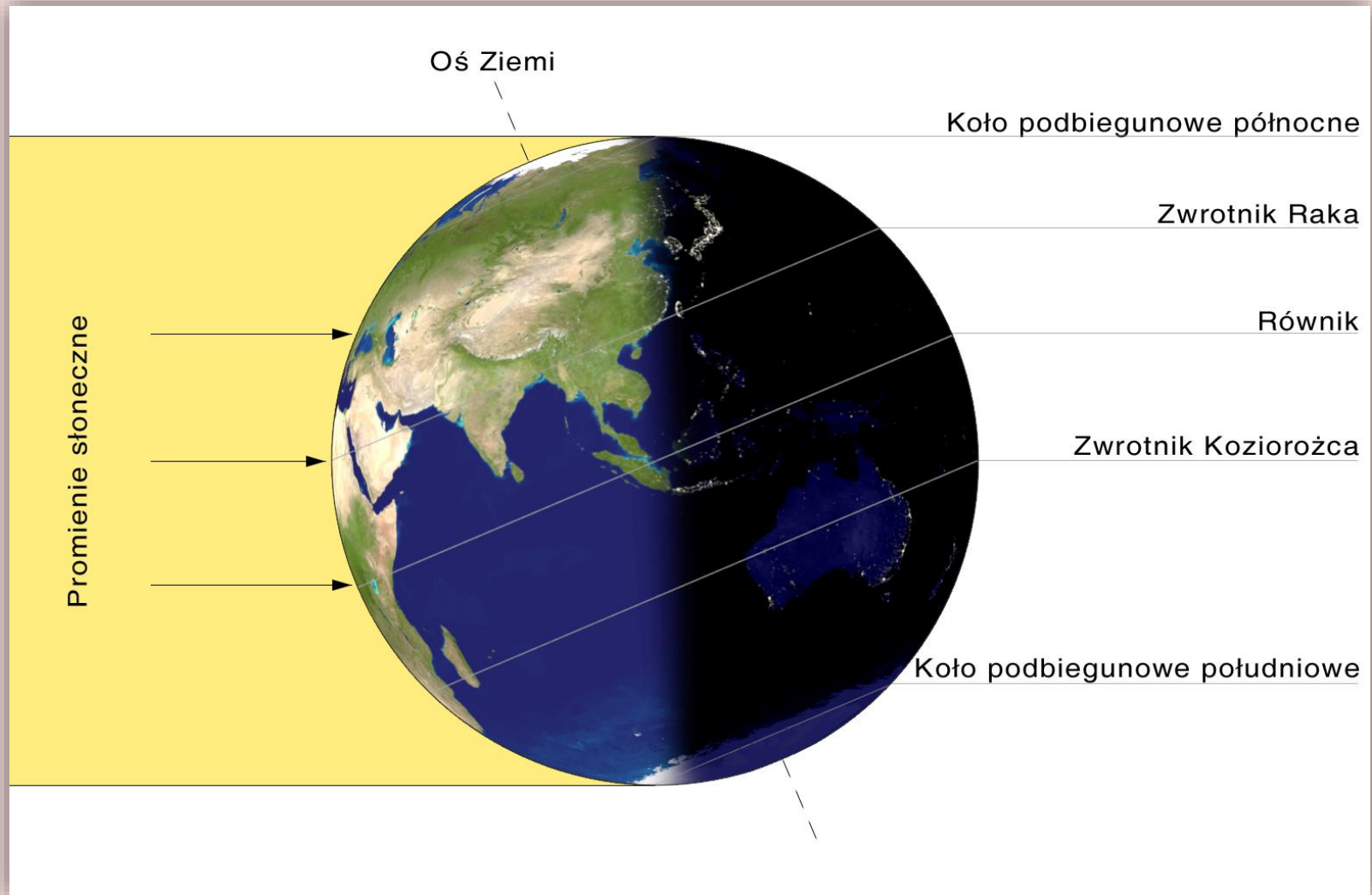
równonoc wiosenna i jesienna



- wszędzie dzień trwa 12h(\*)
- Słońce góruje w zenicie na równiku

# Ziemia – Słońce

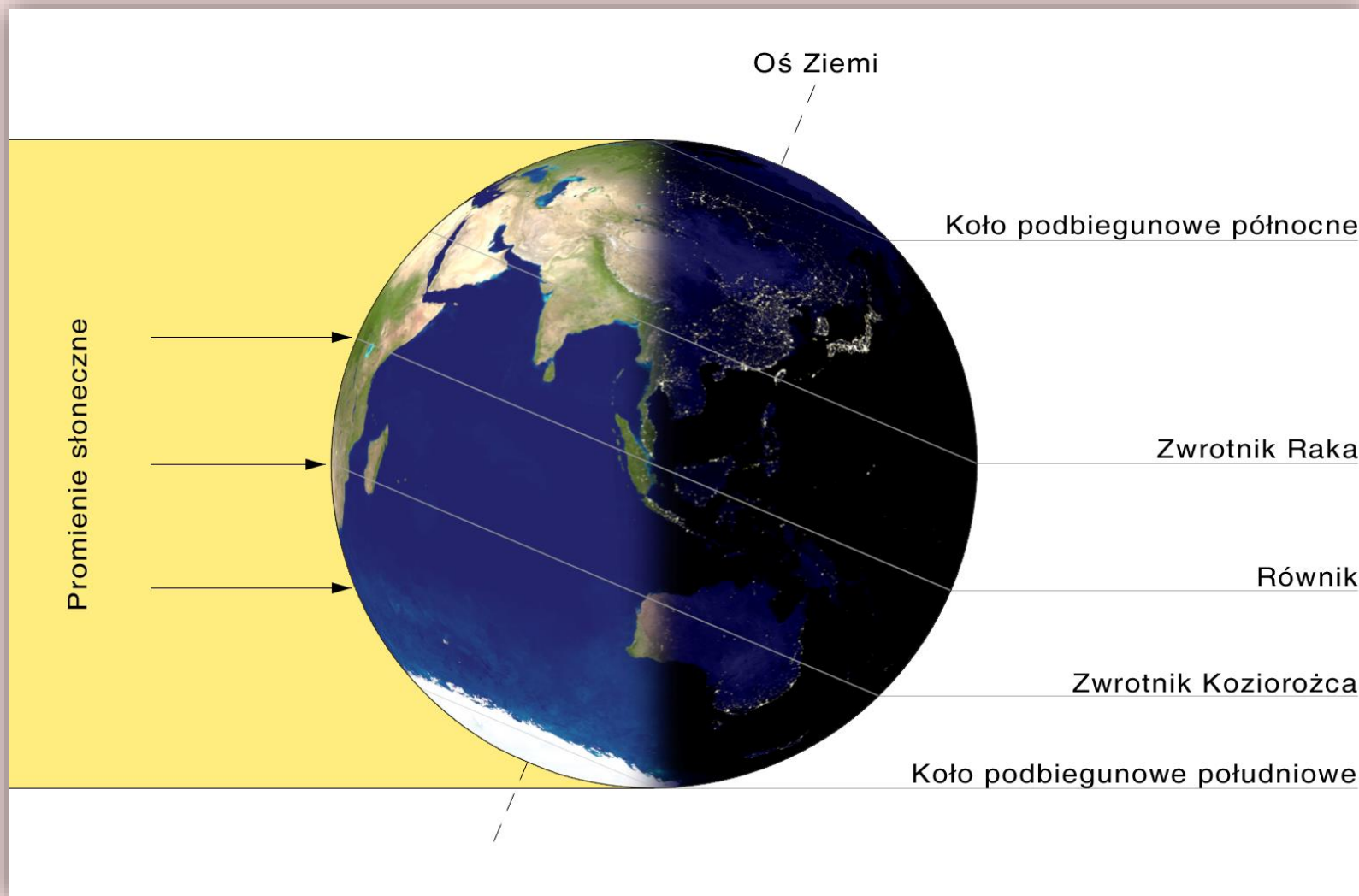
przesilenie letnie dla półkuli północnej, zimowe dla południowej



- **na półkuli N:** maksimum długości dnia, maksymalny zasięg obszaru dnia polarnego (do koła podbiegunowego płn.)
- **na półkuli S:** minimum długości dnia, maksymalny zasięg obszaru nocy polarnej (do koła podbiegunowego pld.)
- Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Raka

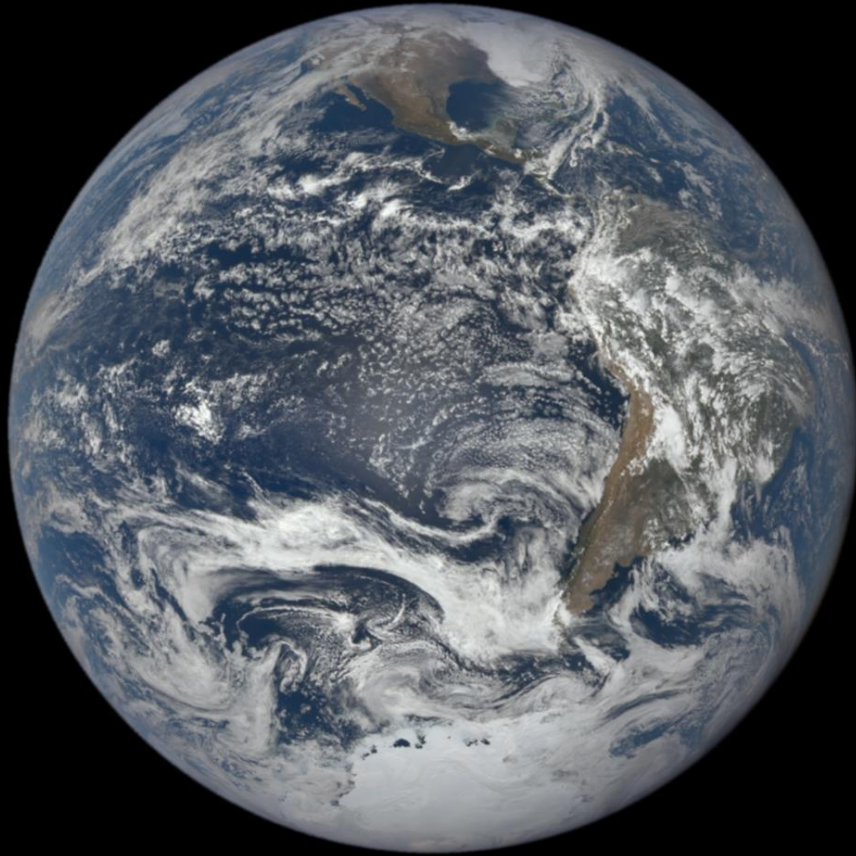
# Ziemia – Słońce

przesilenie zimowe dla półkuli północnej, letnie dla południowej

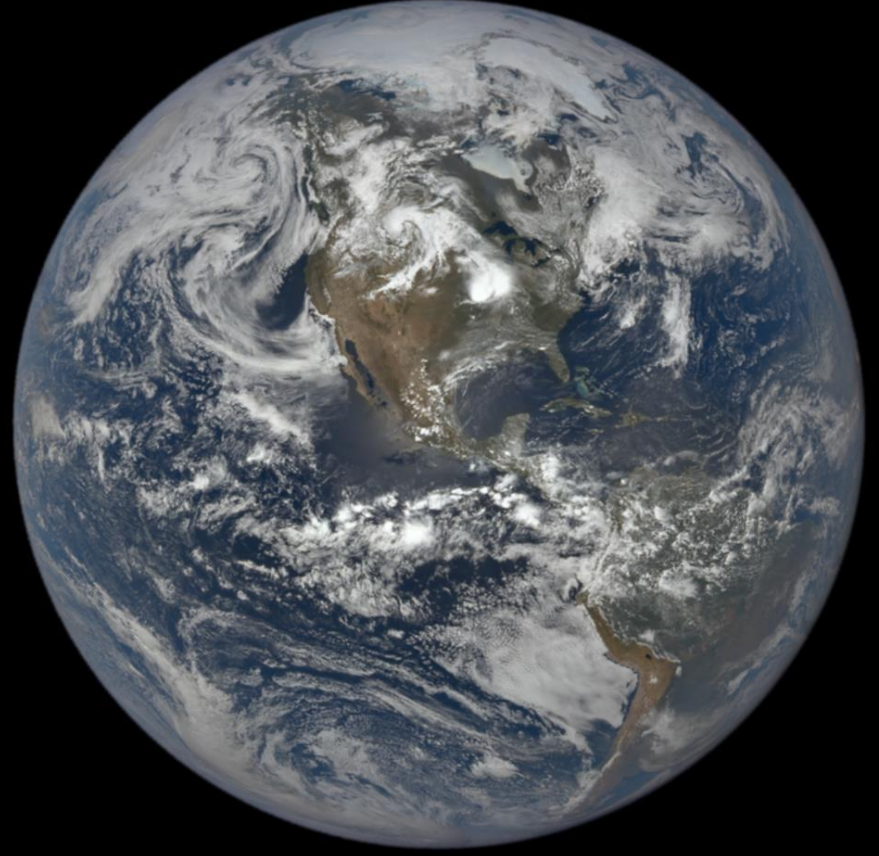


- **na półkuli S:** maksimum długości dnia, maksymalny zasięg obszaru dnia polarnego (do koła podbiegunowego pld.)
- **na półkuli N:** minimum długości dnia, maksymalny zasięg obszaru nocy polarnej (do koła podbiegunowego ptn.)
- Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca

## December



## June



Ziemia widziana od strony Słońca w czasie obu przesileń (obrazy z satelity DSCOVR)  
obejrzyj animację: [www.youtube.com/watch?v=-7j-0orCtYs](http://www.youtube.com/watch?v=-7j-0orCtYs)

# Ziemia – Słońce

Nachylenie równika względem płaszczyzny orbity (nachylenie osi obrotu, *axial tilt*, *obliquity*) określa równoleżniki graniczne **stref oświetlania Ziemi**:

- zwrotnik Raka i Koziorożca
- koło podbiegunowe północne i południowe

Jeśli kąt  $\varepsilon$  równy byłby zero, to:

- zwrotniki pokrywałyby się z równikiem, a koła podbiegunowe z biegunami,
- strefa umiarkowana obejmowałaby całą Ziemię,
- nie występowałyby pory roku,
- wszędzie na Ziemi dzień trwałby 12h przez cały rok,
- w danym miejscu Słońce górowałoby zawsze na tej samej wysokości.

Do przemyślenia: jak wyglądałyby strefy oświetlania Ziemi, gdyby kąt  $\varepsilon$  był znacznie większy niż jest, np.: 45, 60 czy 90 stopni?

