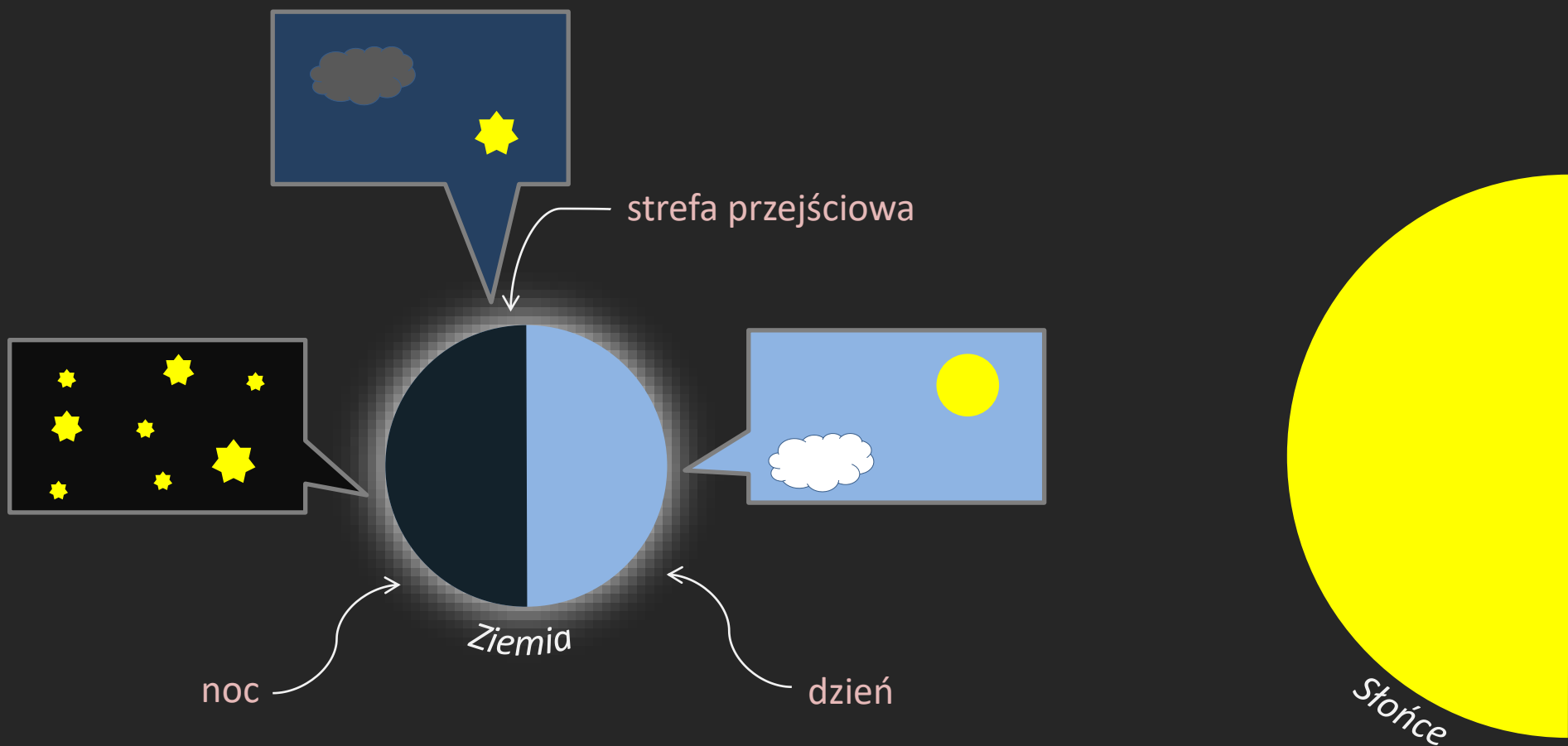




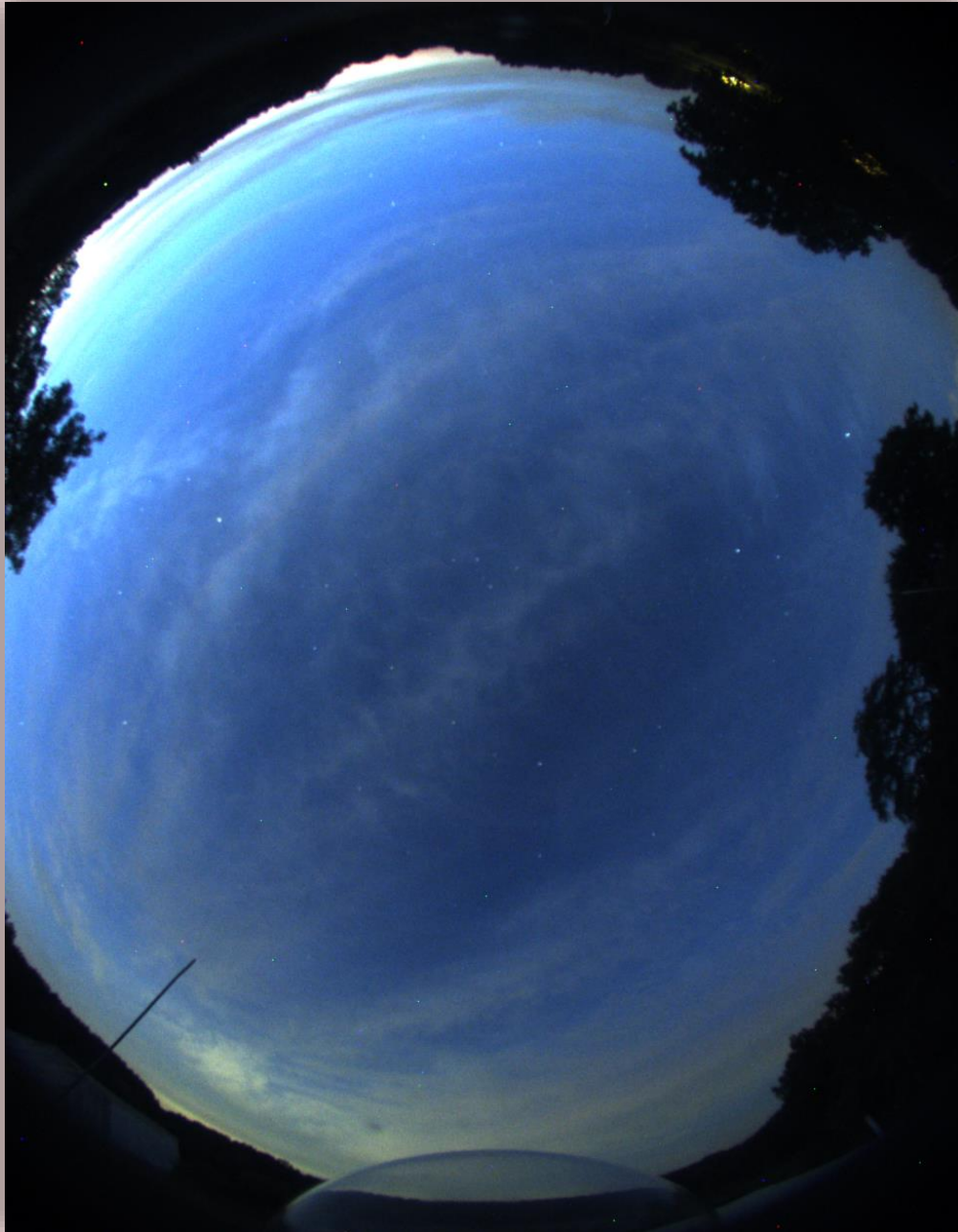
Podstawy Astronomii 1

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

światło słoneczne



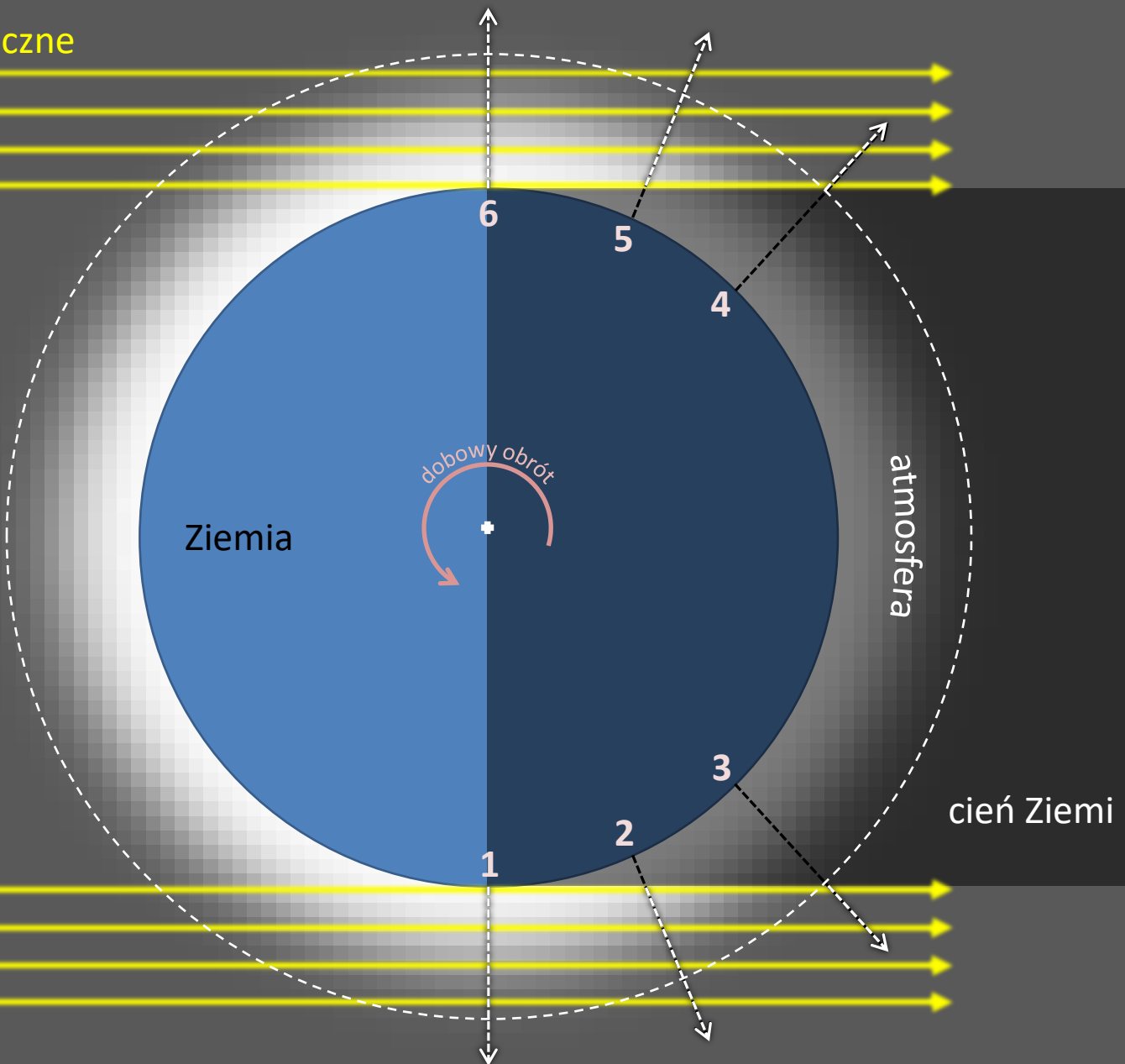
1 - zachód Słońca

2 - zmierzch

3, 4 - noc

5 - świt

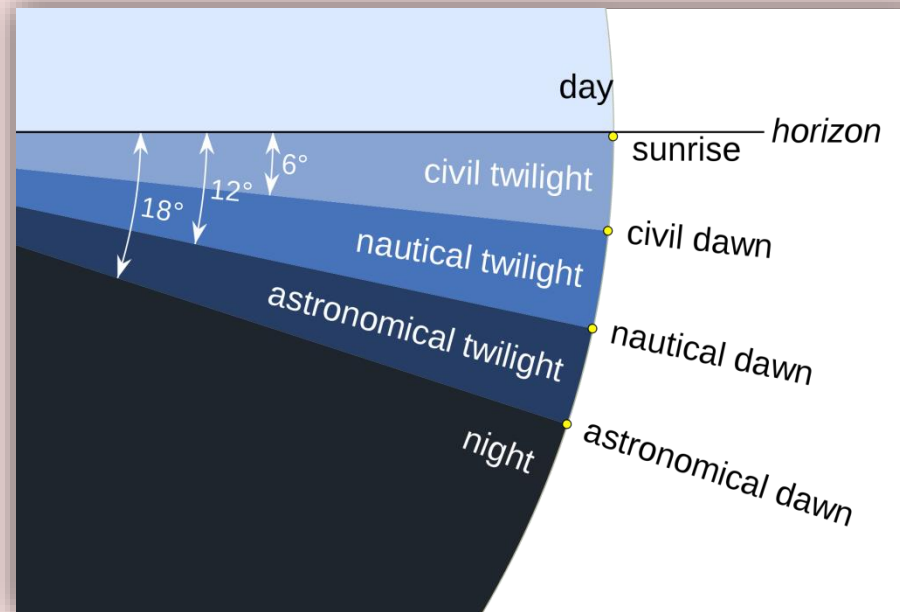
6 - wschód Słońca



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

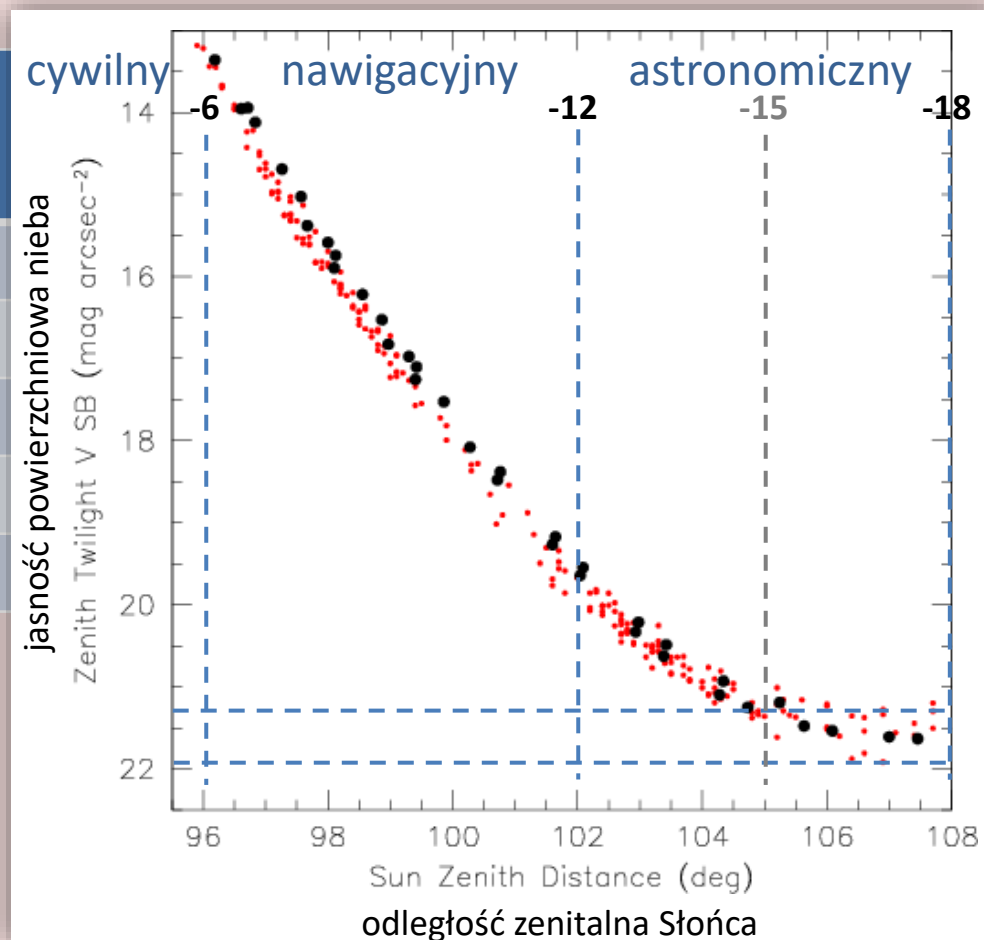


Ziemia – Słońce

- Pomiedzy wschodem/zachodem Słońca a nocą astronomiczną jasność powierzchniowa nieba bezchmurnego spada o około 15 mag/arcsec² (10⁶-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)

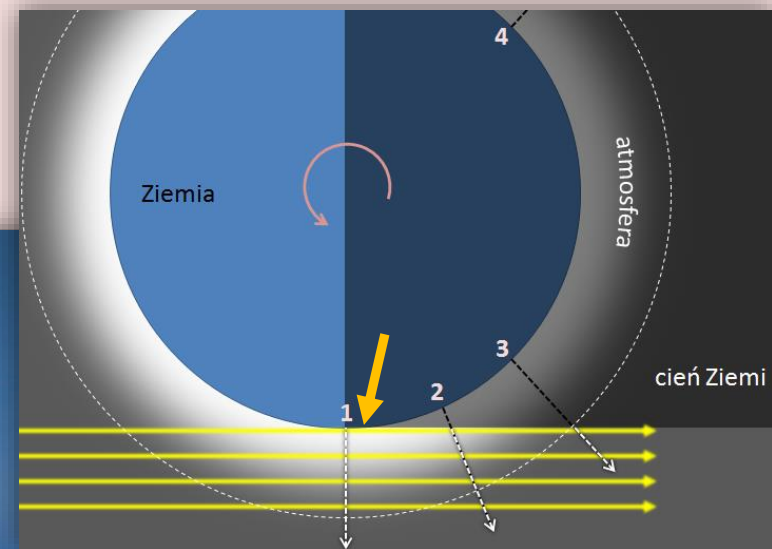
Zjawisko	wysokość Słońca bez refrakcji, środek tarczy Słońca
zmierzch / świt:	
cywilny	0° – -6°
nawigacyjny (żeglarski)	-6° – -12°
astronomiczny	-12° – -18°
noc astronomiczna	< -18°

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

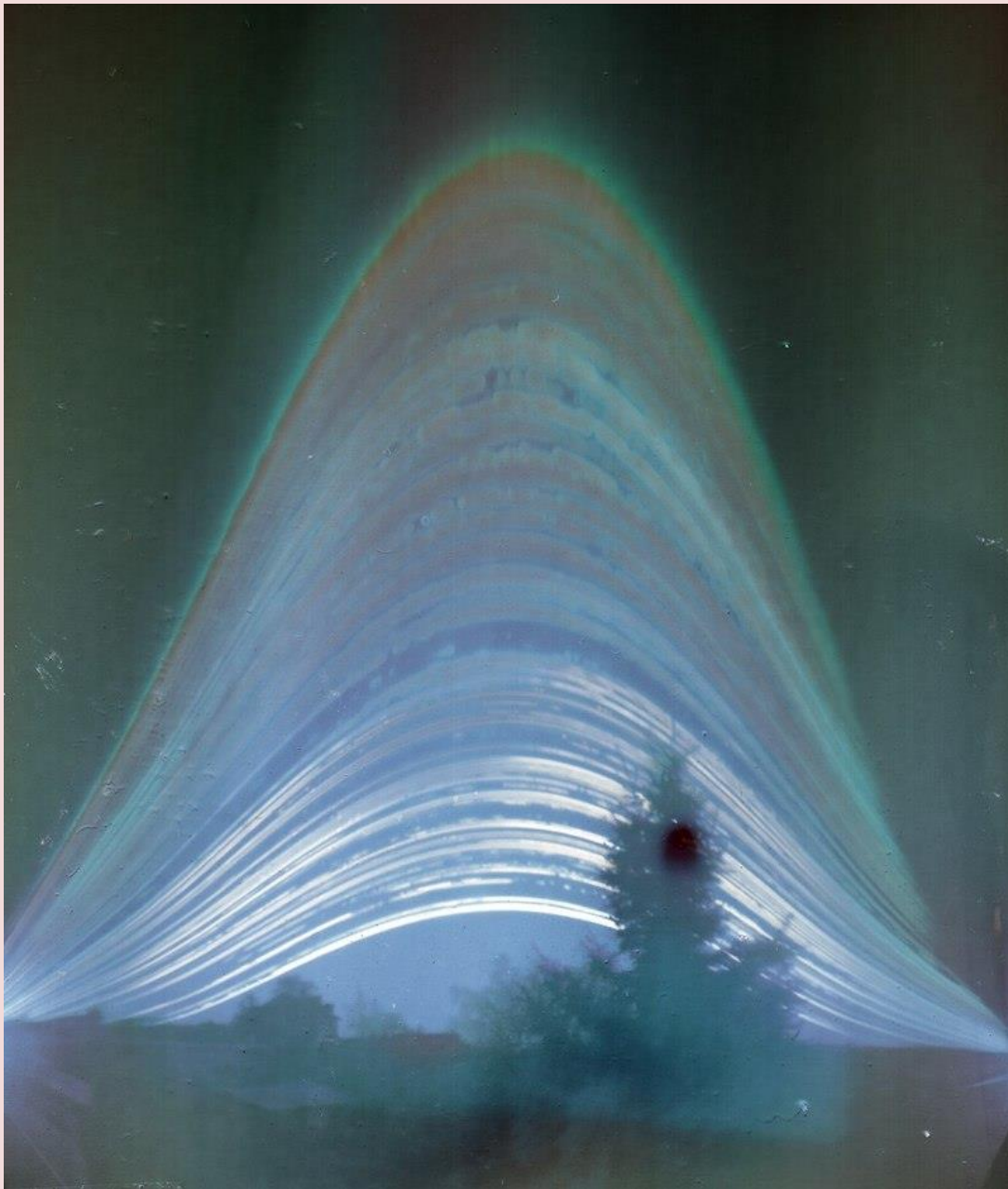


Ziemia – Słońce

cień Ziemi na atmosferze



Ziemia – Słońce



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

Ziemia – Słońce

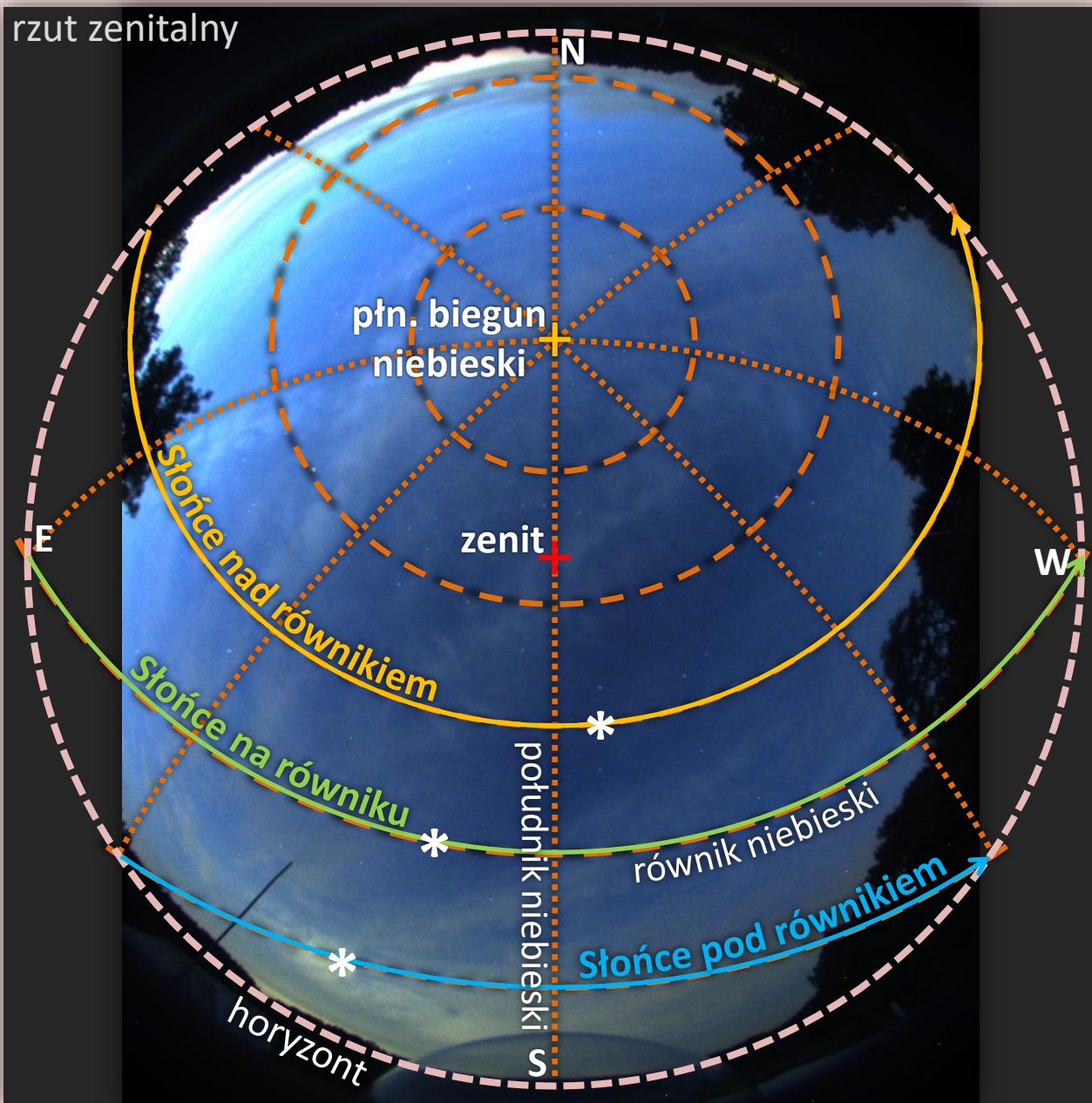


*Roczny i dobowy ruch
Słońca na niebie
(nałożenie wielu zdjęć
wykonywanych w
odstępach 1h w dniach
równonocy i obu przesilen*

apod/ap190923.html

Ziemia – Słońce

rzut zenitalny

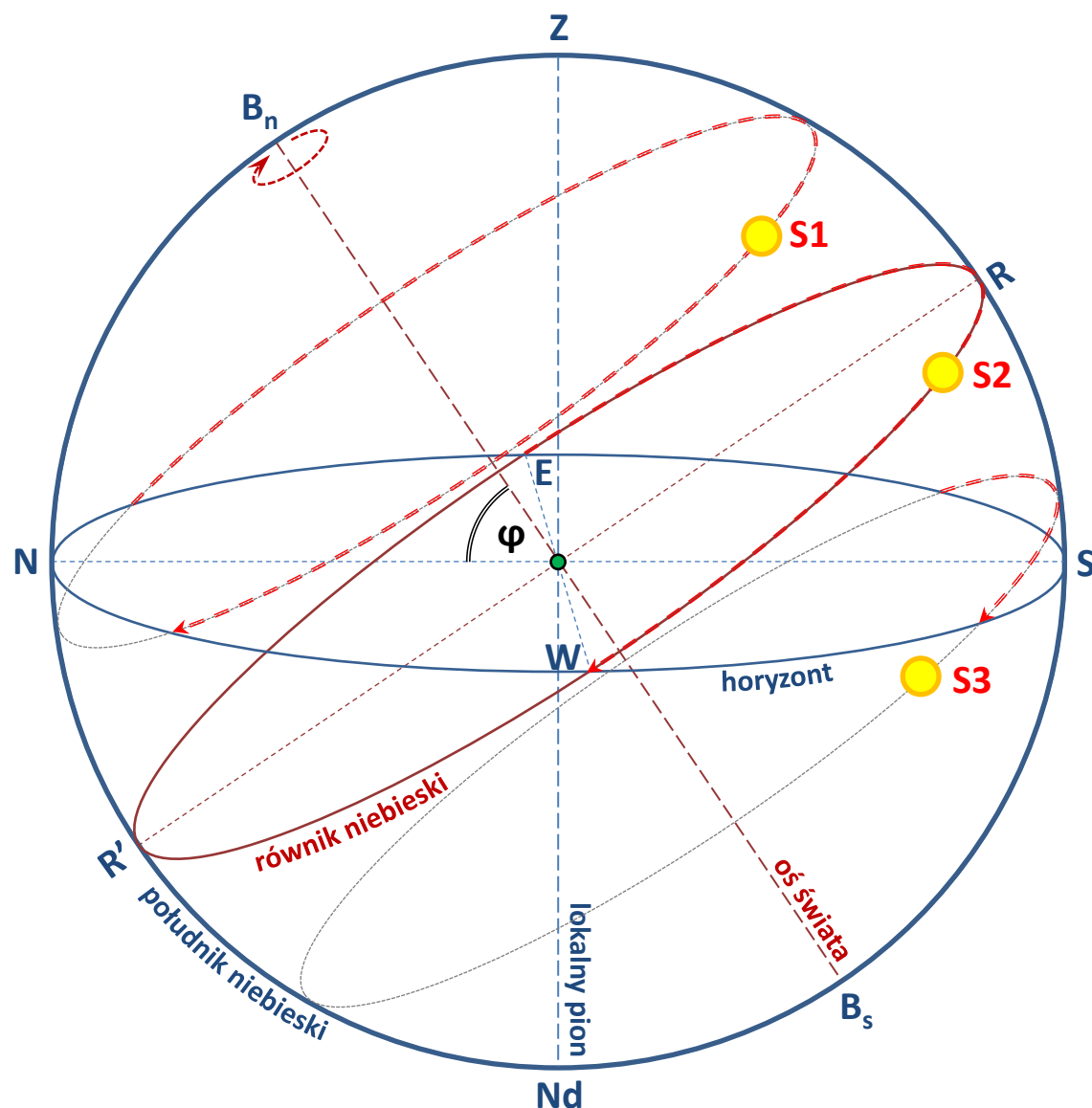


Dla półkuli N:

- 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:

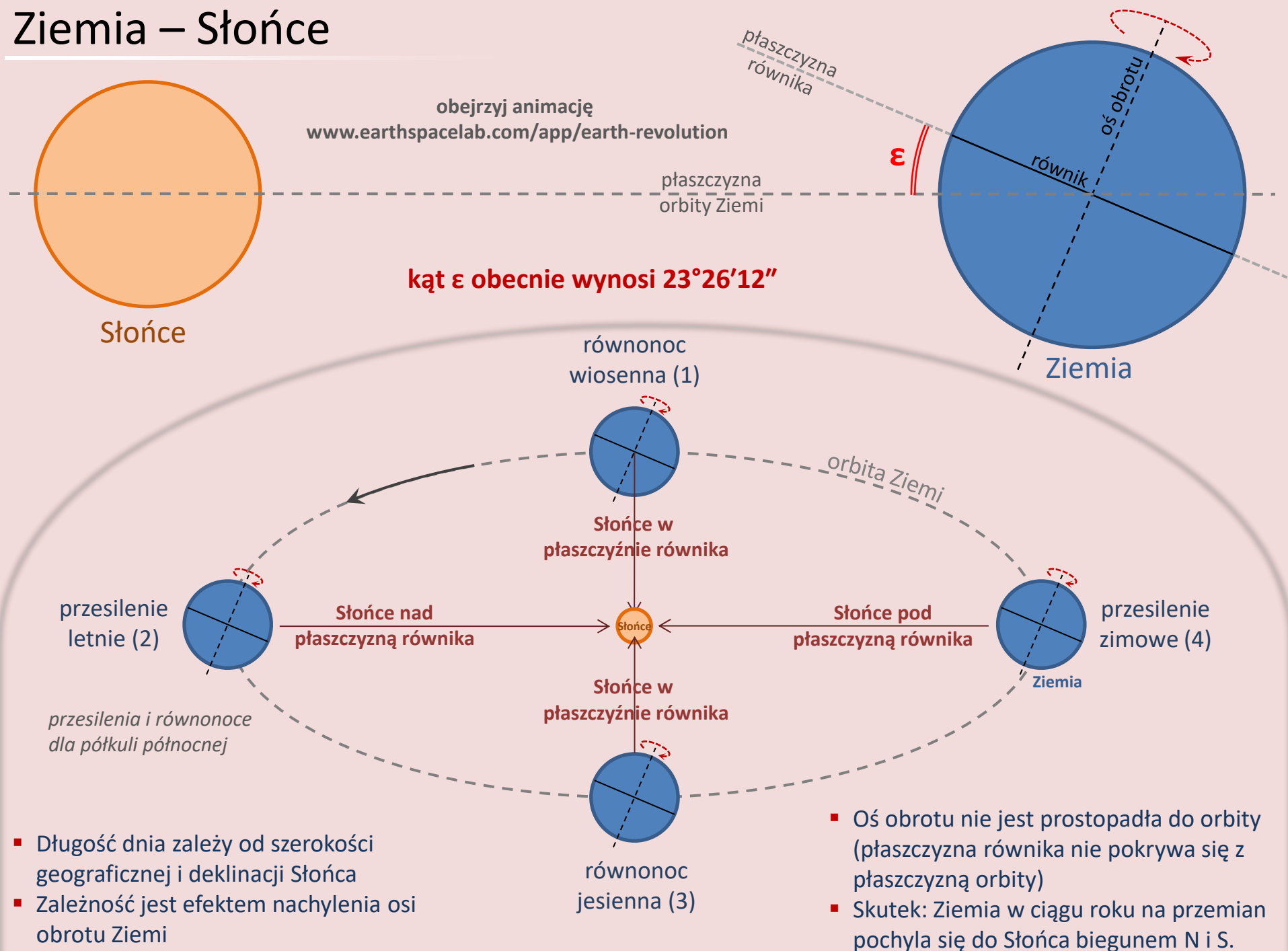
- Słońce nad równikiem niebieskim (deklinacja dodatnia): dłuższy łuk nad horyzontem, dzień dłuższy niż 12h, górowanie na wyższej wysokości (S1)
- Słońce na równiku niebieskim (deklinacja zerowa): dzień trwa 12h(*) (S2)
- Słońce pod równikiem niebieskim (deklinacja ujemna): krótszy łuk nad horyzontem,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

(*) – pominięta refrakcja i rozmiar kątowy Słońca

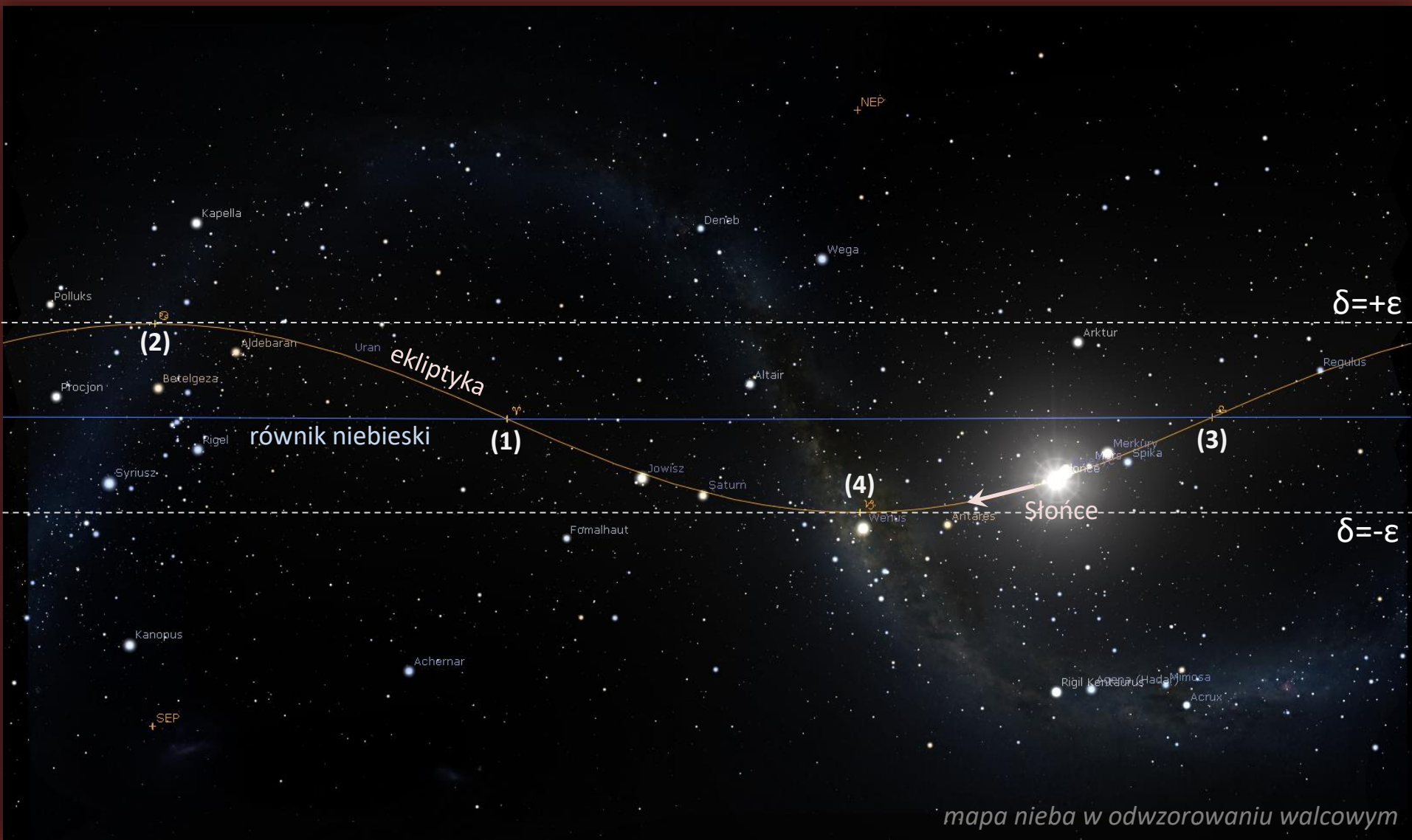
widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

obejrzyj animację: www.earthspacelab.com/app/solar-time

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 (α , δ) Słońca dostępne
są w np.:

- Almanach astronomiczny
(T.Ścieżor)

www.urania.edu.pl/pliki/almanach/2025/Almanach_2025.pdf →

- Stellarium

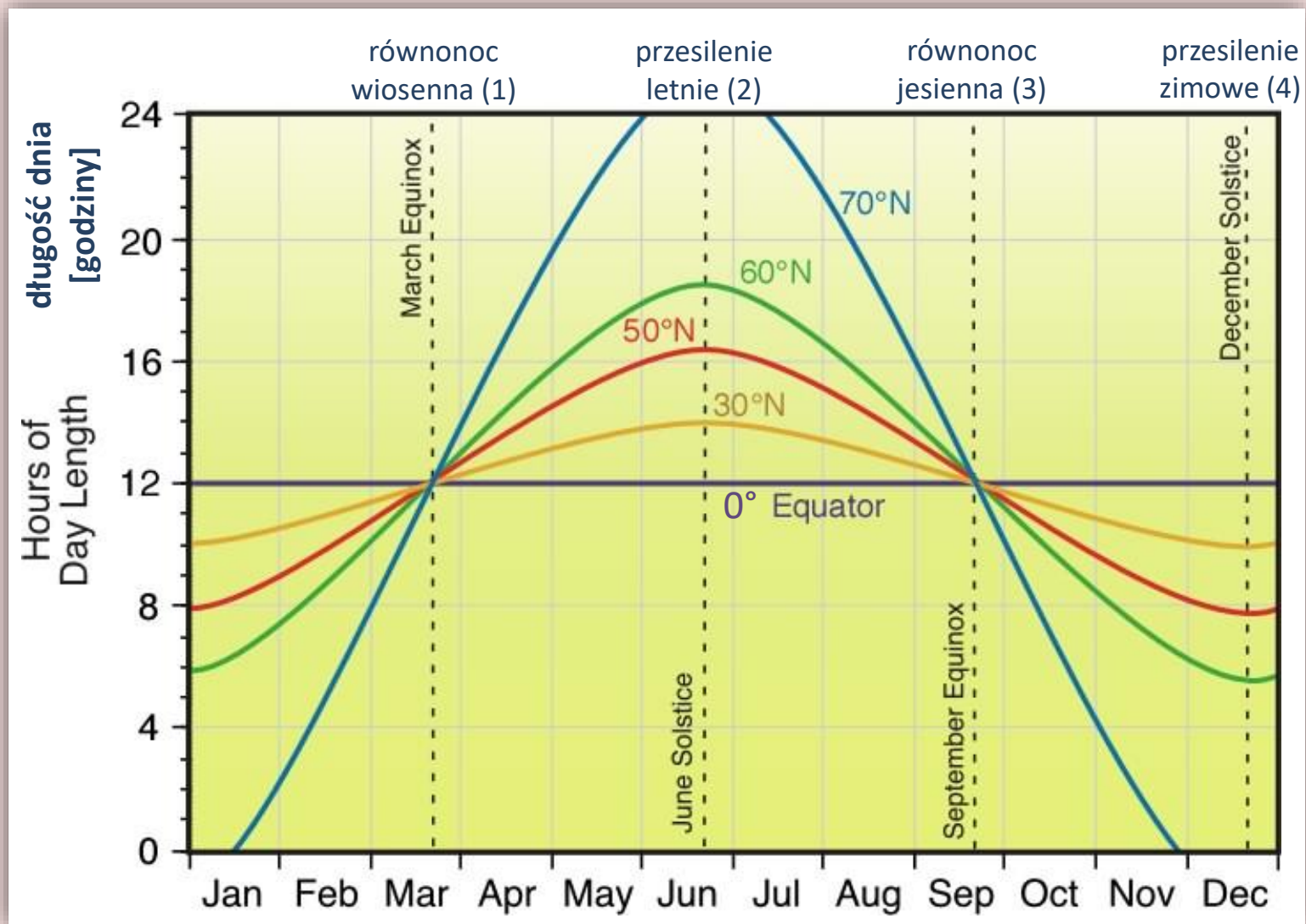
Jak wyznaczyć wysokość górowania i
Słońca i długość dnia dla danej daty?

Tak samo, jak dla innych obiektów.

Patrz wykład „sfera niebieska”.

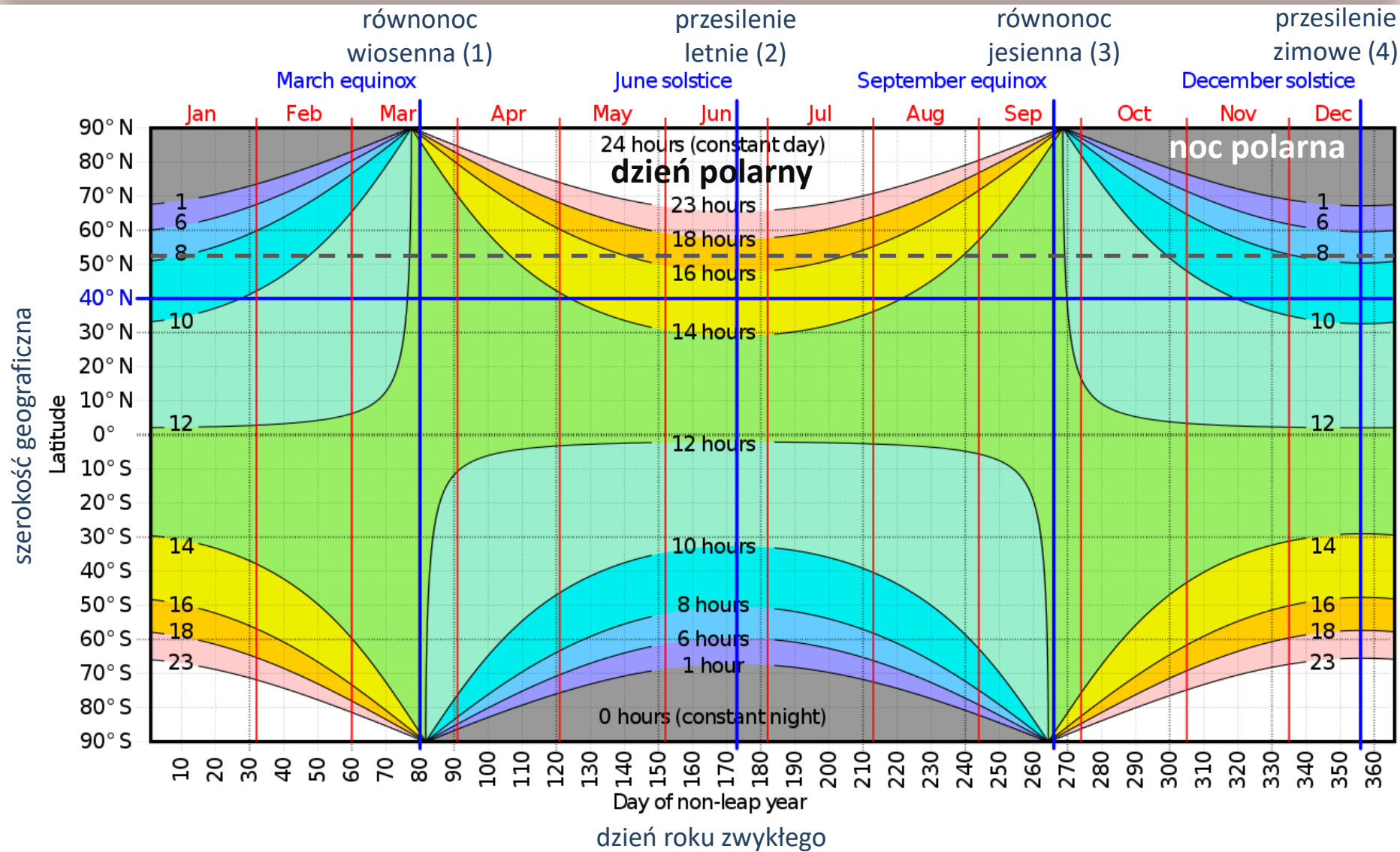
SŁOŃCE								
d	JD	Wsch.	Zach.	A	α	δ	η	θ
		$\lambda=0$	$\varphi=50$	0 ^h UT				
GRUDZIEŃ 2021								
	2459	h m	h m	$\pm^\circ$	h m s	$^\circ \prime$	m s	h m s
1	550	7 37	16 01	56	16 29 11	-21 47.8	11 07	4 40 18
2	551	7 38	16 00	55	16 33 30	-21 57.0	10 44	4 44 15
3	552	7 39	16 00	55	16 37 50	-22 05.7	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 05	53	18 32 32	-23 13.0	- 1 51	6 30 42

Ziemia – Słońce



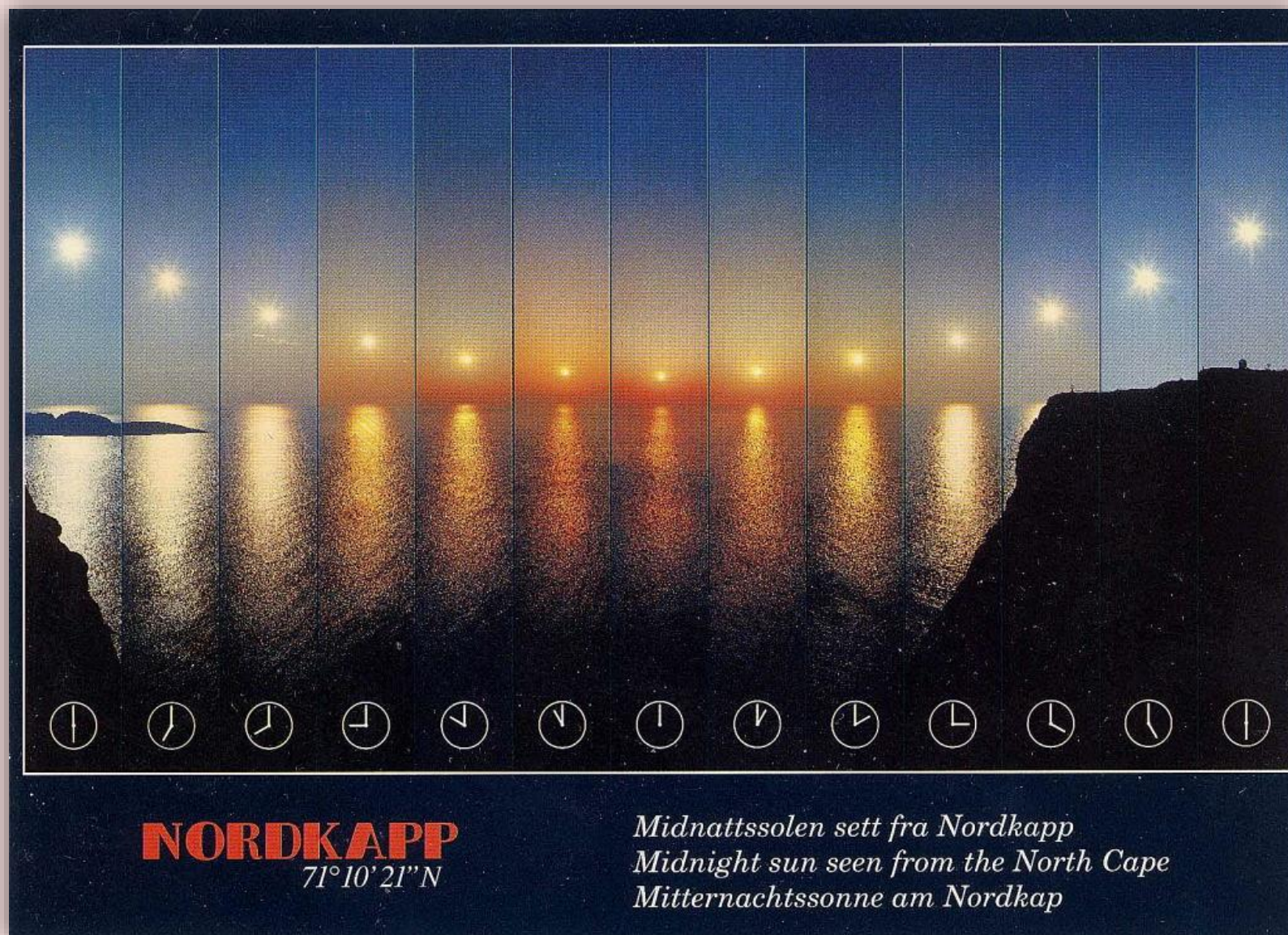
Zmiany długości dnia dla szer. geograficznych 0°, 30°, 50°, 60° i 70° N

Ziemia – Słońce



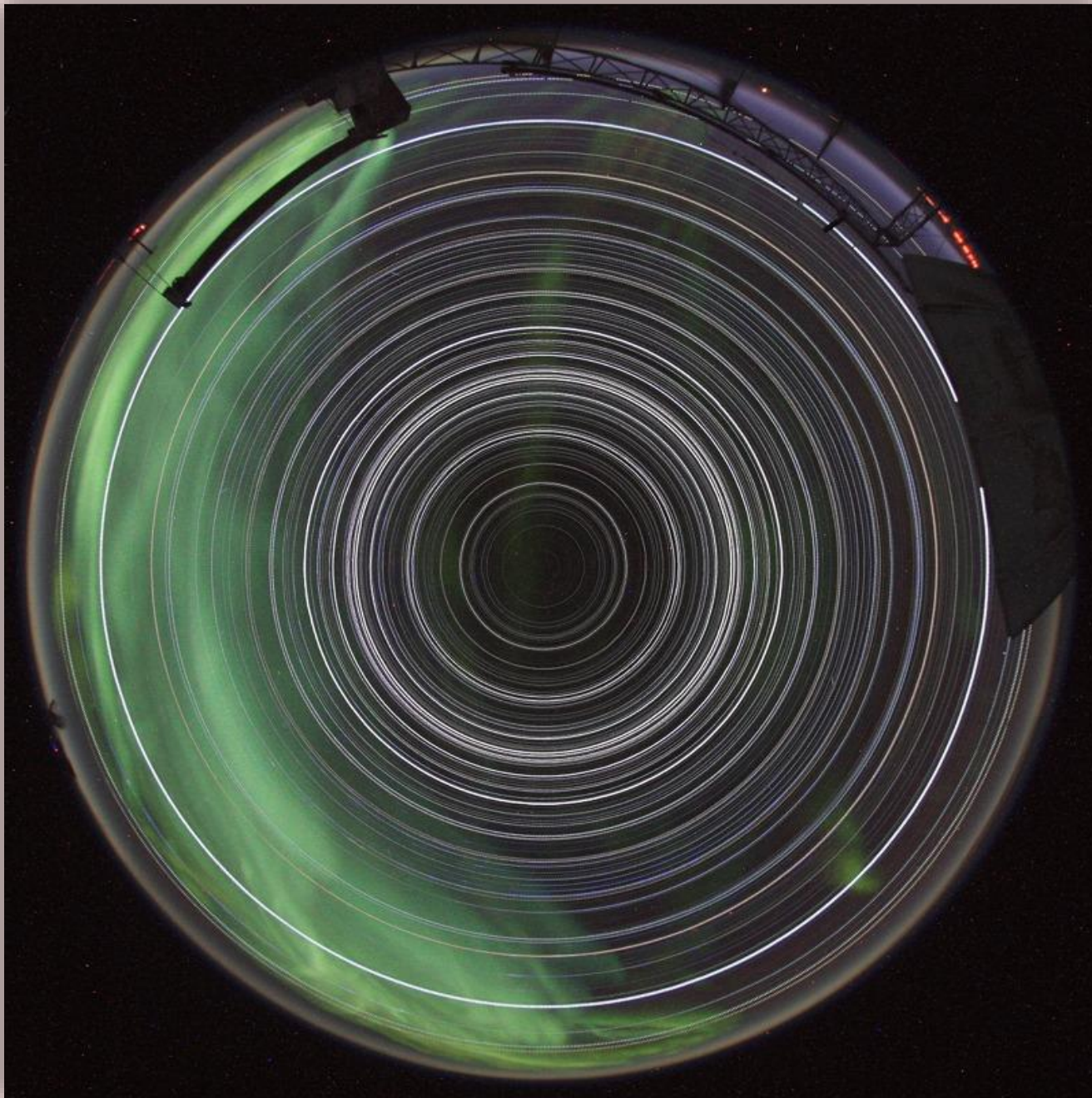
Mapa długości dnia dla całego roku i wszystkich szer. geograficznych (z refrakcją i rozmiarem kątowym Słońca)

Ziemia – Słońce



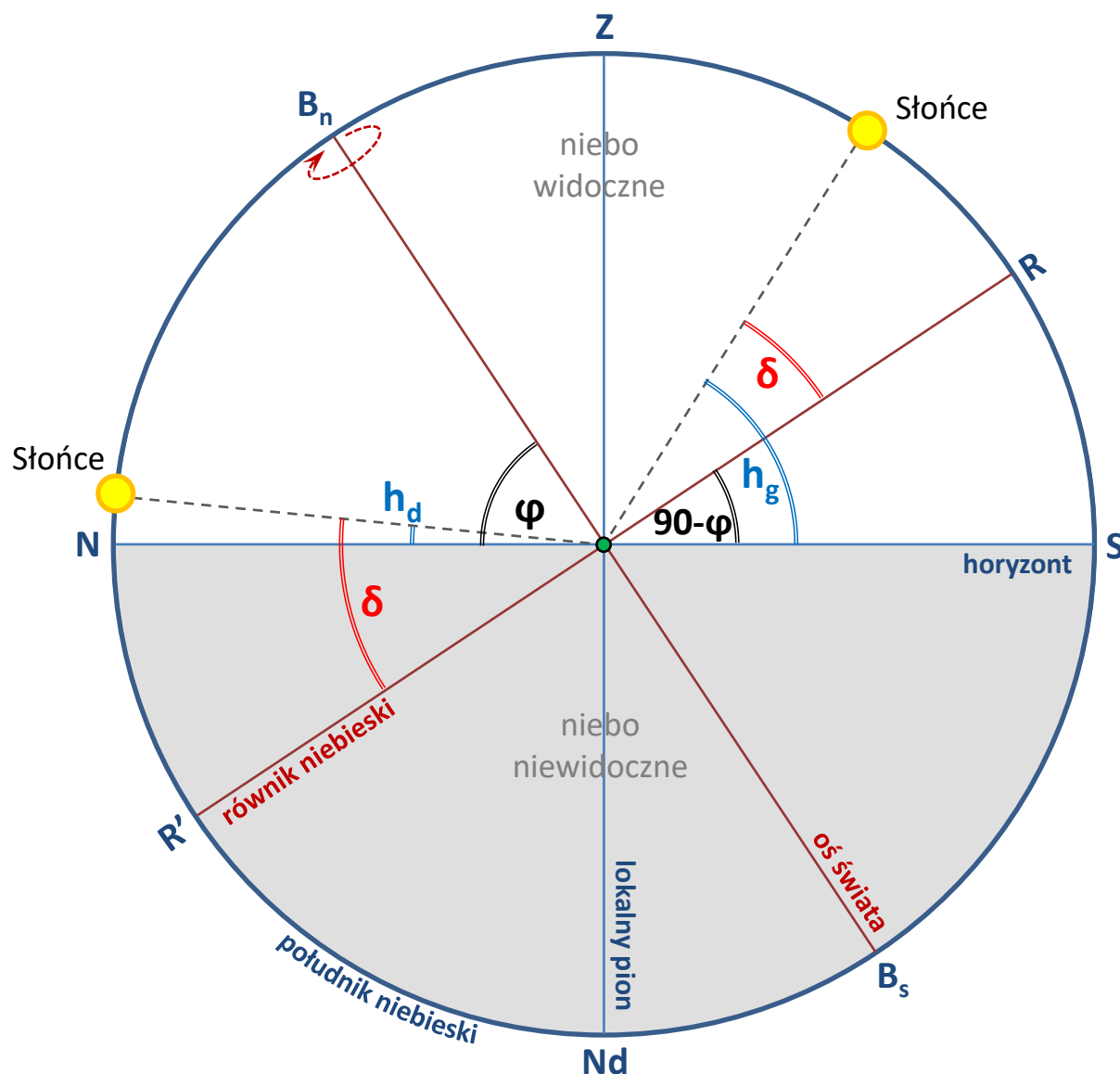
Dołowanie Słońca na Nordkap w czasie dnia polarnego

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

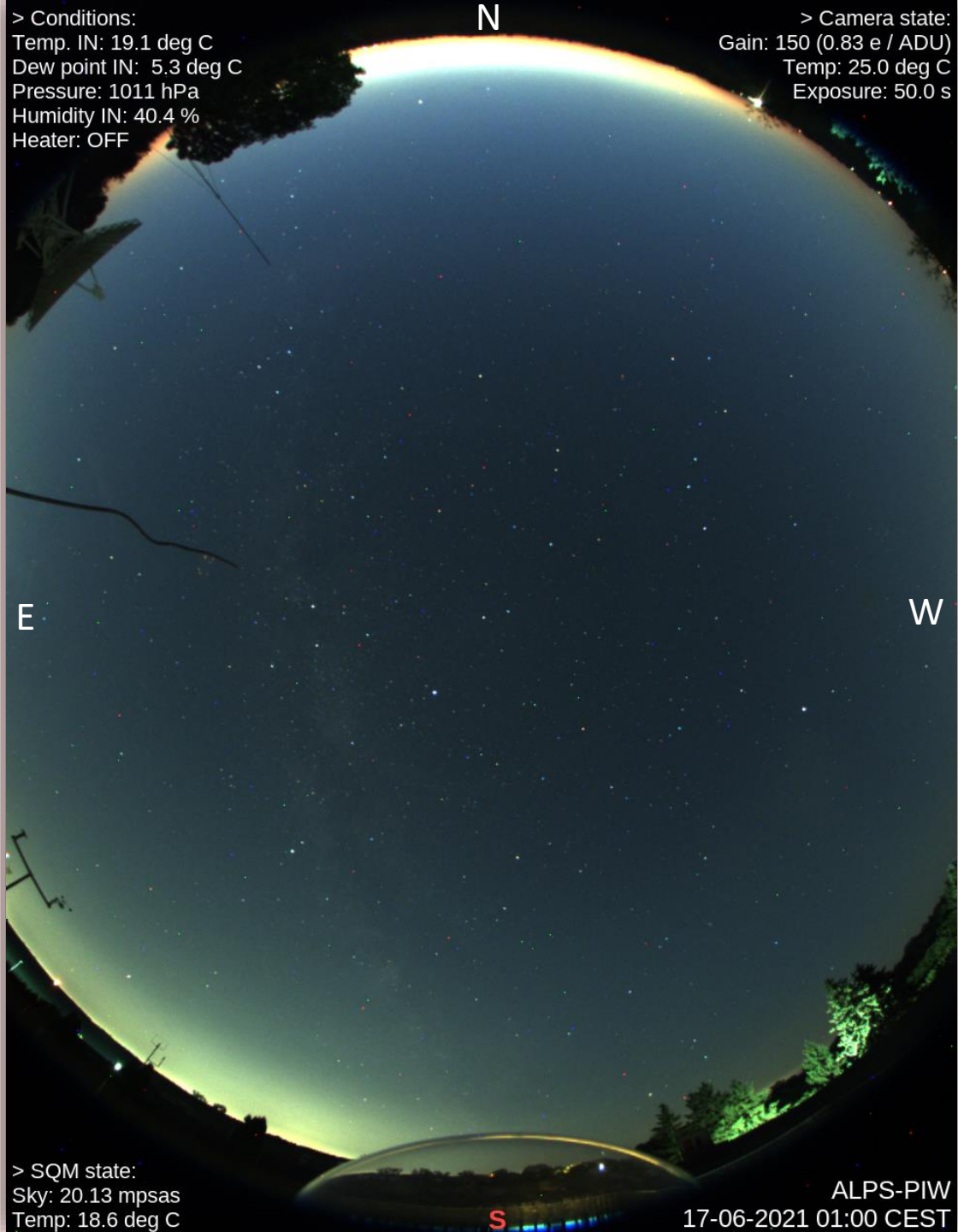
wysokość górowania Słońca

- $h_g < 0^\circ$ (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?

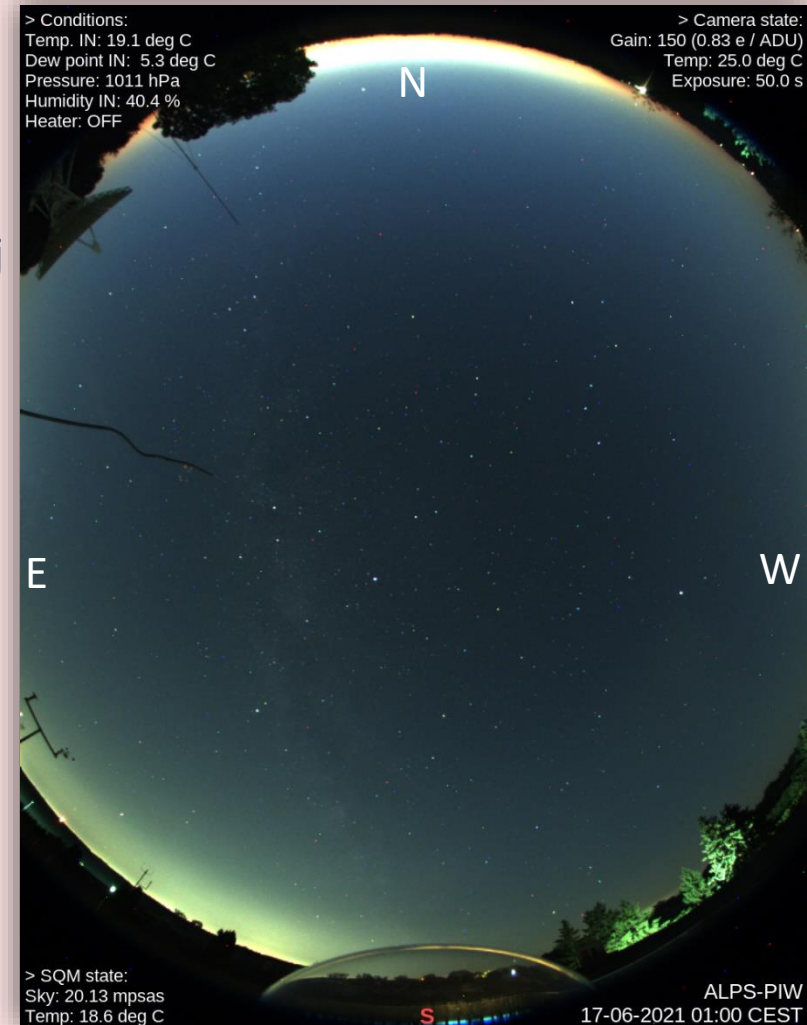
Mamy wtedy do czynienia z brakiem nocy astronomicznej. Występują za to:

- 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.

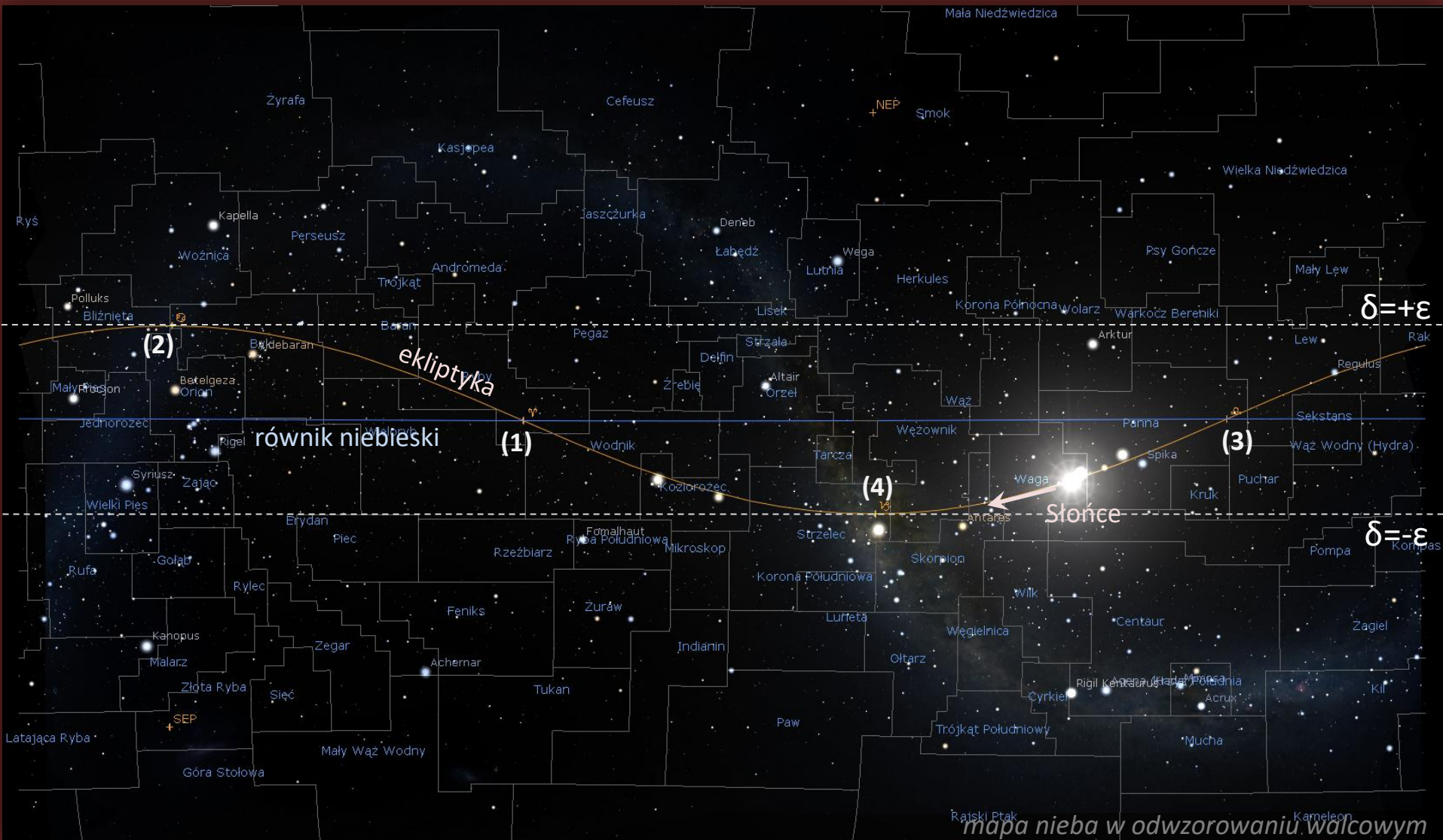
Które z nich występują w Polsce i kiedy? (ćwiczenia)



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

Ziemia – Słońce

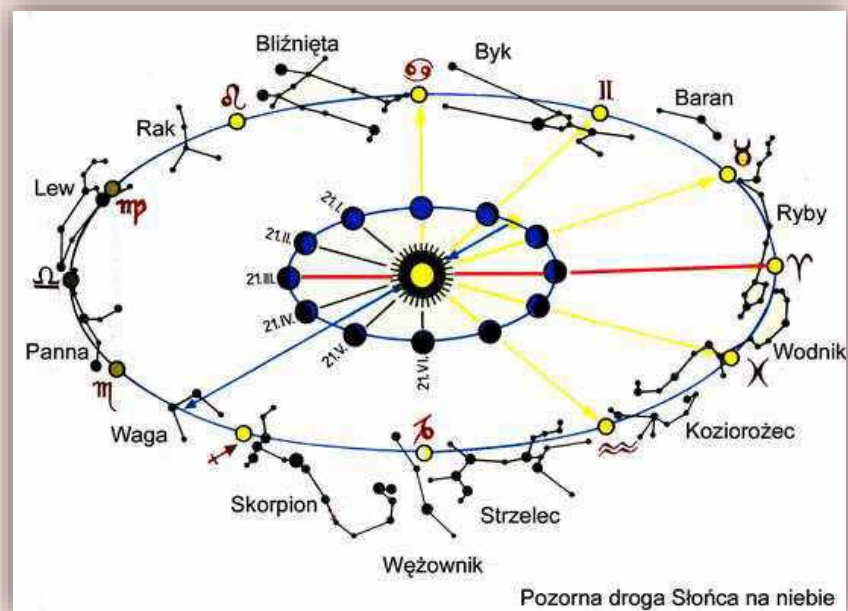


ekliptyka przechodzi przez 13 gwiazdozbiorów („ekliptycznych”)
jednak znaków zodiaku jest 12

Ziemia – Słońce

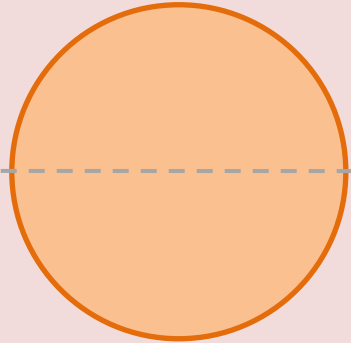
Znak zodiaku – odcinek ekliptyki o ustalonym położeniu i długości 30° , np. Baran $\lambda=0^\circ\text{--}30^\circ$, Byk $\lambda=30^\circ\text{--}60^\circ$, itd.

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.



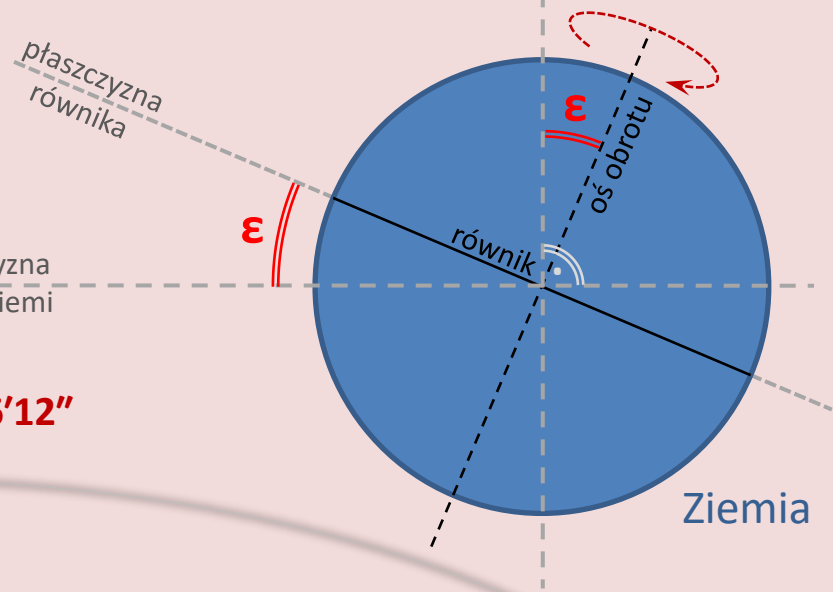
gwiazdozbiór „ekliptyczny” ...	...i czas, kiedy Słońce widoczne jest na jego tle	daty dla znaków zodiaku
Baran	19. kwietnia – 14. maja	21. marca – 19. kwietnia
Byk	15. maja – 21. czerwca	20. kwietnia – 20. maja
Bliźnięta	22. czerwca – 20. lipca	21. maja – 21. czerwca
Rak	21. lipca – 10. sierpnia	22. 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

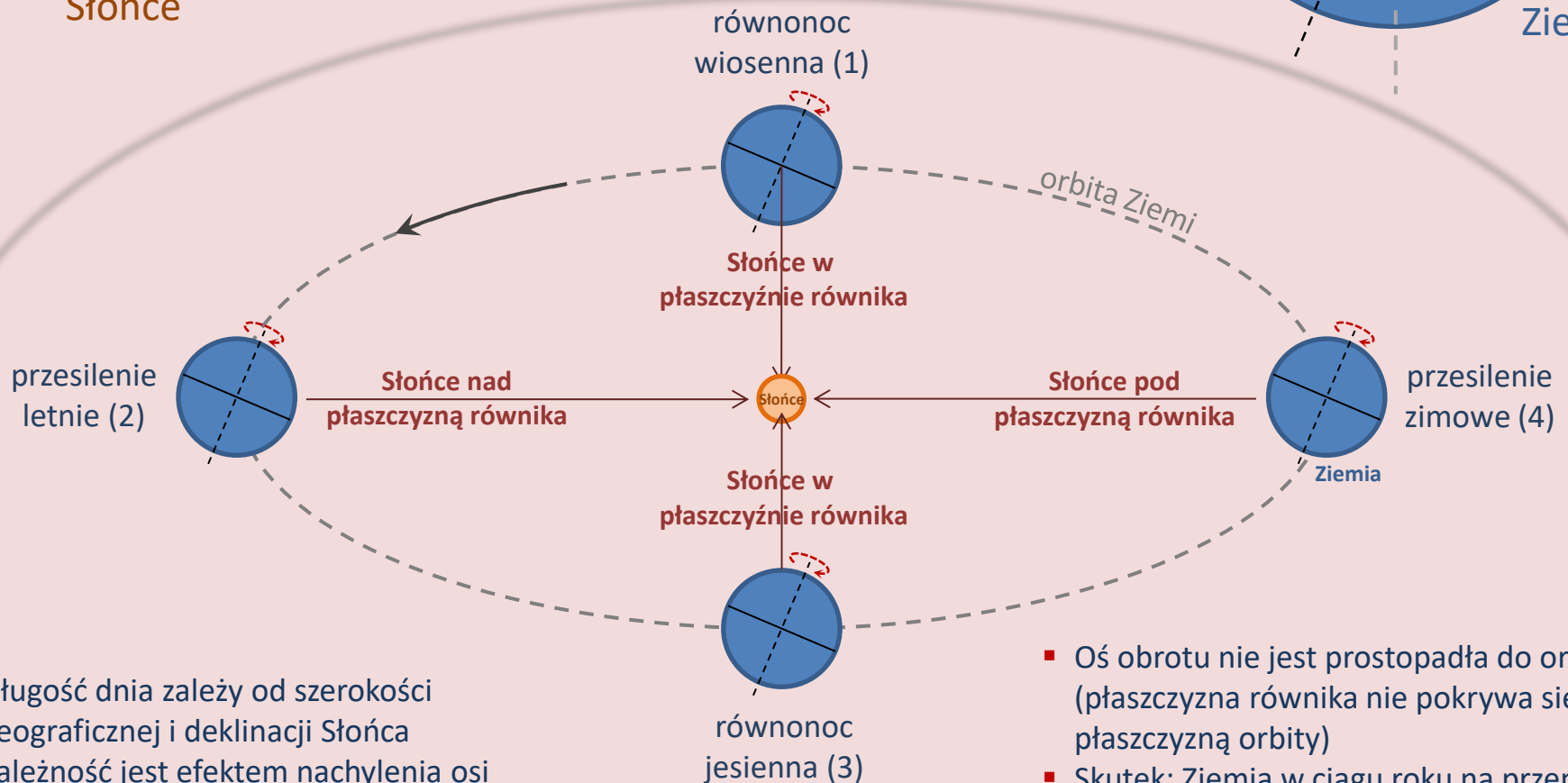


Słońce

obejrzyj animację
www.earthspacelab.com/app/earth-revolution



kąt ε obecnie wynosi $23^{\circ}26'12''$



- Oś obrotu nie jest prostopadła do orbity (płaszczyzna równika nie pokrywa się z płaszczyzną orbity)
- Skutek: Ziemia w ciągu roku na przemian pochyla się do Słońca biegunem N i S.

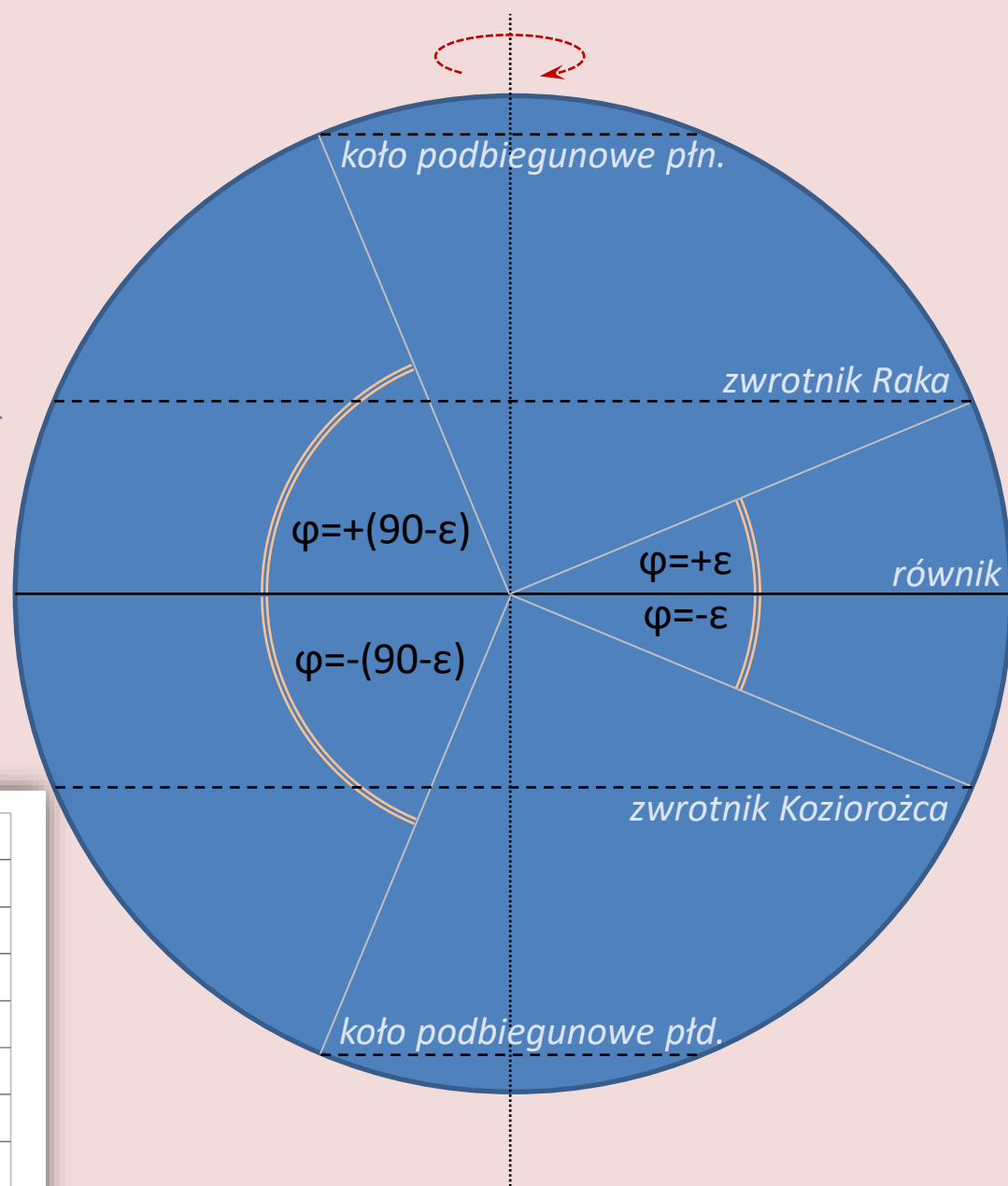
- Długość dnia zależy od szerokości geograficznej i deklinacji Słońca
- Zależność jest efektem nachylenia osi obrotu Ziemi

Ziemia – Słońce

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

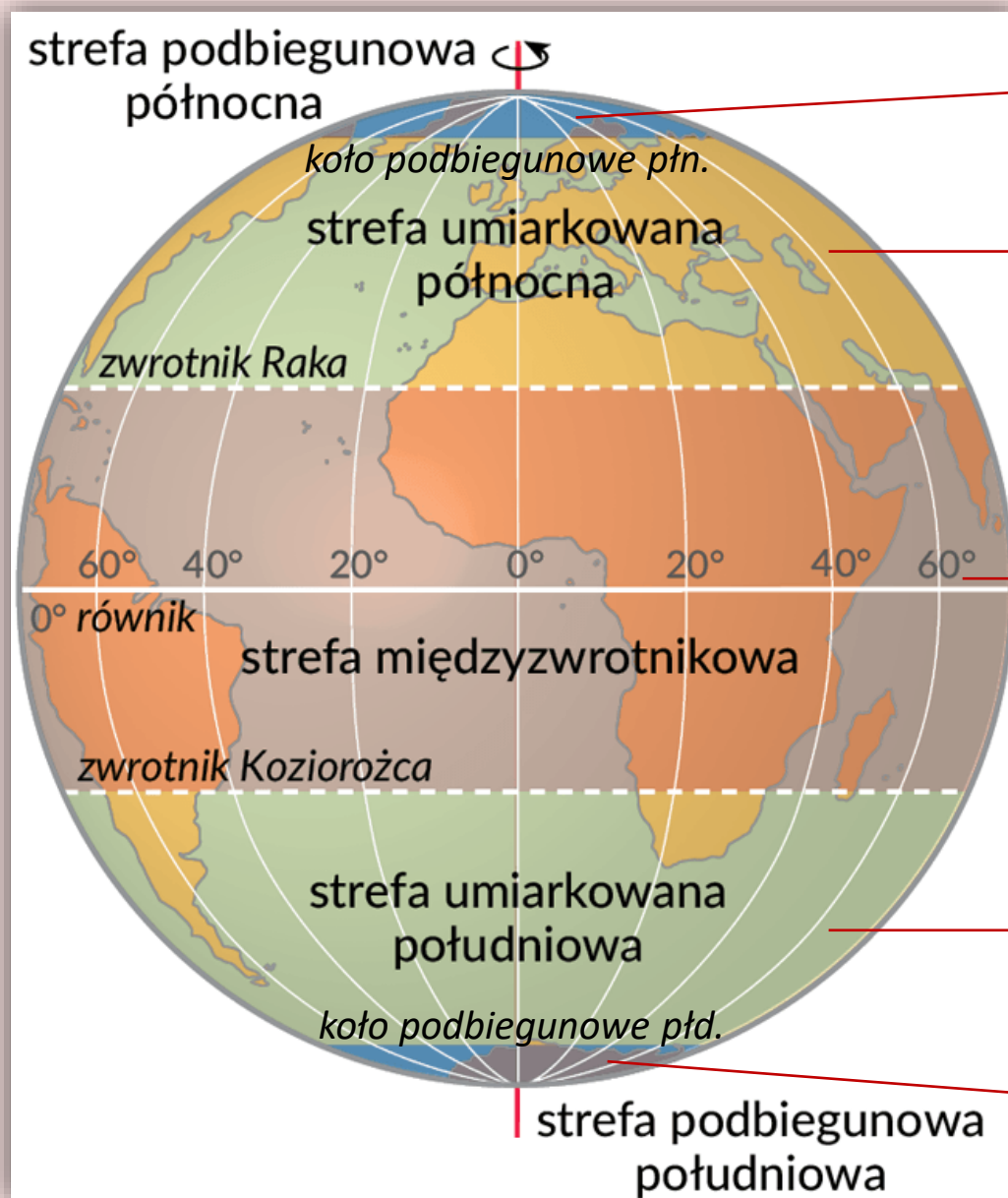
- zwrotnik Raka i Koziorożca
- koło podbiegunowe północne i południowe

Kąt ε 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. cyklów 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

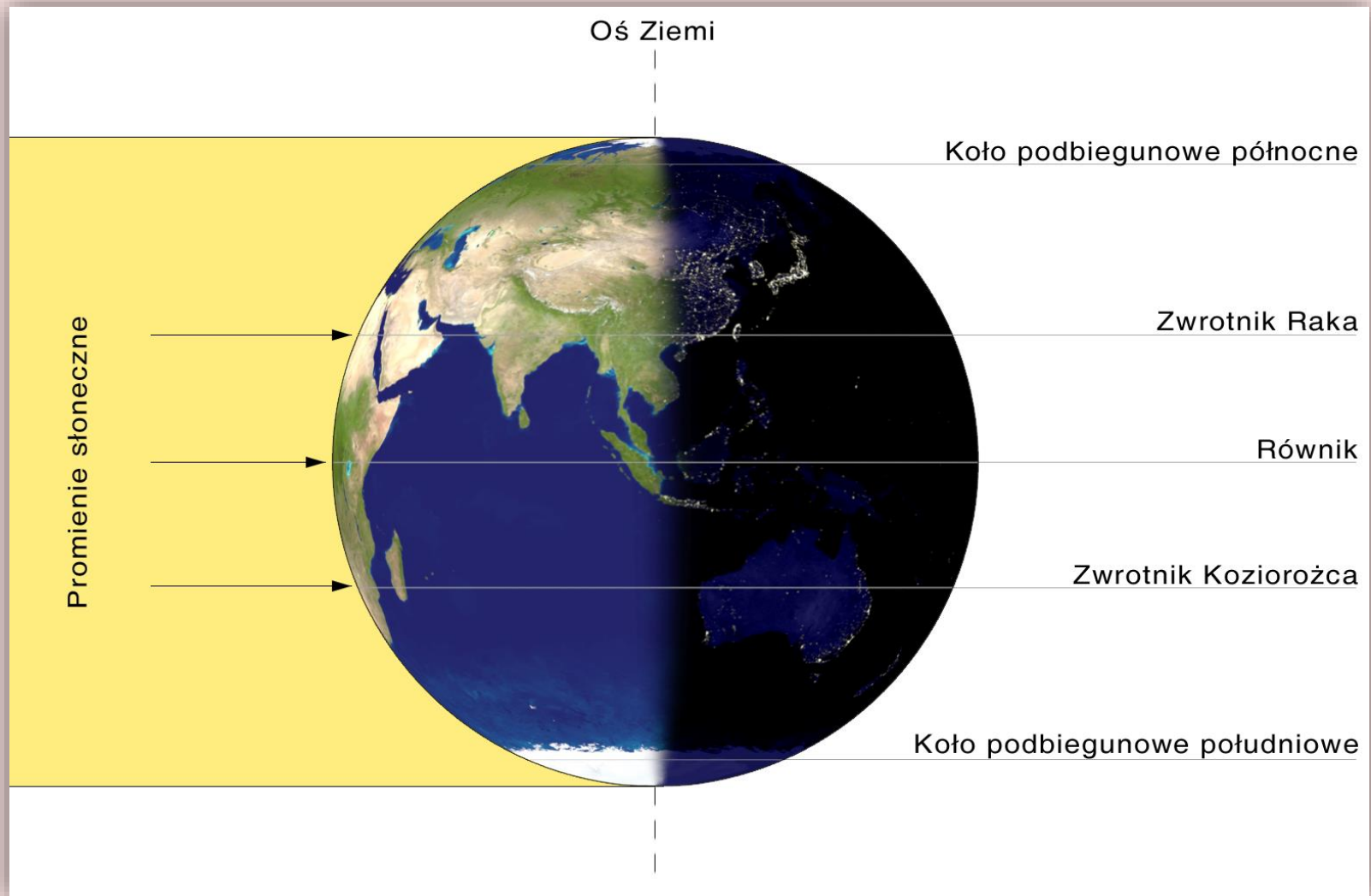
brak dnia i nocy polarnej, Słońce nigdy nie góruje w zenicie

występowanie okresów dnia i nocy polarnej

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

Ziemia – Słońce – Księżyc

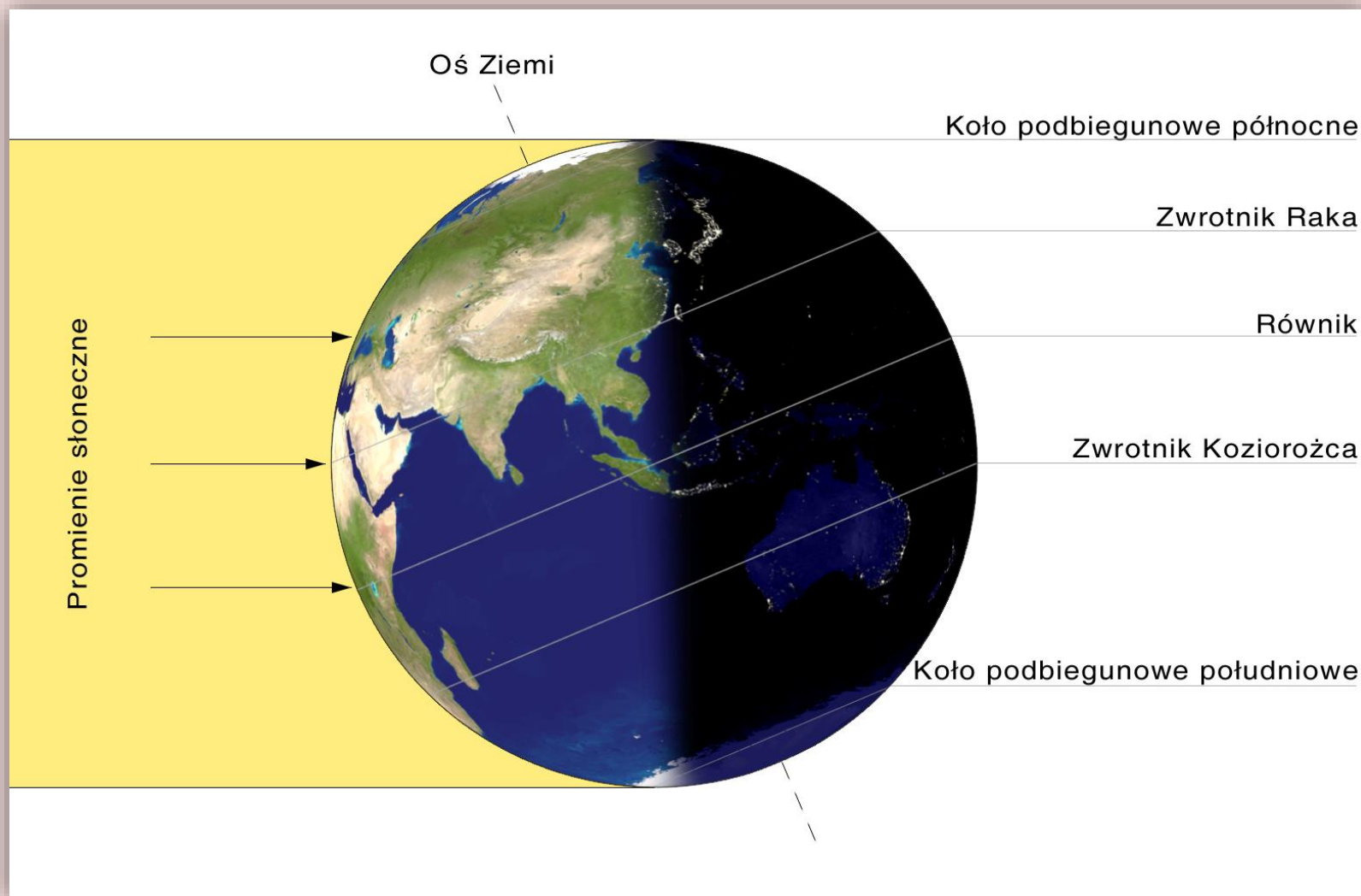
równonoc wiosenna i jesienna



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

Ziemia – Słońce

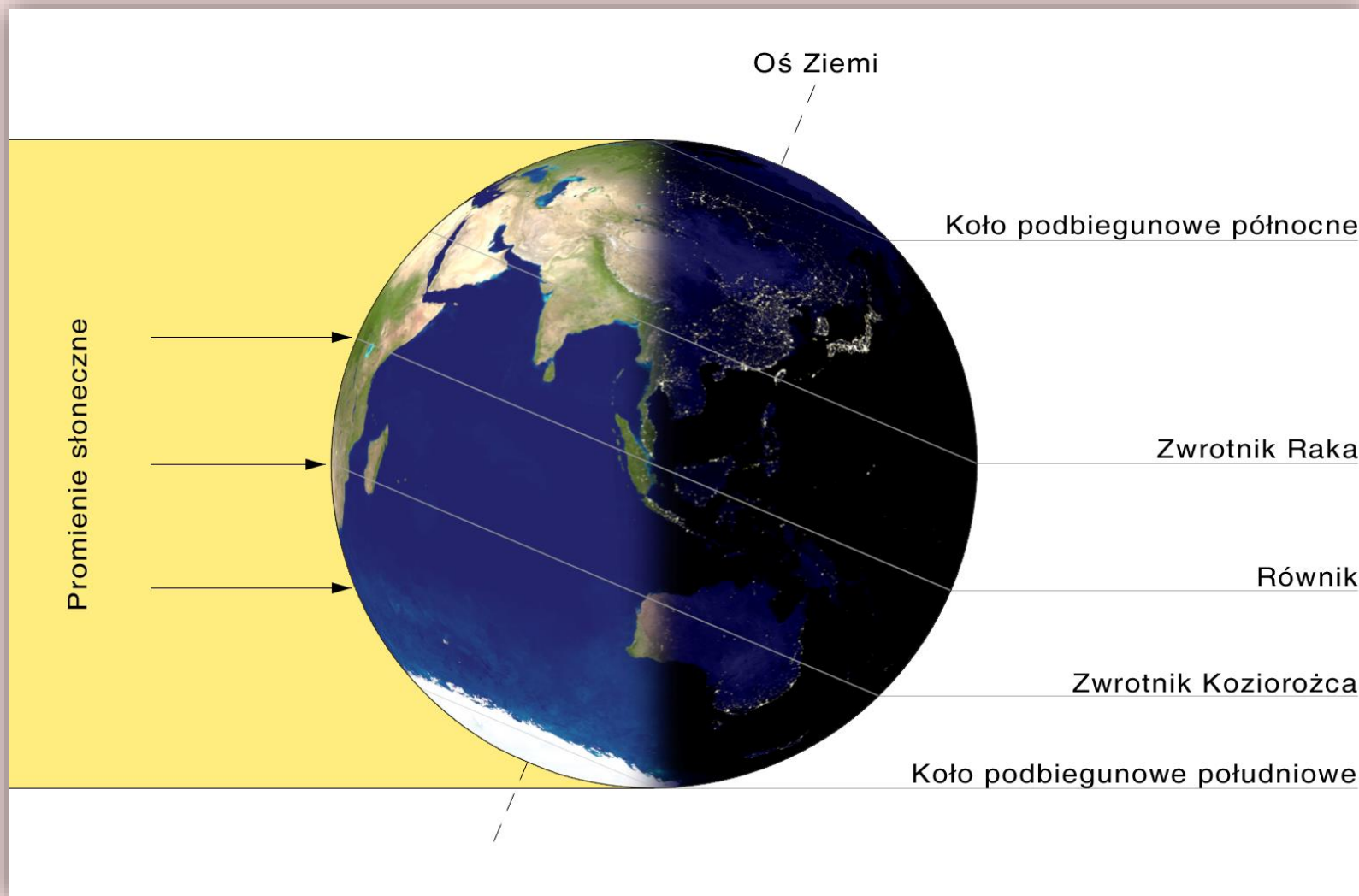
przesilenie letnie dla półkuli północnej, zimowe dla południowej



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

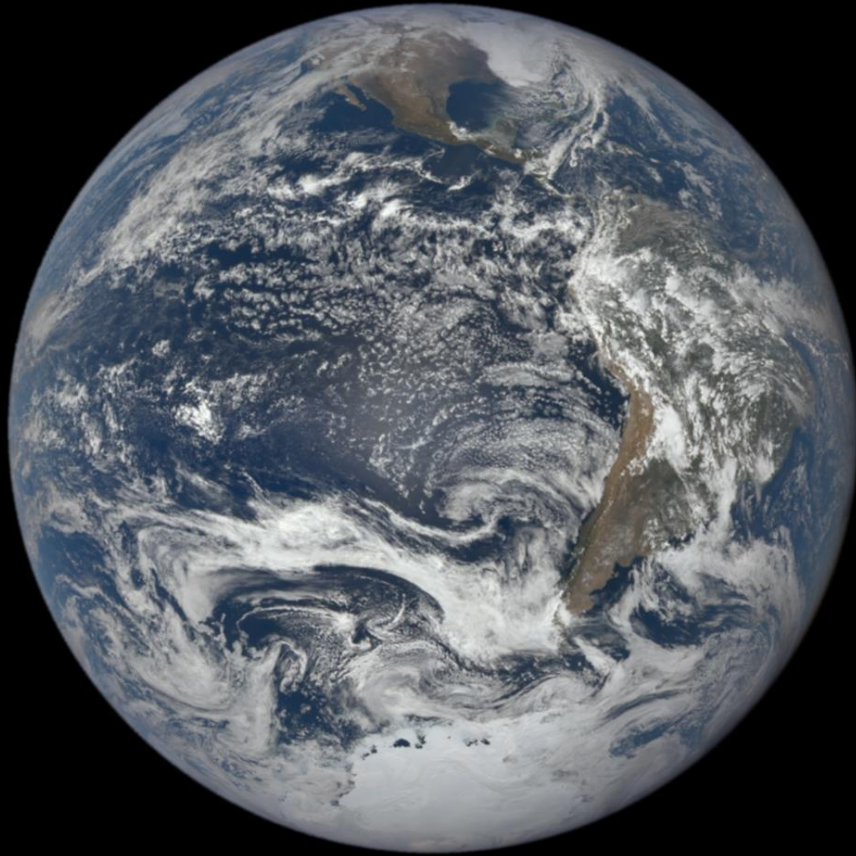
Ziemia – Słońce

przesilenie zimowe dla półkuli północnej, letnie dla południowej

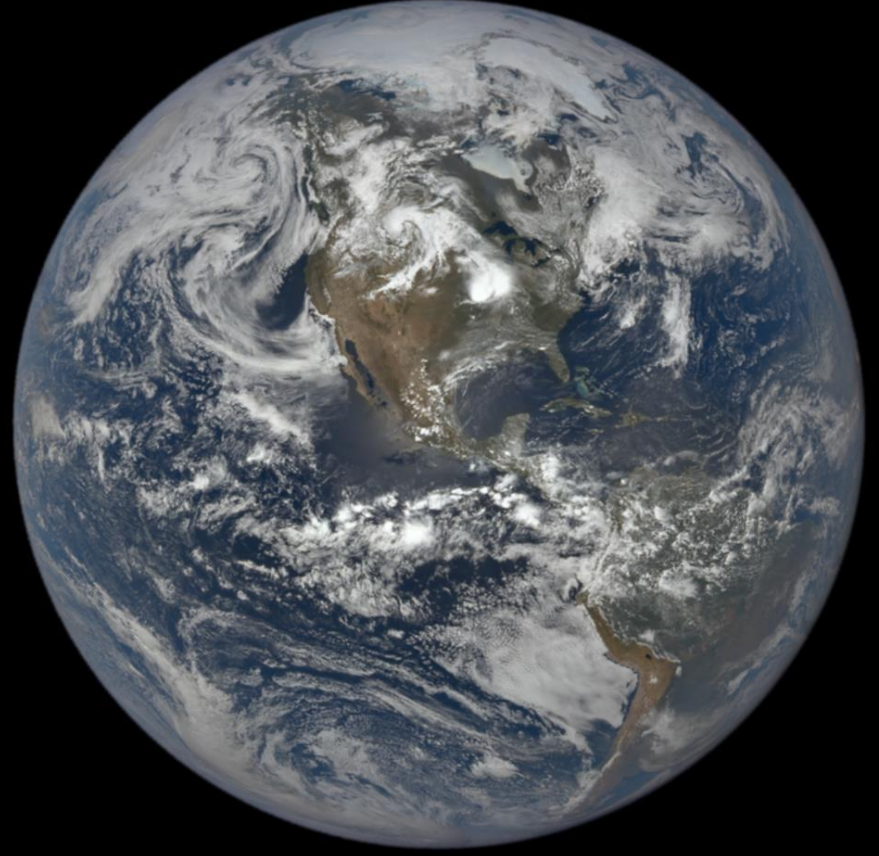


- **na półkuli S:** maksimum długości dnia, maksymalny zasięg obszaru dnia polarnego (do koła podbiegunowego pld.)
- **na półkuli N:** minimum długości dnia, maksymalny zasięg obszaru nocy polarnej (do koła podbiegunowego ptn.)
- Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca

December



June



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

Ziemia – Słońce

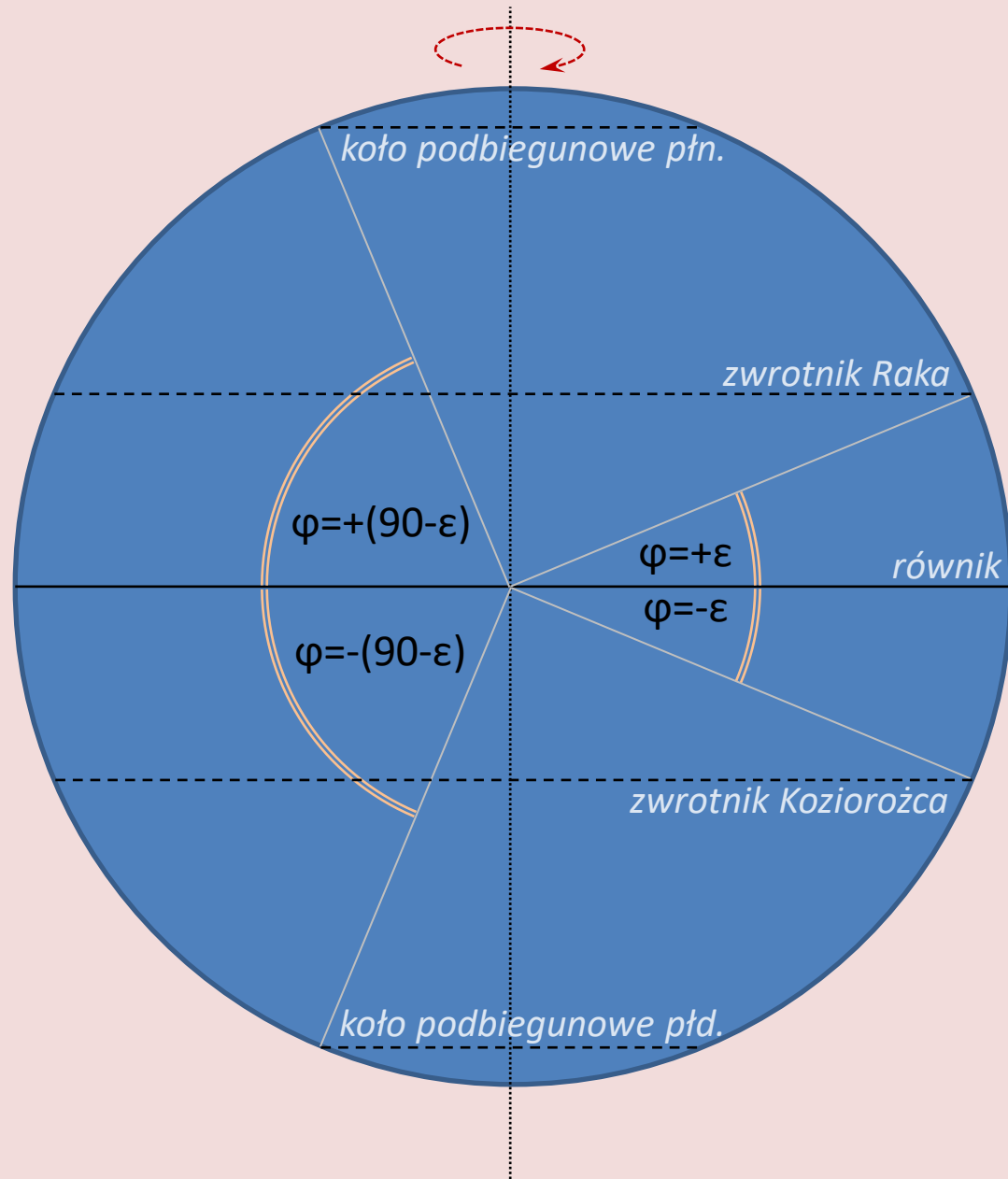
Nachylenie równika względem płaszczyzny orbity (nachylenie osi obrotu, *axial tilt*, *obliquity*) określa równoleżniki graniczne **stref oświetlania Ziemi**:

- zwrotnik Raka i Koziorożca
- koło podbiegunowe północne i południowe

Jeśli kąt ϵ 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 ϵ był znacznie większy niż jest, np.: 45, 60 czy 90 stopni?

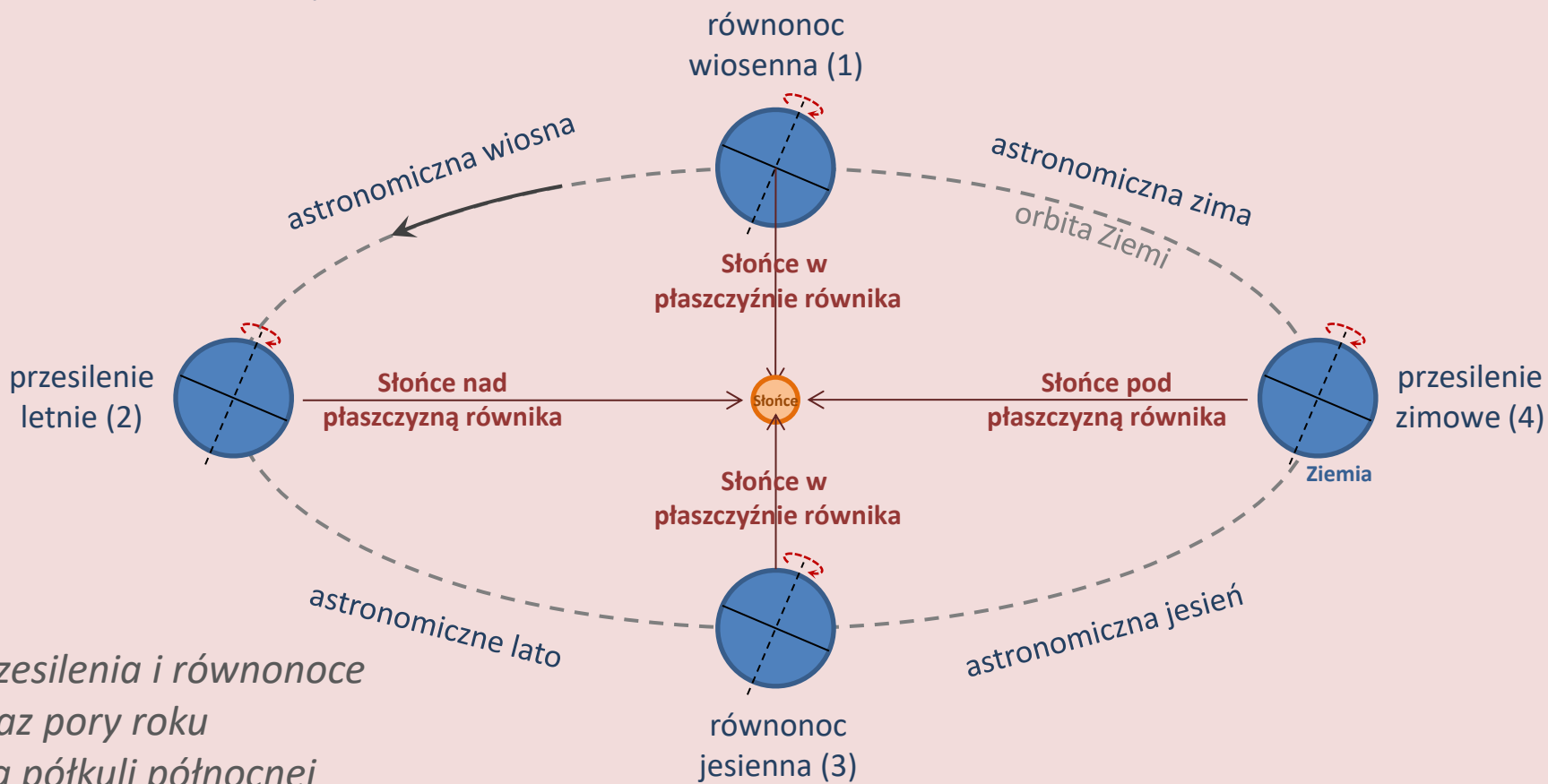


Ziemia – Słońce

W ciągu roku zmienia się długość dnia, wysokości górowania Słońca oraz temperatura powietrza. Jest to podstawa do podziału roku na pory.

Wyróżnia się kilka typów pór roku, np.:

- **astronomiczne** (kalendarzowe) – określone przez położenie Słońca na ekliptyce
- **termiczne** – określone przez średnie dobowe temperatury powietrza (efekt zmiennego **nasłonecznienia**)



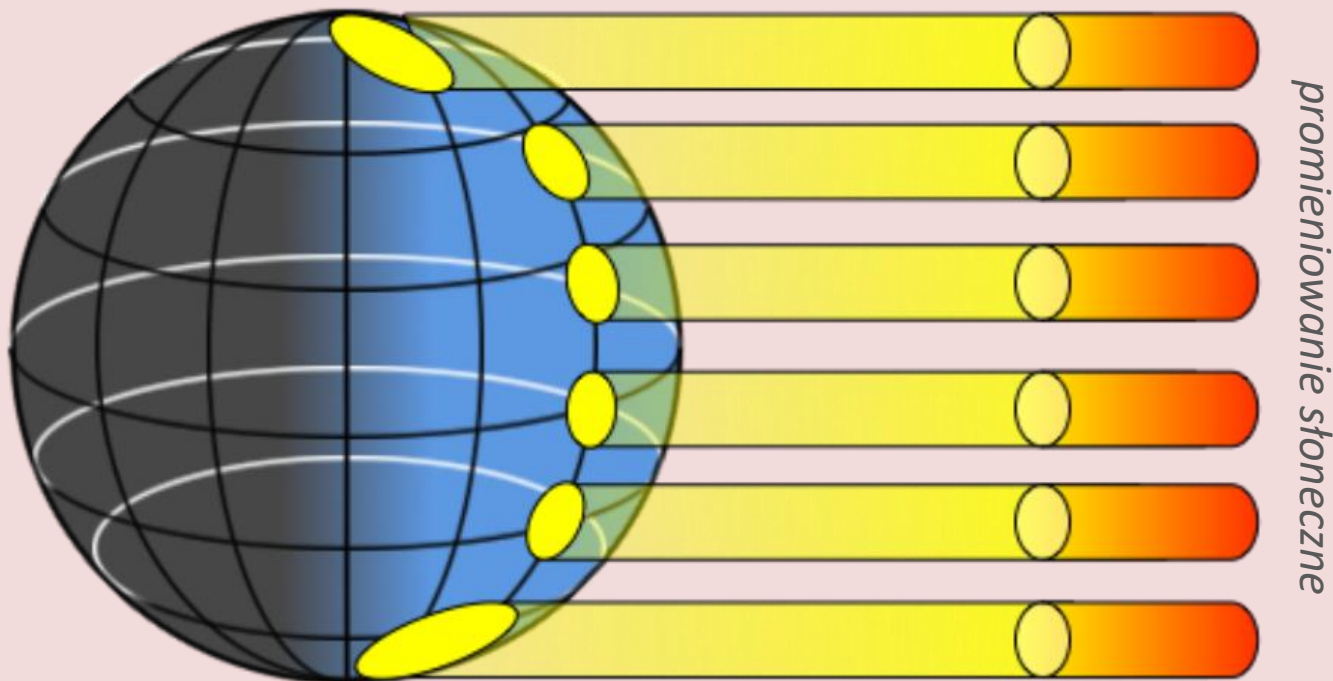
Ziemia – Słońce

Nasłonecznienie (insolation) – ilość bezpośredniego promieniowania słonecznego padającego na jednostkową powierzchnię poziomą.

- **Wartość chwilowa** (np. w momencie górowania Słońca) – ilość energii padająca na 1 m^2 w ciągu 1 sek. [ma wymiar strumienia, $\text{J}/(\text{s m}^2) = \text{W}/\text{m}^2$]
- **Wartość dobową** – sumaryczna ilość energii padająca na 1 m^2 w ciągu całej doby [J/m^2]

Nasłonecznienie zależy od ilości energii emitowanej przez Słońce, odległości od niego i ustawienia powierzchni poziomej względem kierunku na Słońce

stała słoneczna

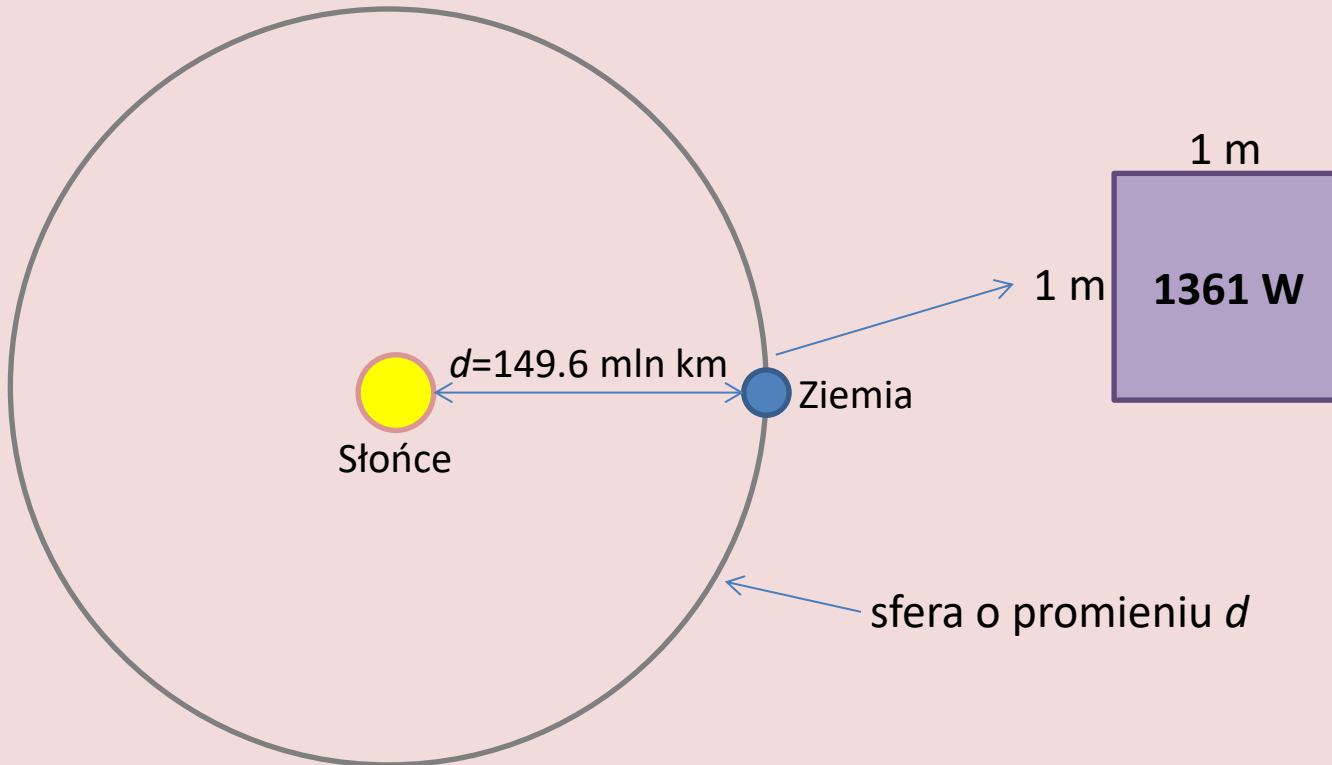


Ziemia – Słońce

Stała słoneczna* (solar constant) – strumień promieniowania padający na powierzchnię prostopadłą do kierunku na Słońce, ustawioną w odległości 149.6 mln km od niego (poza atmosferą).

$$S = \frac{L}{4\pi d^2} = 1361 \text{ W/m}^2$$

gdzie $L = 3.828 \times 10^{26} \text{ W}$ (moc promieniowania Słońca), $d = 149.6 \text{ mln km}$ (jednostka astronomiczna)

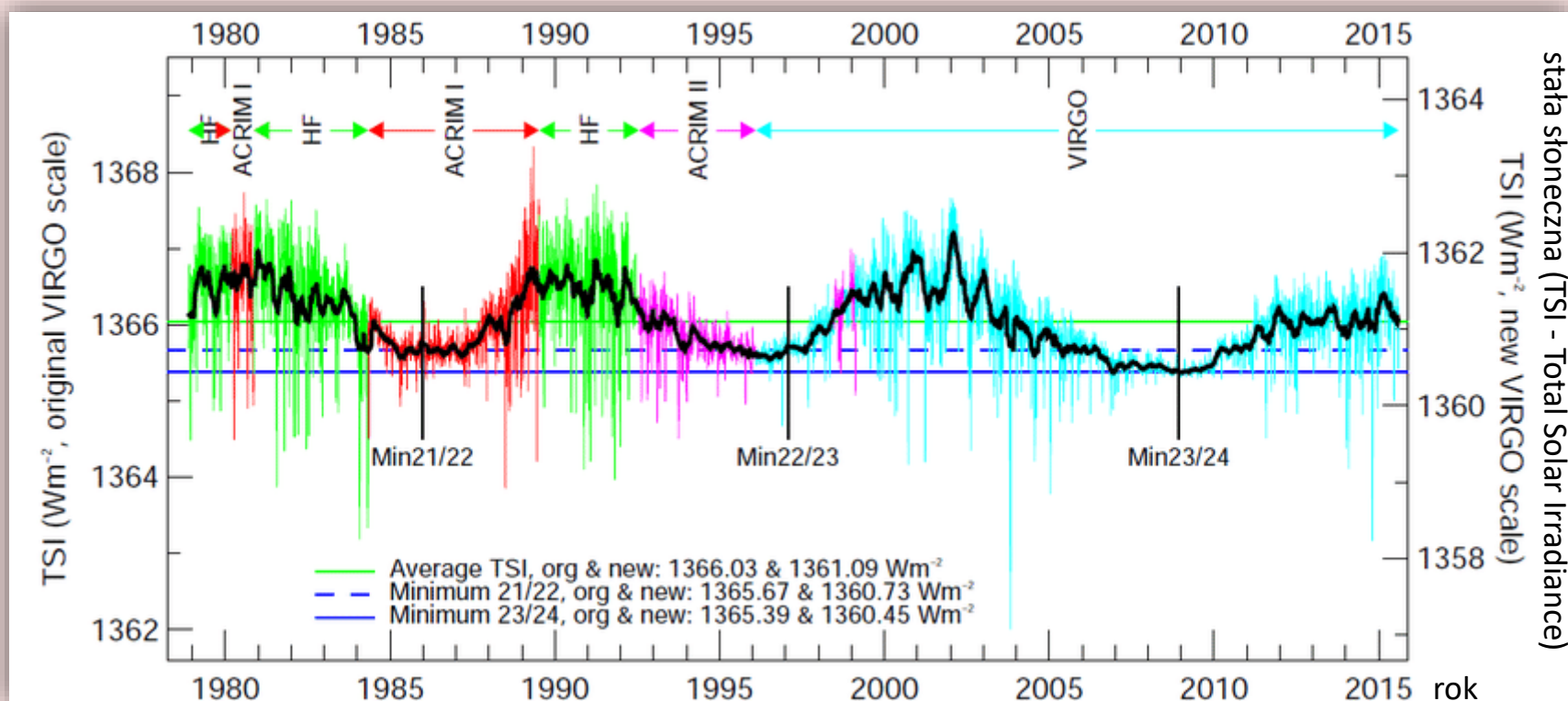


Ziemia – Słońce

Stała słoneczna* (solar constant) – strumień promieniowania padający na powierzchnię prostopadłą do kierunku na Słońce, ustawioną w odległości 149.6 mln km od niego (poza atmosferą).

$$S = \frac{L}{4\pi d^2} = 1361 \text{ W/m}^2$$

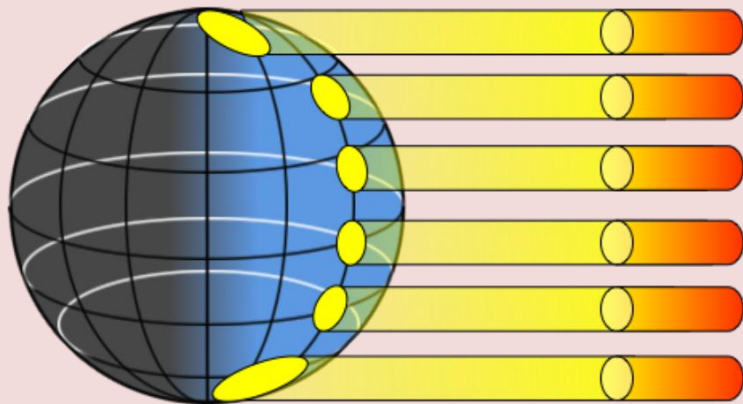
gdzie $L = 3.828 \times 10^{26} \text{ W}$ (moc promieniowania Słońca), $d = 149.6 \text{ mln km}$ (jednostka astronomiczna)



* Stała słoneczna nie jest stała. Zmienia się zależnie od poziomu aktywności Słońca

Ziemia – Słońce

Nasłonecznienie zależy od ilości energii emitowanej przez Słońce, odległości od niego i **ustawienia powierzchni względem kierunku na Słońce.**



Nasłonecznienie chwilowe dla momentu górowania Słońca:

$$F_S = S \cdot \sin(h_g) = \frac{L}{4\pi d^2} \sin(h_g) \quad [\text{W/m}^2]$$

h_g – wysokość górowania Słońca

Nasłonecznienie dobowe:

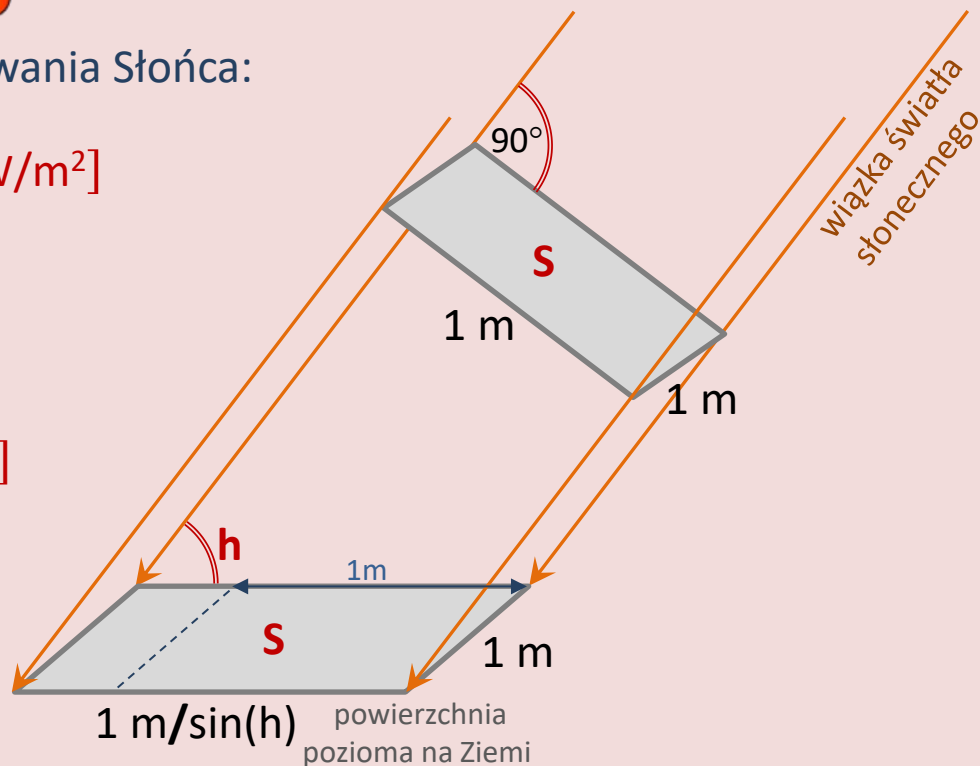
$$Q = 2S \int_0^{t_z} \sin(h(t)) dt \quad [\text{J/m}^2]$$

t – kąt godzinny, t_z – kąt godzinny zachodu Słońca

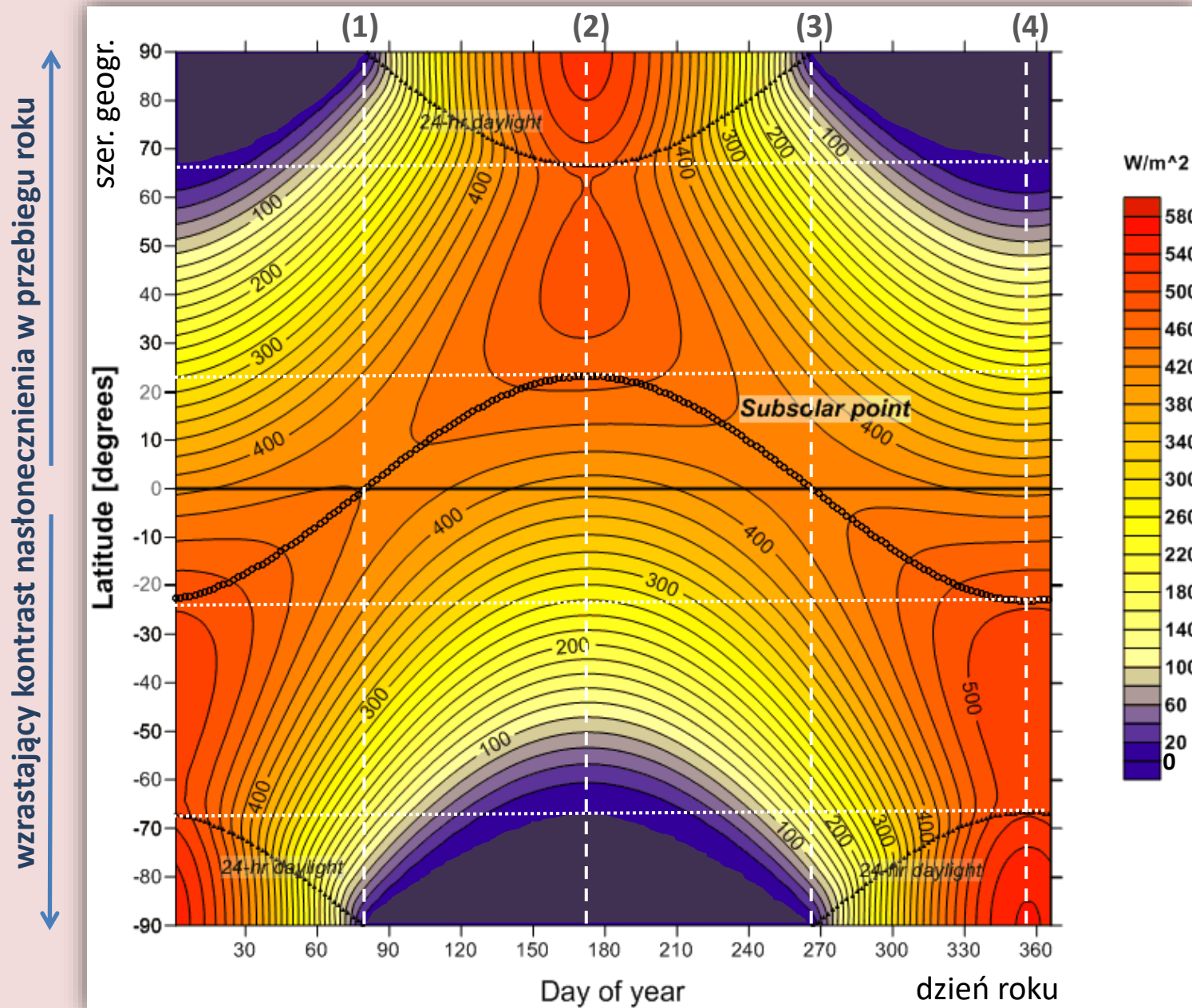
Nasłonecznienie średnie dobowe

$$Q_{sr} = Q/24h \quad [\text{W/m}^2]$$

uwaga: nie uwzględniamy efektów obecności atmosfery i zachmurzenia



Ziemia – Słońce

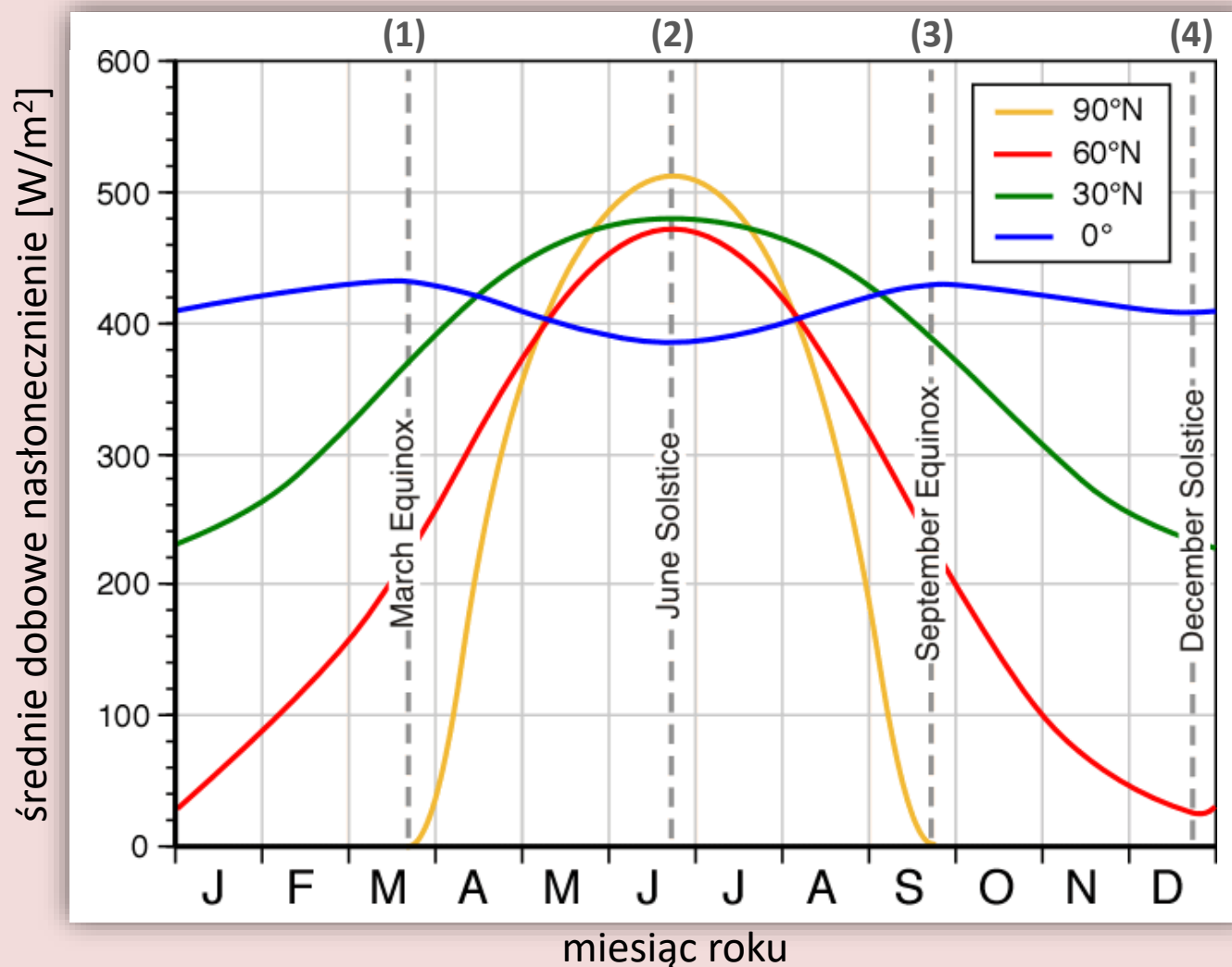


Średnie dobowe nasłonecznienie w zależności od szer. geogr. i dnia roku

Ziemia – Słońce

Nastonecznienie jest głównym czynnikiem determinującym **pory roku** oraz ważnym czynnikiem wpływającym na **klimat** w danym miejscu.

Na klimat wpływają też inne czynniki, np. ukształtowanie powierzchni i prądy oceaniczne.



Średnie dobowe nastonecznienie w zależności od czasu w ciągu roku dla wybranych szer. geogr.

Ziemia – Słońce



strefy oświetlania Ziemi

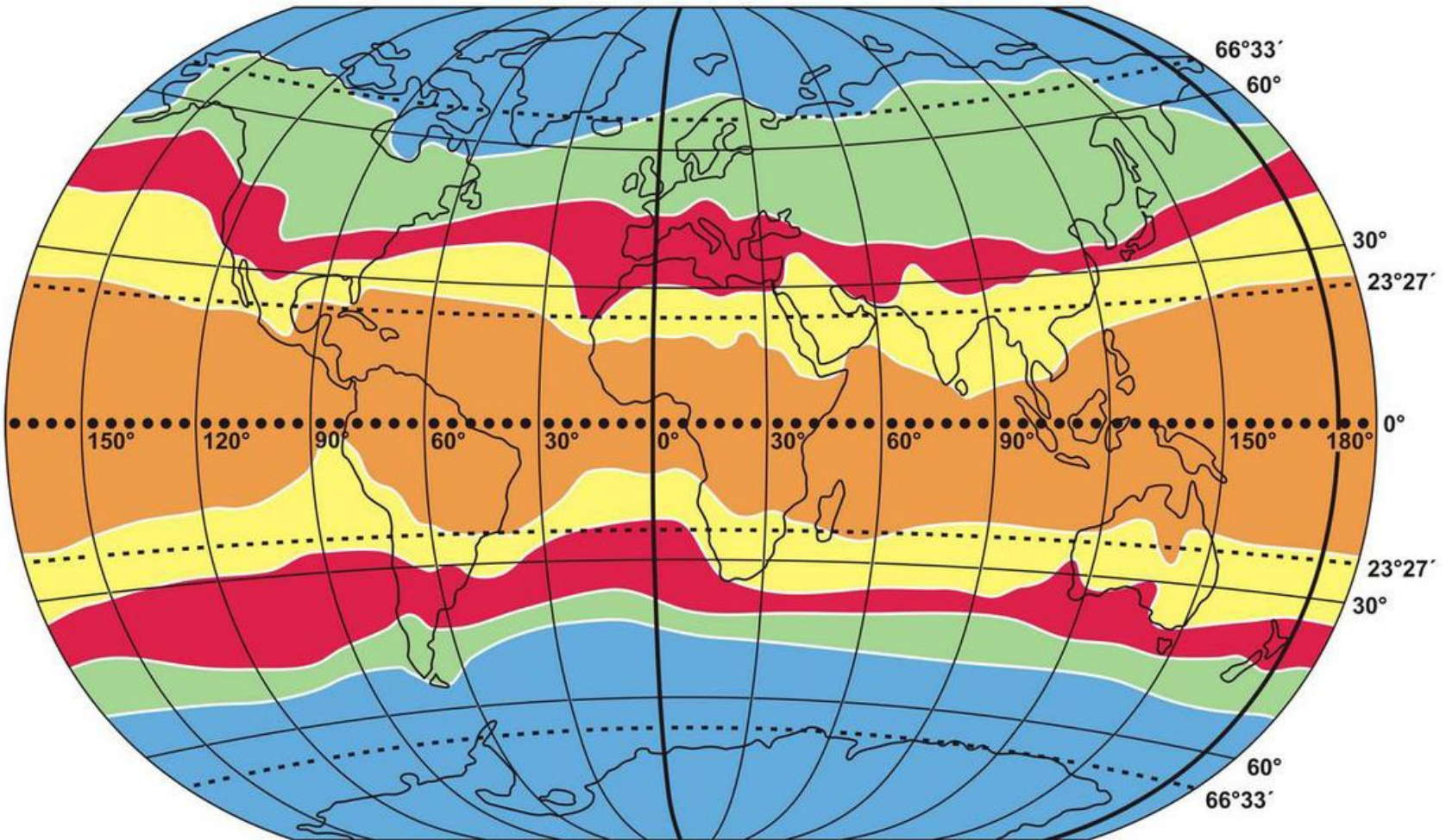
Ziemia – Słońce

STREFY KLIMATYCZNE
skala 1: 90 000 000

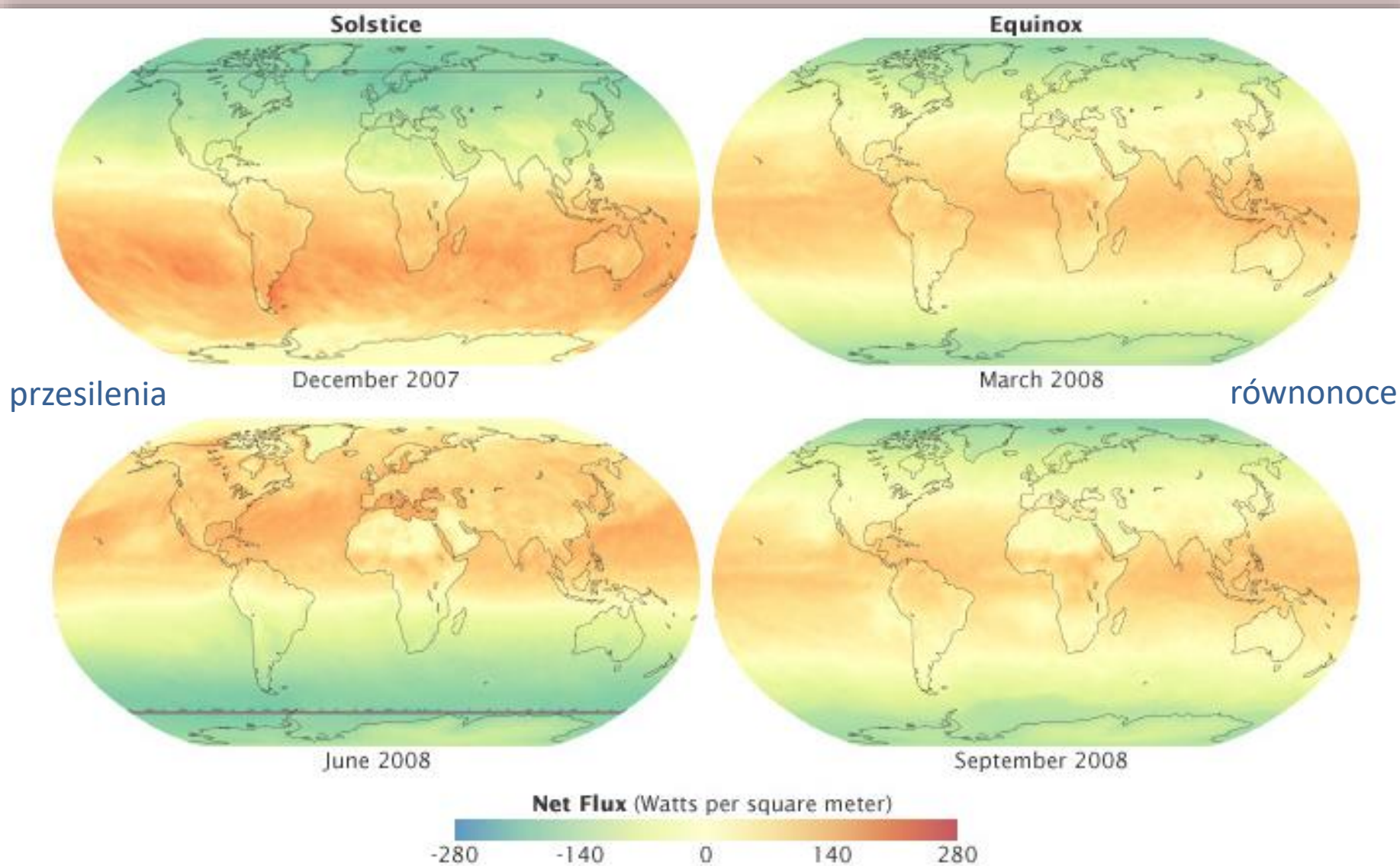
strefy klimatów:

równikowych
zwrotnikowych

podzwrotnikowych
umiarkowanych
okołobiegunowych



Ziemia – Słońce

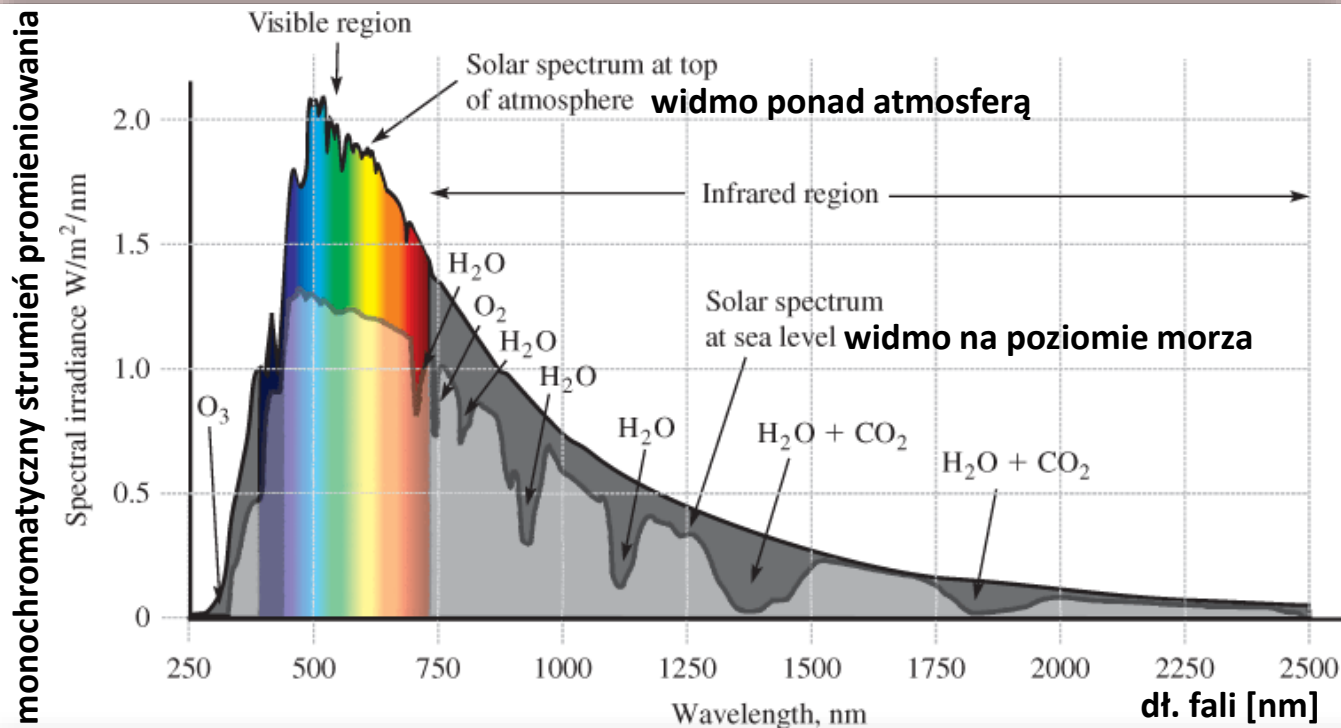


Globalna mapa bilansu energetycznego Ziemi w ciągu roku

Wartości dodatnie strumienia (net flux) oznaczają, że powierzchnia Ziemi dostaje więcej ciepła od Słońca niż sama oddaje (wzrost temp.).
Ujemne wartości oznaczają, że powierzchnia Ziemi oddaje więcej ciepła niż dostaje od Słońca (spadek temp.).

Ziemia – Słońce

Wpływ na nasłonecznienie ma też atmosfera (ekstynkcja, chmury)



Wpływ atmosfery na docierające do powierzchni Ziemi widmo promieniowania Słońca (dla atmosfery bez chmur)



Pomiar nasłonecznienia w zależności od zachmurzenia (stacja meteo UWr, ul. Kosiby)