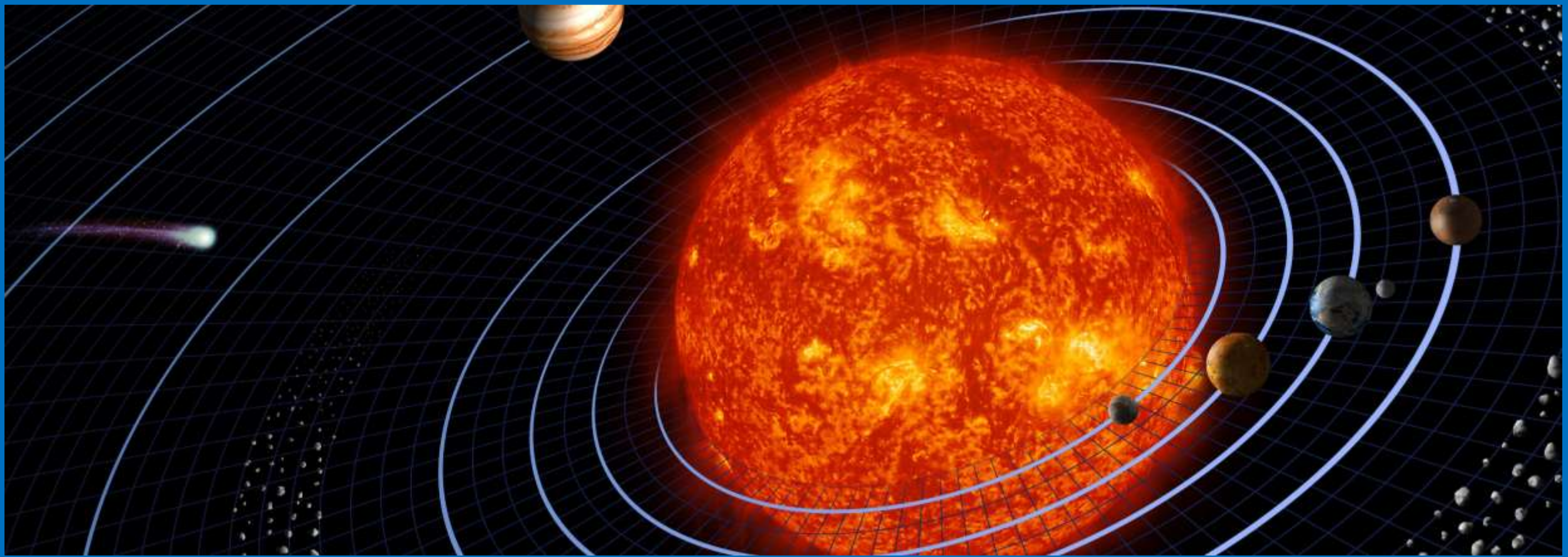




II. Ziemia we wszechświecie

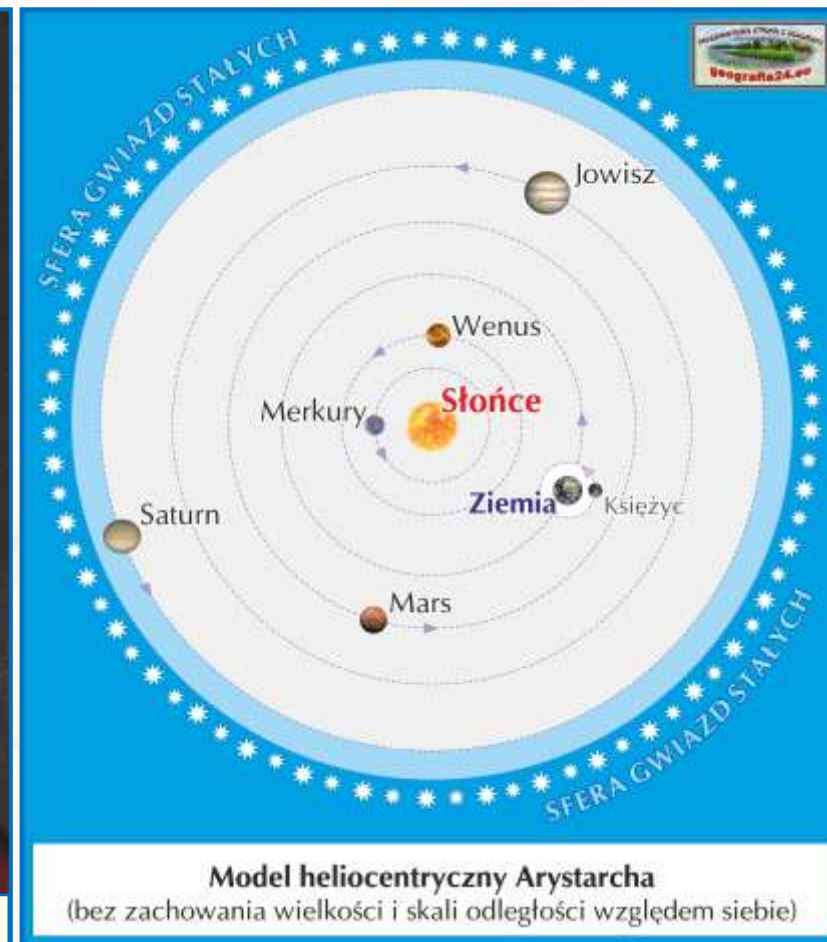
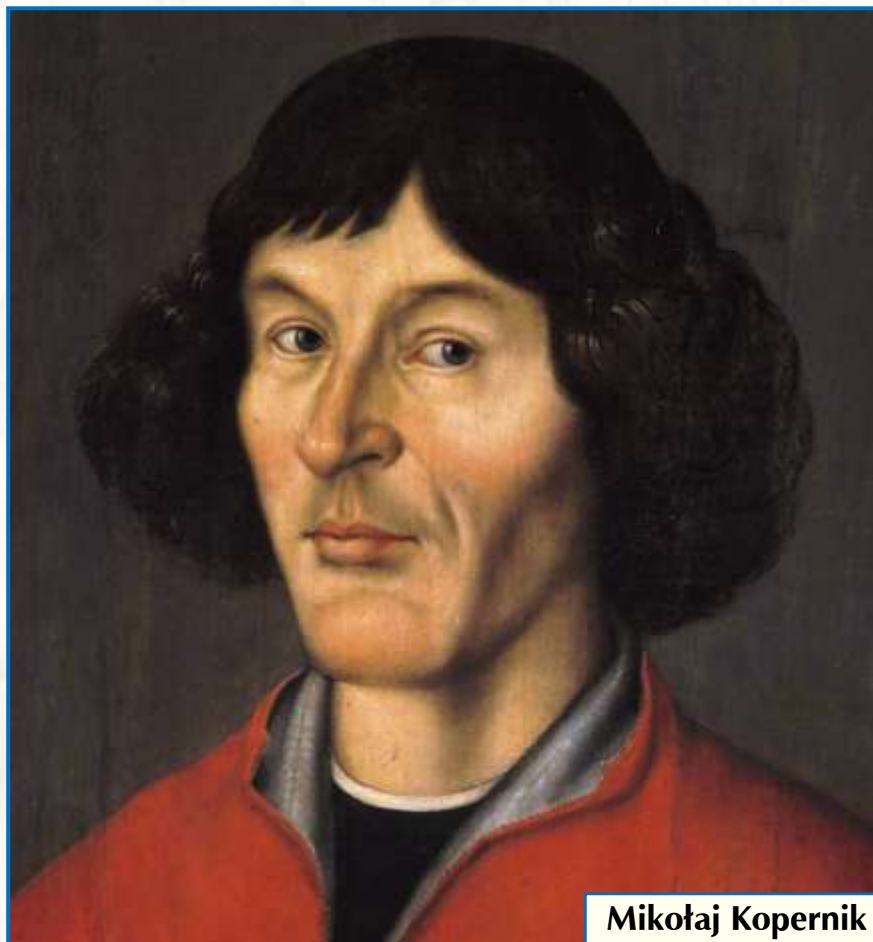
3a. Ruch obiegowy Ziemi



Ruch obiegowy Ziemi

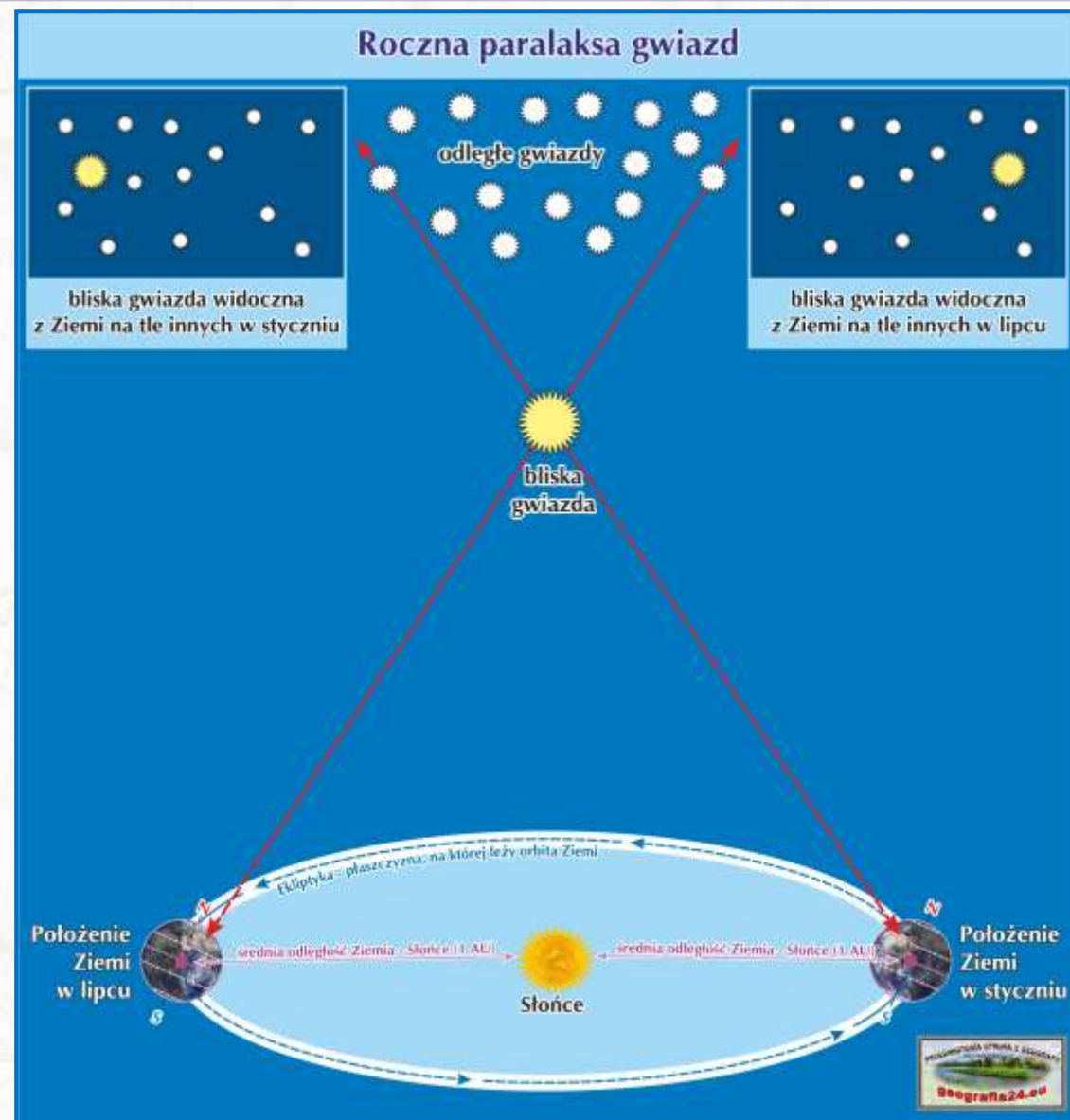
Ruch obiegowy Ziemi

- Ziemia obiega gwiazdę znajdującą się w środku naszego układu planetarnego, czyli Słońce.
- Te stwierdzenie, dzisiaj niekwestionowane (**teorię heliocentryczną** zaproponował **Arystarch** w III w. p.n.e.; w XVI w. powrócił do niej **Mikołaj Kopernik**), z trudem dochodziło do powszechnej świadomości, ponieważ dawniej myślano, że to Ziemia mieści się w centrum wszechświata, a wokół niej krążą pozostałe planety (**teoria geocentryczna**).
- W XVIII wieku heliocentryczna koncepcja budowy świata, stworzona przez Mikołaja Kopernika i udoskonalona przez innych naukowców i badaczy, była już jednak powszechnie przyjmowana.



Dowody na ruch obiegowy: roczna paralaksa gwiazd

- **Roczna paralaksa gwiazd** jest jednym z dowodów na ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca.
- Jest to **zjawisko pozornej zmiany położenia obiektu** (np. bliskiej gwiazdy – Słońca) **na sferze niebieskiej względem dalszych obiektów** (gwiazd) wynikające ze zmiany miejsca obserwacji.
- Spowodowane jest to **przemieszczeniem się obserwatora wskutek rocznego ruchu Ziemi na orbicie (ruchu obiegowego)**.
 - Ściślej rzecz ujmując roczna paralaksa jest to kąt, pod jakim widać z danej gwiazdy promień orbity Ziemi przechodzący prostopadłe do kierunku od gwiazdy do Ziemi.
 - Dana gwiazda zatacza pozornie elipsę dookoła swego położenia średniego, w taki sposób, że odchyła się w stronę ekliptyki od punktu, gdzie w danym czasie znajduje się Słońce.
- Przesunięć tego typu poszukiwali astronomowie po ogłoszeniu teorii Kopernika, nie przypuszczając, że wskutek olbrzymich odległości od gwiazd **ruch paralaktyczny jest bardzo niewielki**.
 - Dopiero w 1838 roku wykonano pomiar pierwszej paralaksy.
- Roczna paralaksa gwiazd służy obecnie do **mierzenia odległości do gwiazd** – im większa paralaksa, tym gwiazda jest bliżej.



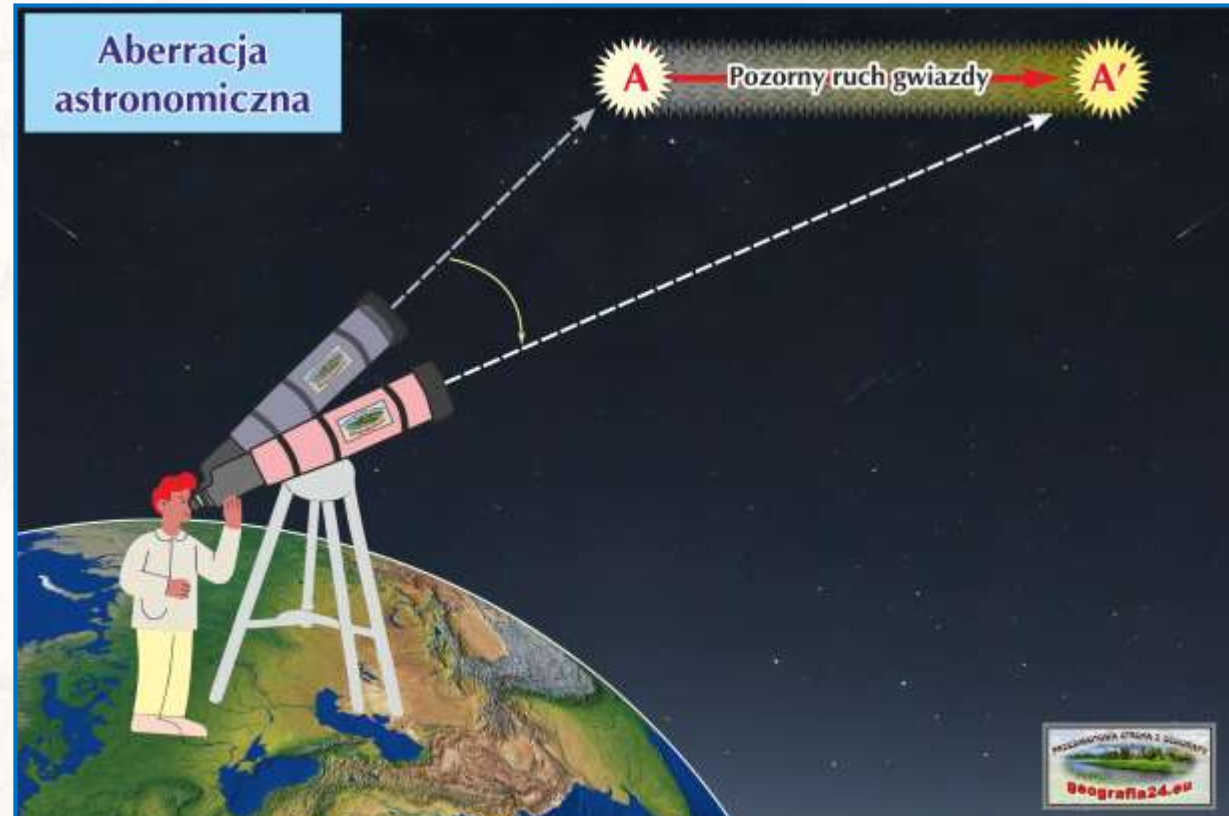
W rocznym ruchu Ziemi wokół Słońca będziemy widzieli gwiazdę w różnych położeniach na sklepieniu niebieskim (jej położenie będzie ulegało pozornemu przemieszczeniu w ciągu roku).

Dowody na ruch obiegowy: aberracja światła

- **Aberracja światła (aberracja astronomiczna)** – pozorna zmiana położenia obserwowanego obiektu astronomicznego, wynikająca z ruchu obiegowego Ziemi wokół Słońca oraz skończoną prędkością światła.
- Zjawisko to odkrył w 1728 roku **James Bradley**.
- Wyobraźmy sobie, że w deszczowy i bezwietrzny dzień stoimy pod parasolem.
 - Krople deszczu padają na parasol pionowo.
 - Jeśli jednak zaczniemy iść, to będziemy musieli parasol pochylić tym bardziej, im szybciej idziemy.
- Podobnie jest ze światłem.
 - Gdyby Ziemia była nieruchoma, to widzielibyśmy gwiazdę dokładnie w miejscu, w którym rzeczywiście się znajduje.
 - Jeśli jednak Ziemia znajduje się w ruchu, to obserwator, chcąc widzieć gwiazdę dokładnie w środku pola widzenia, musi pochylić lunetę w kierunku swego ruchu.
 - Obserwator z Ziemi nie widzi nigdy gwiazdy w miejscu, gdzie ona rzeczywiście się znajduje, lecz w miejscu różniącym się od prawdziwego o **kąt aberracji**.



Im szybciej poruszamy się w deszczu, tym bardziej musimy pochylić parasol.



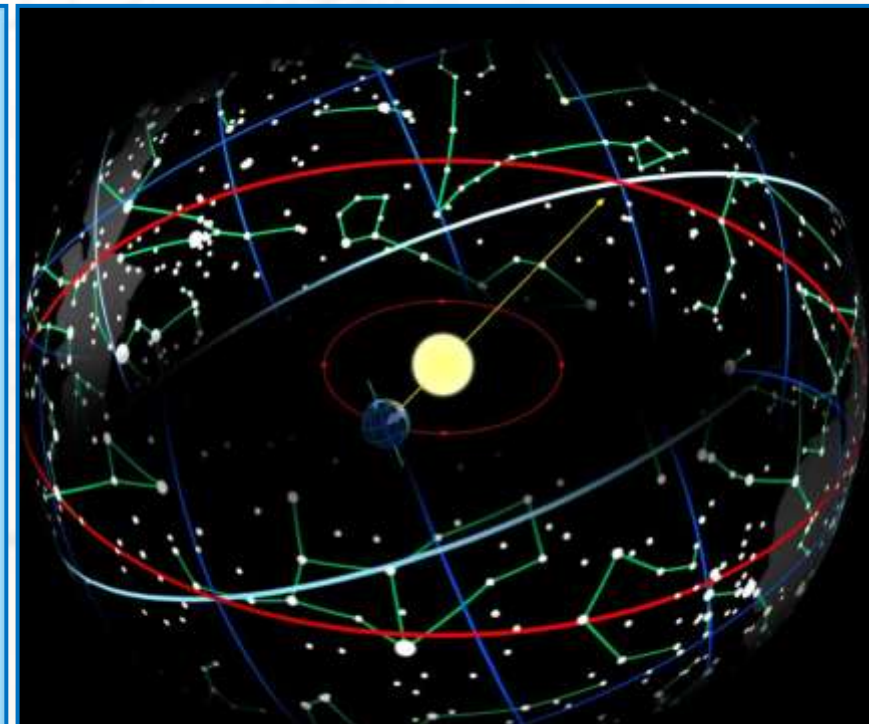
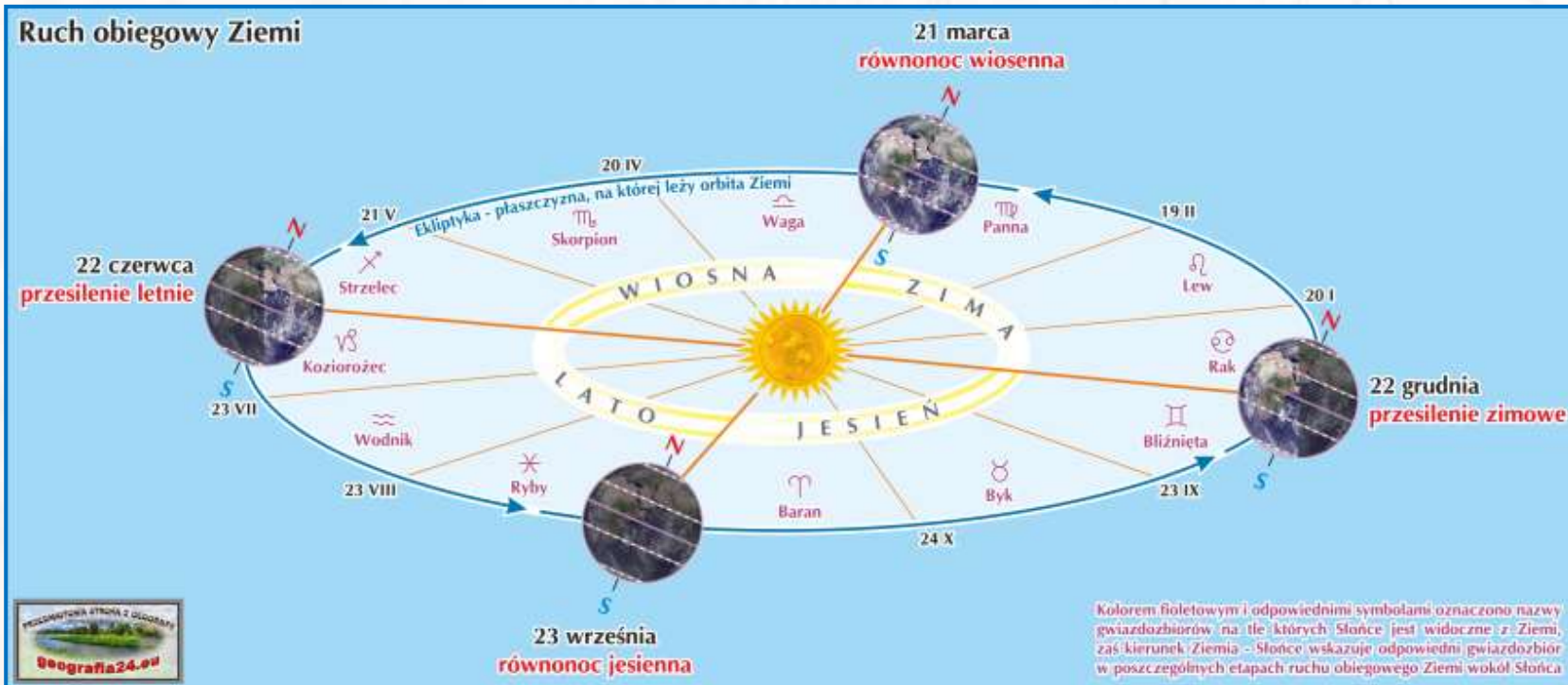
Chcąc uwzględnić ruch obiegowy Ziemi, teleskop należy ustawić pod odpowiednim kątem (należy uwzględnić przesunięcie Ziemi na orbicie).



Parametry ruchu obiegowego Ziemi

Kształt Orbity Ziemi

- **Mikołaj Kopernik** opisując **ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca**, posługiwał się **orbitą kolistą**.
 - Gdyby taki był rzeczywisty kształt orbity, to odległość Ziemi od Słońca byłaby w każdym miejscu jednakowa, tak samo zresztą, jak prędkość kątowna Ziemi.
- Z obserwacji (dokonał ich m.in. Johannes Kepler) wykazano jednak dowody na **eliptyczny kształt orbity Ziemi**:
 - **widomy ruch roczny Słońca na niebie jest niejednostajny** (planety poruszają się szybciej, gdy są bliżej Słońca);
 - **średnica kątowa Słońca (wielkość tarczy) zmienia się w ciągu roku**,
 - kiedy Ziemia znajduje się dalej od Słońca, tarcza ta jest mniejsza, a kiedy bliżej – większa.
- Z uwagi na grawitacyjne oddziaływania innych planet rzeczywisty kształt orbity Ziemi i orbit innych planet nieco **odbiega od kształtu elipsy** – zjawisko to nazywamy **perturbacją** (łac. “zaburzenie”).



Odległość: Ziemia - Słońce

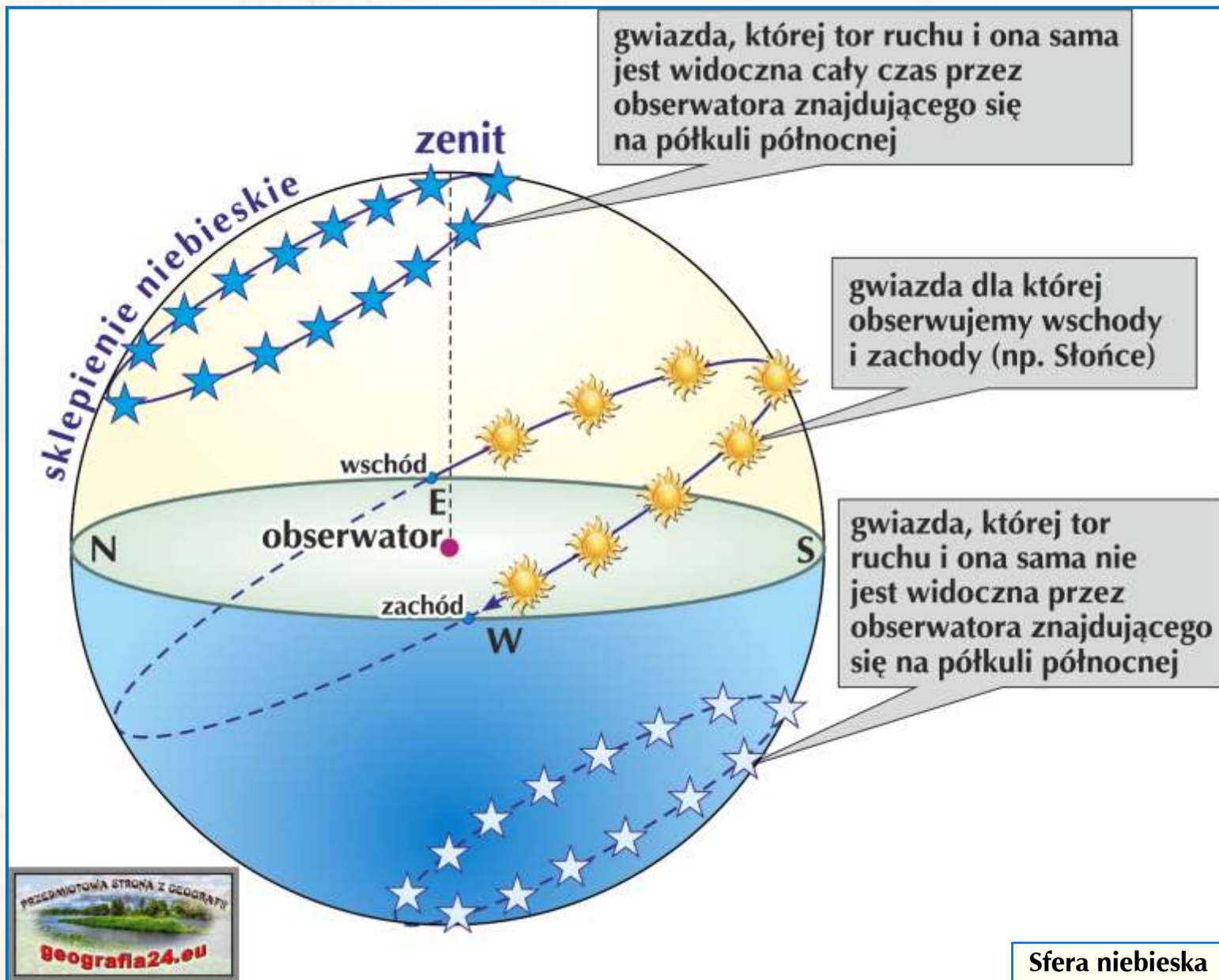
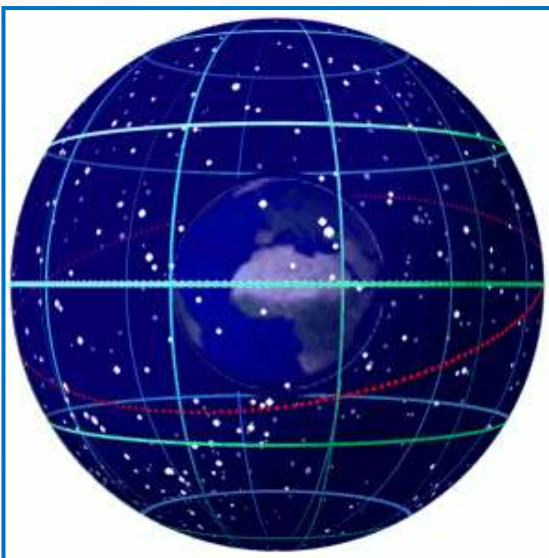
- Średnia odległość Ziemi od Słońca wynosi **149,6 mln km**.
 - Wartość ta stanowi podstawę pomiarów odległości w Układzie Słonecznym i nazywamy ją **jednostką astronomiczną**.
- Ze względu na eliptyczny kształt orbity Ziemi odległość ta się zmienia - waha się:
 - od **147,1 milionów km** (**peryhelium** – punkt **przysłoneczny** – występuje **2-3 stycznia**);
 - do **152,1 milionów km** (**aphelium** – punkt **odsloneczny** – występuje **3-5 lipca**).

Ziemia w aphelium i peryhelium



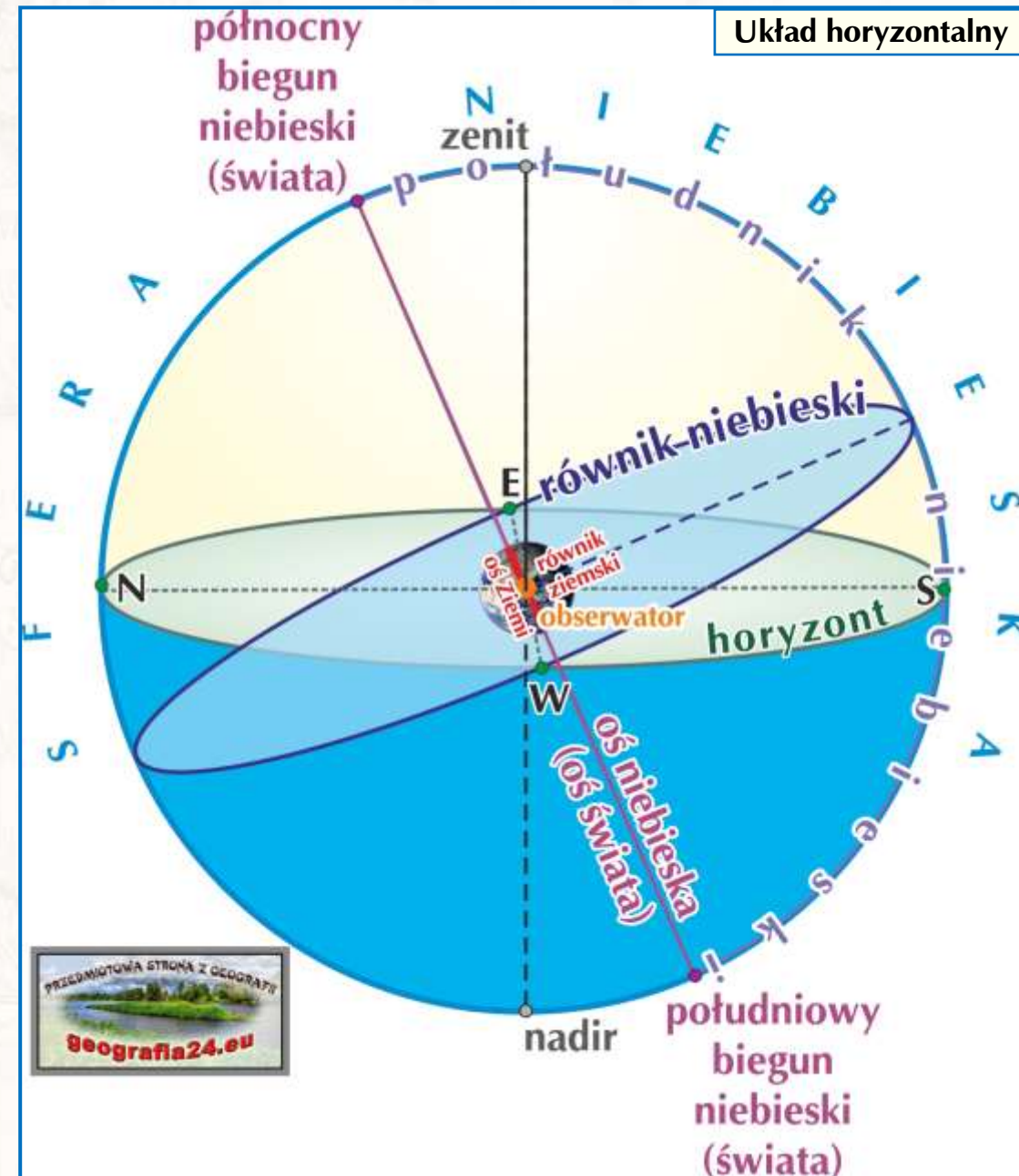
Sfera niebieska (firmament lub sklepienie niebieskie)

- **Sfera niebieska (firmament, sklepienie niebieskie)** – jest to **wyobrażana (widoczna) sfera (kula) z ciałami niebieskimi** (np. gwiazdy, planety), o nieokreślonym promieniu, widoczna na niebie przez obserwatora znajdującego się na Ziemi.
- W dawnych czasach wierzono, że sfera niebieska jest rzeczywistą kopułą na której są “zawieszone” w takiej samej odległości wszystkie gwiazdy i inne obiekty.
- Obecnie dokładnie wiemy, że jest to tylko złudzenie optyczne któremu ulegamy.



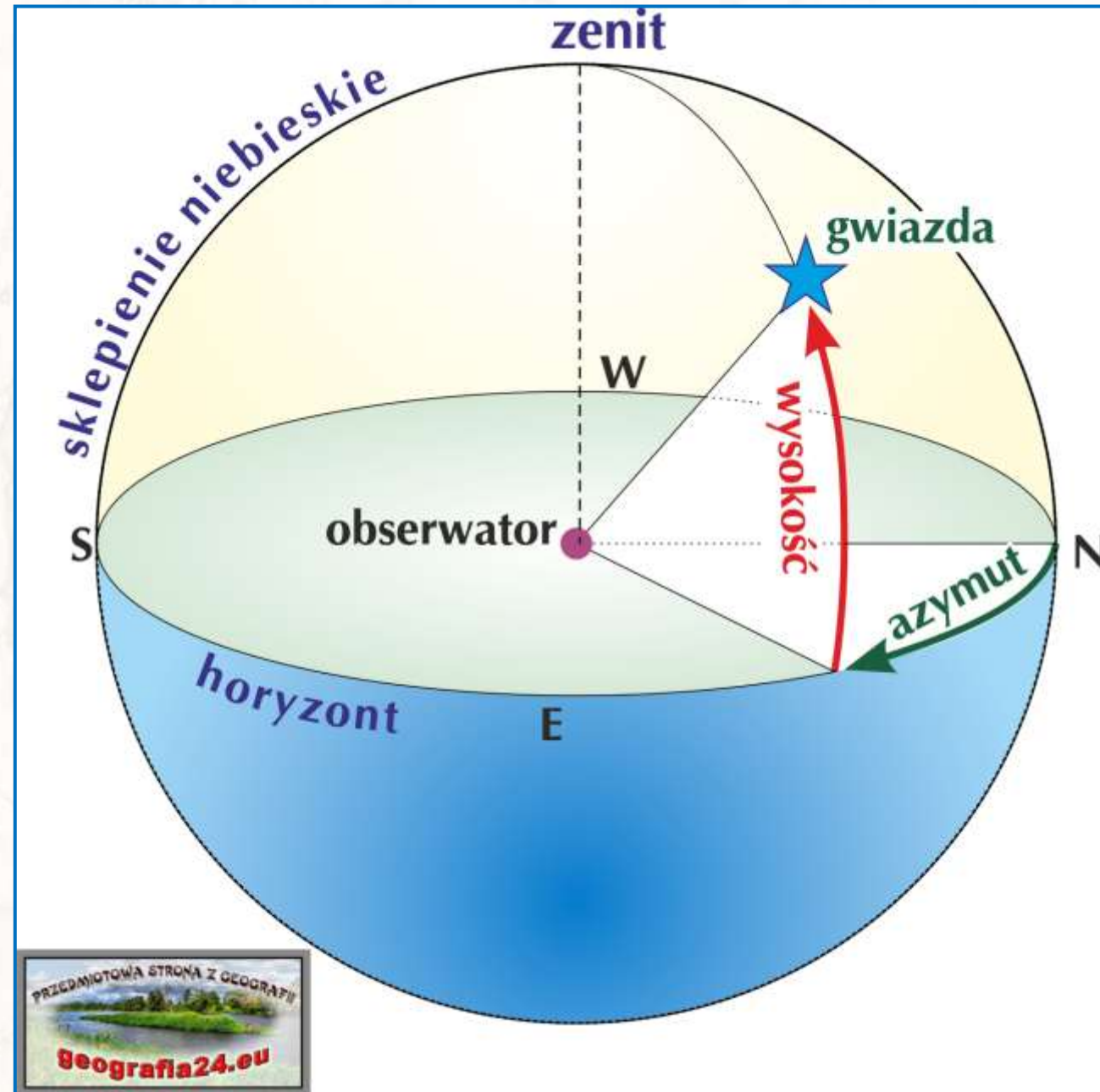
Układ horyzontalny

- **Układ horyzontalny** – stosujemy w celu określenia chwilowego położenia gwiazd widzianych z Ziemi na sferze niebieskiej.
- W centrum tego układu znajduje się **Ziemia z obserwatorem**:
 - **horyzont (linia horyzontu)** – linia dzieląca sferę niebieską na dwie równe części - płaszczyznę, na której stoi obserwator oraz płaszczyznę znajdującą się tuż pod nim,
 - **widnokrąg** – linia styku widocznej (widocznej ponad przeszkodami terenowymi, np. górami) i niewidocznej części świata dla obserwatora z Ziemi,
 - **zenit** – punkt na sferze niebieskiej znajdujący się dokładnie nad obserwatorem,
 - **nadir** – punkt znajdujący się dokładnie pod obserwatorem (dla niego niewidoczny),
 - **południk niebieski** – najkrótsza linia łącząca bieguny niebieskie na sferze niebieskiej, przechodząca przez punkty:
 - północny biegun niebieski,
 - południowy biegun niebieski,
 - zenit lub nadir,
 - **oś niebieska (oś świata)** – linia łącząca północny biegun niebieski z południowym (będącą przedłużeniem także osi naszej Ziemi), względem której prostopadle do niej następuje pozorny ruch całej sfery niebieskiej.



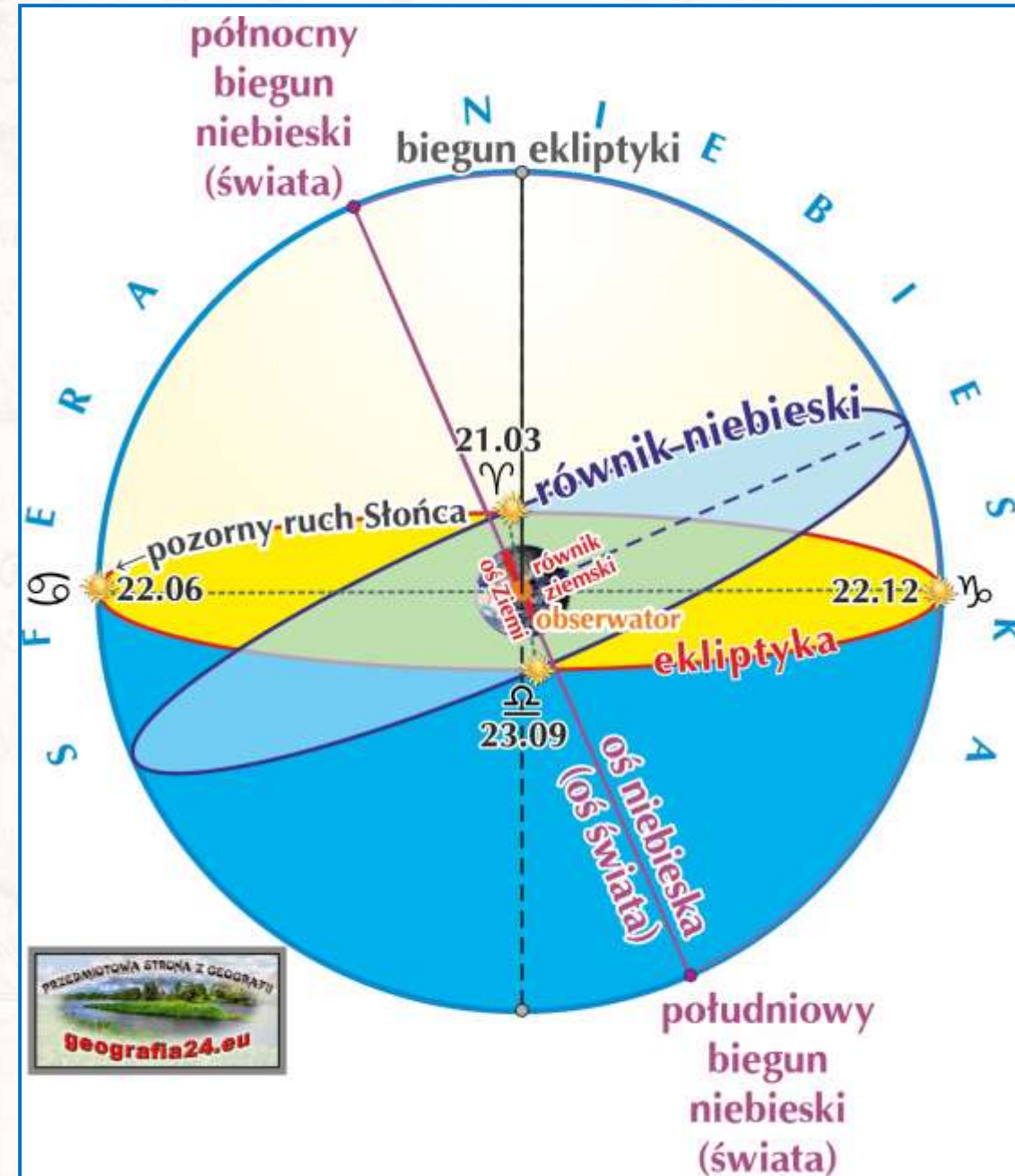
Układ horyzontalny

- Położenie gwiazdy w **układzie horyzontalnym** wyznacza się określając:
 - **wysokość astronomiczną (h)** – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną horyzontu a prostą prowadzącą od obserwatora do danej gwiazdy (ciała niebieskiego);
 - jego wartość zmienia się w zakresie: od -90° do $+90^\circ$;
 - wartości ujemne oznaczają, że obiekt znajduje się pod płaszczyzną horyzontu,
 - wartość 0° oznacza, że obiekt leży dokładnie na linii horyzontu, zaś 90° – dokładnie nad obserwatorem,
 - wartości dodatnie oznaczają, że obiekt jest nad płaszczyzną horyzontu;
 - **azymut astronomiczny (A)** – kąt dwuścienny zawarty między płaszczyzną południka niebieskiego a wyznaczonym kołem wertykalnym – łączącym trzy punkty:
 - **zenit**,
 - **nadir**,
 - **gwiazdę** dla której azymut chcemy ustalić;
 - wartość azymutu waha się w zakresie od 0° do 360° (wzrasta zgodnie z ruchem wskazówek zegara).



Nachylenie ekliptyki oraz nachylenie osi ziemskiej

- **Równik niebieski** jest to wielkie koło na sferze niebieskiej, powstałe w wyniku jej przecięcia płaszczyzną prostopadłą do **osi świata (osi niebieskiej)** – dzieli on sferę niebieską na **półkulę północną i południową**.
 - Na płaszczyźnie równika niebieskiego leży **równik ziemski**.
- Przecięcie **sfer niebieskiej** płaszczyzną **orbity Ziemi** wyznacza z kolei **ekliptykę**, czyli inne wielkie koło na tej sferze, po którym przesuwa się środek Słońca w swym pozornym ruchu w ciągu roku (wzdłuż ekliptyki porusza się Słońce z punktu widzenia obserwatora na Ziemi).
- **Płaszczyzna ekliptyki** (czyli **płaszczyzna orbity ziemskiej**) jest nachylona do **płaszczyzny równika niebieskiego** pod kątem zwanym **nachyleniem ekliptyki**, który wynosi obecnie $23^{\circ}26'$.
- **Oś Ziemi** nachylona jest do **płaszczyzny ekliptyki** pod kątem $66^{\circ}34'$.
 - W trakcie obiegu Ziemia (obieg Ziemi dookoła Słońca jest przeciwny do ruchu wskazówek zegara) zawsze jest zwrócona **osią Ziemi** w ten sam punkt przestrzeni.
 - W punkcie tym znajduje się **północny biegun niebieski (świata)** oraz mniej więcej **Gwiazda Polarna**.



Cykle Milankovicia: nachylenie ekliptyki i precesja osi

- ♦ **Nachylenie ekliptyki** – zmienia się w granicach **$21,8^{\circ}$ – $24,4^{\circ}$** w ciągu **41 tys. lat**.

- ♦ Obecnie wynosi $23,44^{\circ}$ i zmniejsza się.

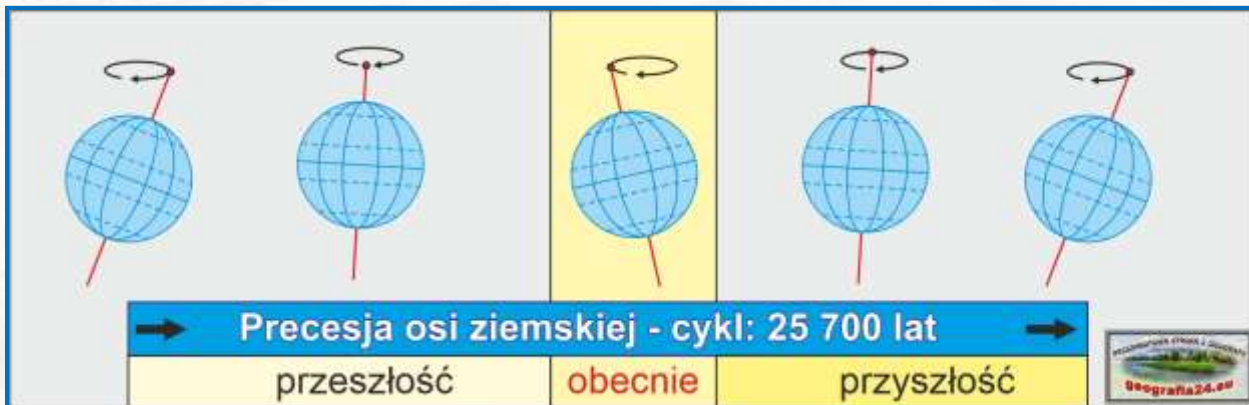
- ♦ Za około 27 tys. lat zwrotniki będą miały niższą szerokość geograficzną.

- ♦ Obszar międzyzwrotnikowy będzie gorętszy, a okołobiegunowy zimniejszy.

- ♦ **Precesja osi ziemskiej** jest konsekwencją drgania Ziemi pod wpływem niestabilnych oddziaływań grawitacyjnych Księżyca i Słońca oraz (w mniejszym stopniu) planet.

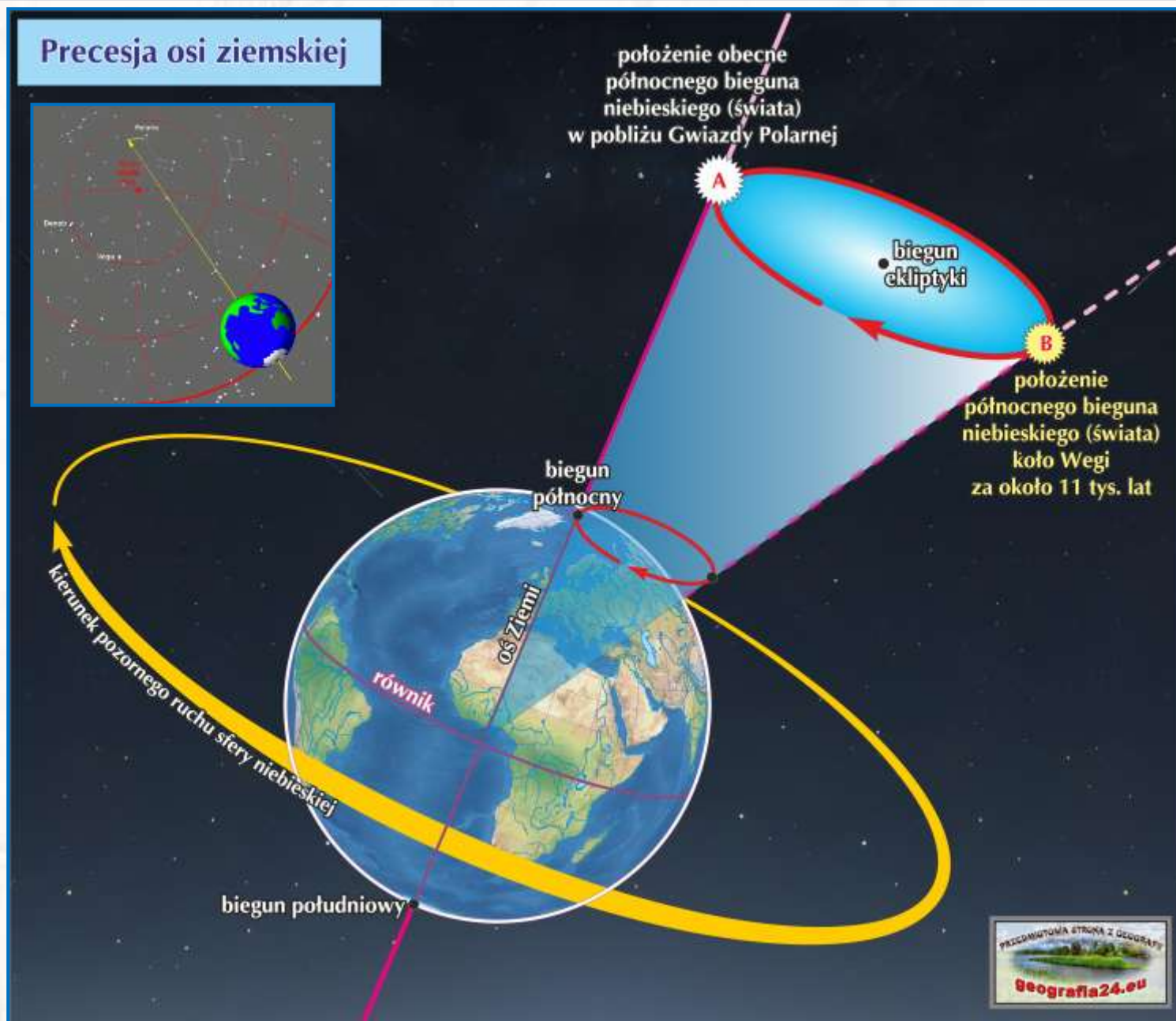
- ♦ Jest to długookresowa zmiana położenia tej osi w przestrzeni, polegająca na jej przesuwaniu się po pobocznicy stożka i znaczeniu okręgu wokół bieguna ekliptyki.

- ♦ Pełny cykl precesji trwa **25 700 lat** – **rok platoński**.



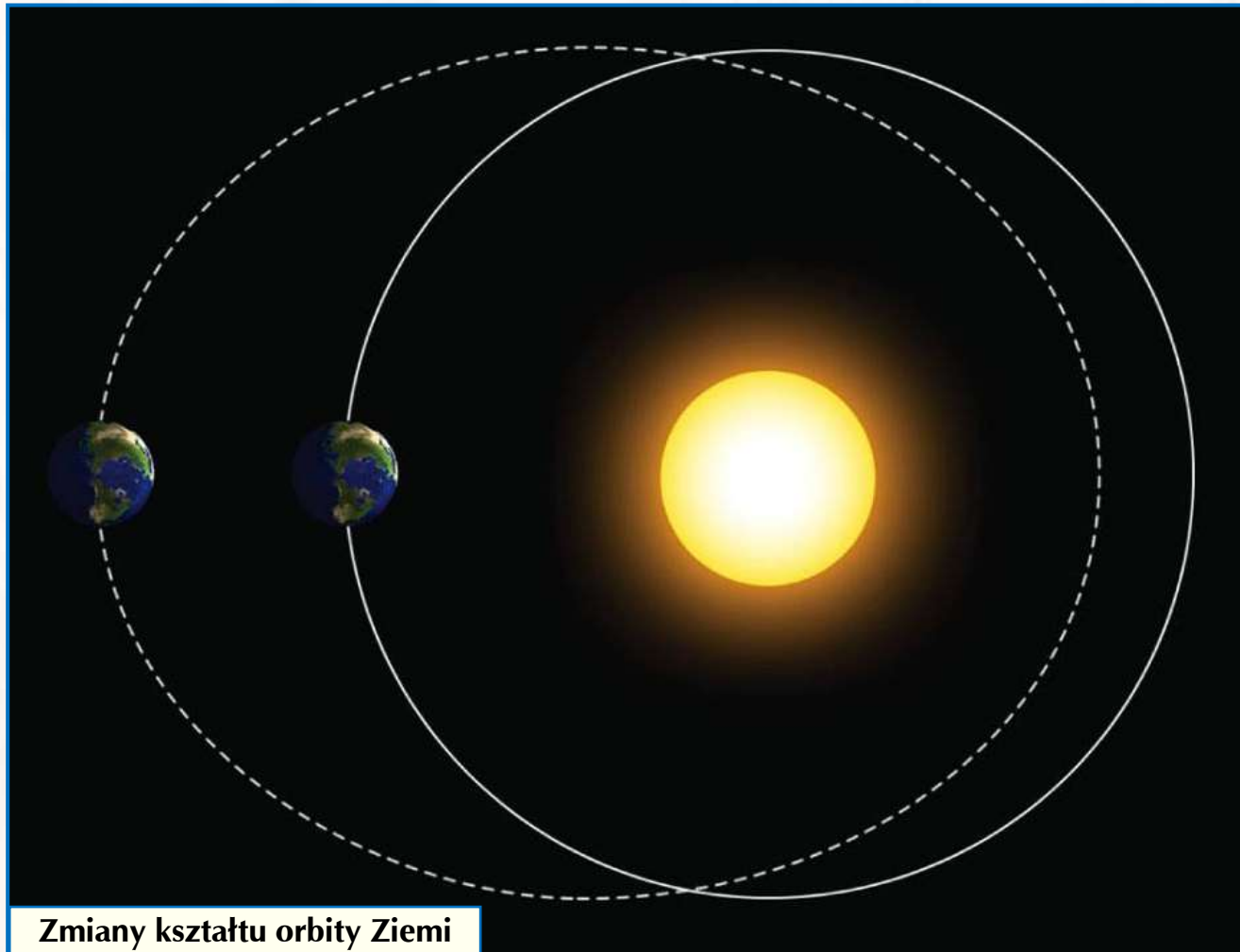
Konsekwencje precesji osi ziemskiej

- W wyniku **precesji osi ziemskiej** zmieniają swoje względne położenie bieguny niebieskie.
 - Biegun północny, leżący dzisiaj w pobliżu **Gwiazdy Polarnej**, za około 11 000 lat znajdzie się w pobliżu **Wegi**.
- Skutkiem precesji jest też **przesuwanie się na zachód punktu Barana** (punktu równonocy wiosennej), który około 100 r. p.n.e. był w pierwszy dzień wiosny widziany na tle konstelacji Barana.
 - **Obecnie** w tym dniu znajduje się w konstelacji **Ryb**, a za około 2150 lat będzie w gwiazdozborze Wodnika.
 - Dlatego przy rozpoczynaniu kalendarzowych pór roku mówimy o wchodzeniu Słońca widzianego z Ziemi w punkt na ekliptyce, nie w gwiazdozbiór.
- Związane z precesją widome przemieszczenia wszystkich gwiazd na sklepieniach niebieskich zmuszają do **sukcesywnego aktualizowania map nieba** (obecnie są one zmieniane co 50 lat).



Zmiany klimatyczne wg Milankovicia

- **Zmiana nachylenia ekliptyki**, rozpatrywana w powiązaniu z **precesją osi Ziemi** oraz **zmianą kształtu orbity Ziemi**, jest uznawana za jeden z ważniejszych czynników **długookresowych zmian klimatu Ziemi**.
- **Zmiany kształtu orbity Ziemi** (trzeci element cykli Milankovicia) następują co około **95 tysięcy lat**.
- Obecnie kształt naszej orbity jest blisko **najbardziej kolistego**.

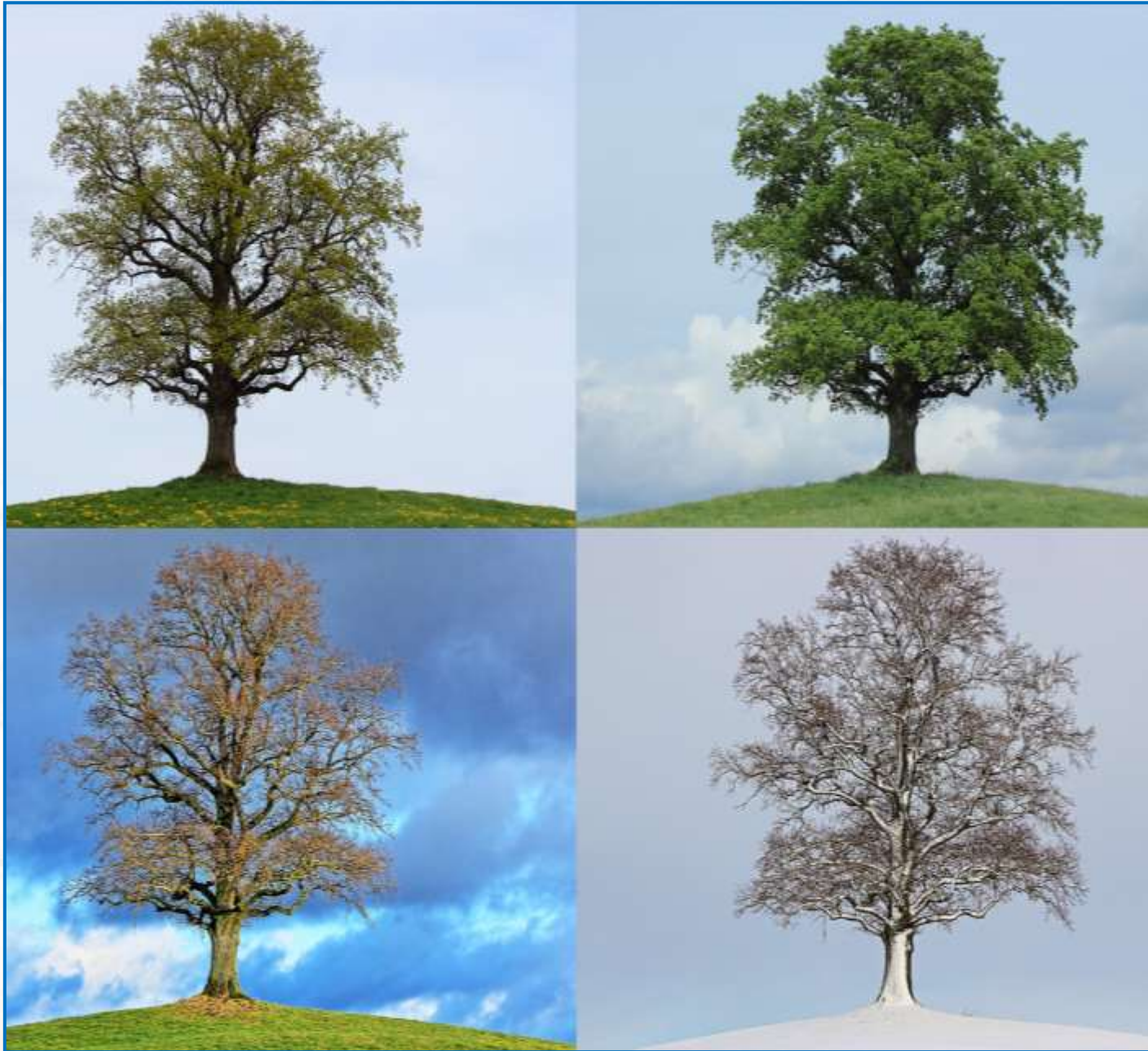


Zmiany kształtu orbity Ziemi



Ruch słońca po ekliptyce – astronomiczne pory roku

- Konsekwencją ruchu Ziemi po orbicie wokół słonecznej jest **widoczny ruch Słońca po ekliptyce** i zmiany jego położenia w stosunku do gwiazdozbiorów Zodiaku.
- Na podstawie pozycji Słońca można wyznaczyć **astronomiczne pory roku**.
- W tym celu należy ustalić **długość ekliptyczną** (oznaczana symbolem λ), czyli **kątowe oddalenie od punktu Barana** (zawarte w przedziale 0° - 360° i narastające na wschód, w kierunku pozornego ruchu Słońca), który znajduje się w miejscu przecięcia ekliptyki przez równik niebieski i stanowi **początek układu ekliptycznego**.

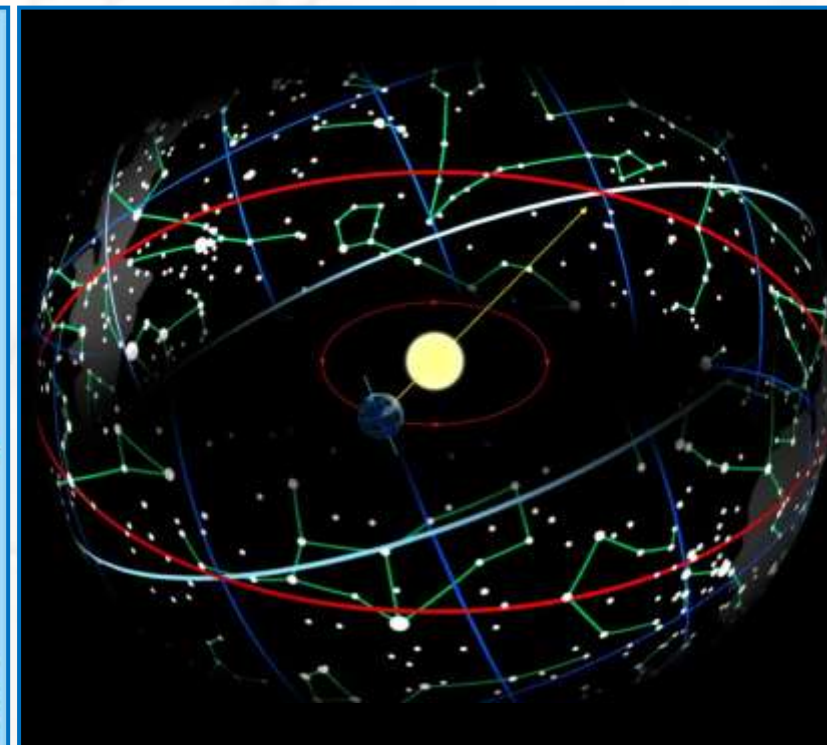
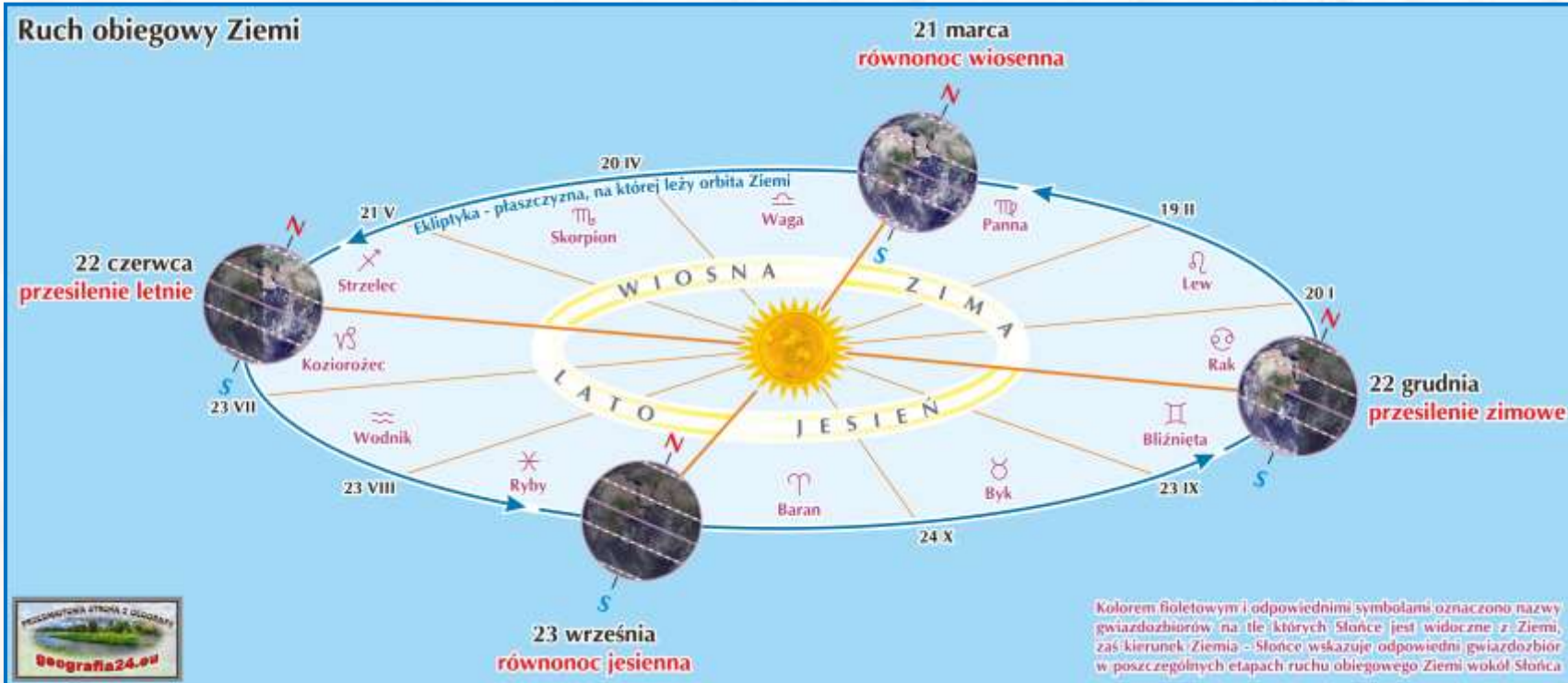


Ruch słońca po ekliptyce – astronomiczne pory roku

→ Obserwacje przesuwania się środka tarczy słonecznej po ekliptyce dowodzą, że około:

- **21 marca** (długość ekliptyczna: $\lambda=0^\circ$) środek ten przechodzi przez równik niebieski w **punkcie Barana** i zaczyna się **astronomiczna wiosna** na półkuli północnej i astronomiczna jesień na półkuli południowej (trwa 92 dni i 19 godz.);
- **22 czerwca** ($\lambda=90^\circ$) osiąga **punkt Raka**, na półkuli północnej zaczyna się wówczas **astronomiczne lato**, a na półkuli południowej astronomiczna zima (trwa 93 dni i 15 godz.);
- **23 września** ($\lambda=180^\circ$) wchodzi ponownie na równik niebieski w **punkcie Wagi**, co oznacza początek **astronomicznej jesieni** na półkuli północnej i astronomicznej wiosny na półkuli południowej (trwa 89 dni i 19 godz.);
- **22 grudnia** ($\lambda=270^\circ$) przechodzi przez **punkt Koziorożca**, na półkuli północnej zaczyna się wówczas **astronomiczna zima**, zaś na półkuli południowej astronomiczne lato (trwa 89 dni).

Ruch obiegowy Ziemi



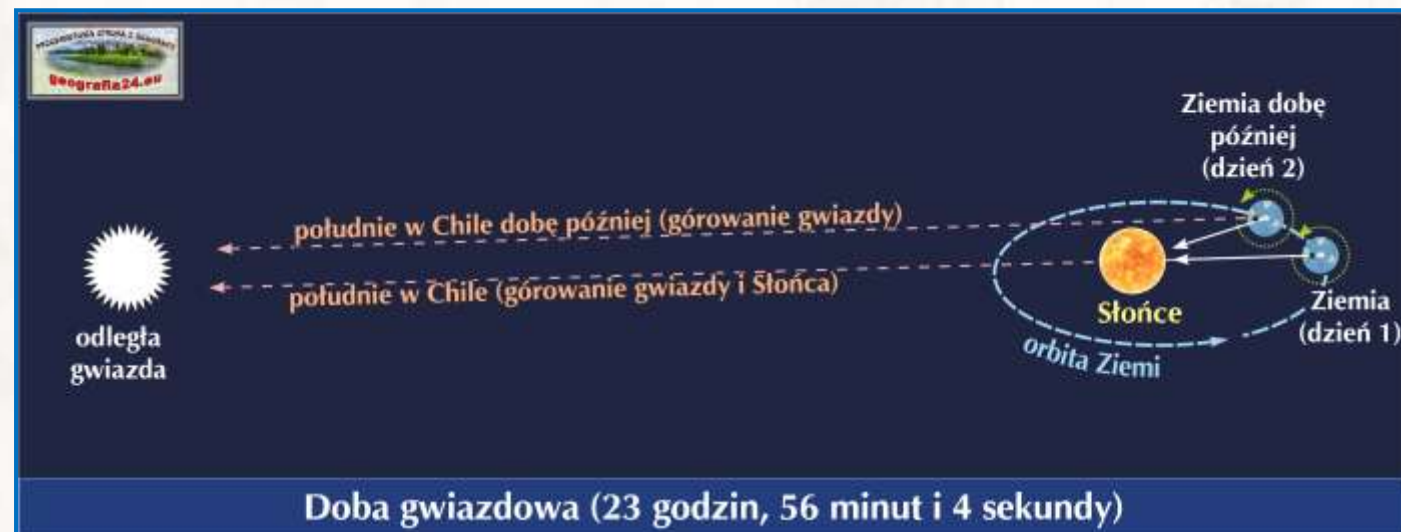
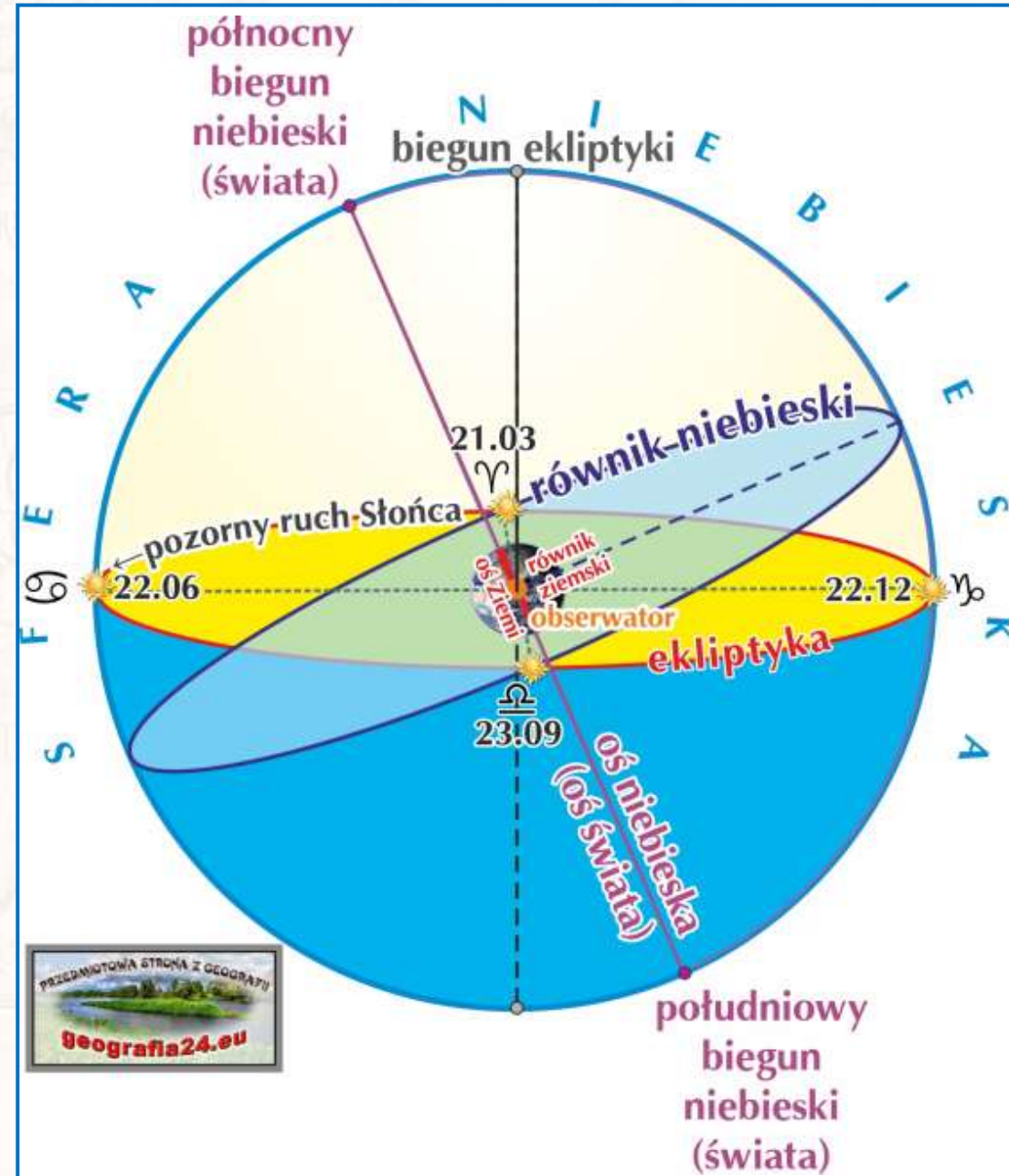
Astronomiczne i kalendarzowe pory roku

- **Astronomiczne pory roku** są związane z ruchem obiegowym Ziemi wokół Słońca.
- **Na naszej półkuli astronomiczne pory roku pokrywają się z porami kalendarzowymi,**
 - **zaś na półkuli południowej są wzajemnie przesunięte o pół roku,** tzn. astronomicznemu latu odpowiada tam kalendarzowa zima.
- Kalendarzowe pory roku są najwyraźniejsze w strefach umiarkowanych szerokości geograficznych.
- Astronomiczne pory roku nie mają stałych dat rozpoczęcia.
 - Zaraz po roku przystępnym daty rozpoczęcia astronomicznych pór roku są wcześniejsze od dat rozpoczęcia kalendarzowych pór roku.
 - Moment zmiany pory roku wyznaczany jest za pomocą obliczeń astronomicznych i w rzeczywistości co roku wypada o innej porze dnia, a nawet innego dnia.
 - W związku z tym np. początek wiosny wypada czasami nie 21., a 20. lub 22. dnia marca.
 - Jest to wynikiem kumulowania się godzin na 29 lutego w roku przestępnym.



Czas obiegu Ziemi wokół Słońca

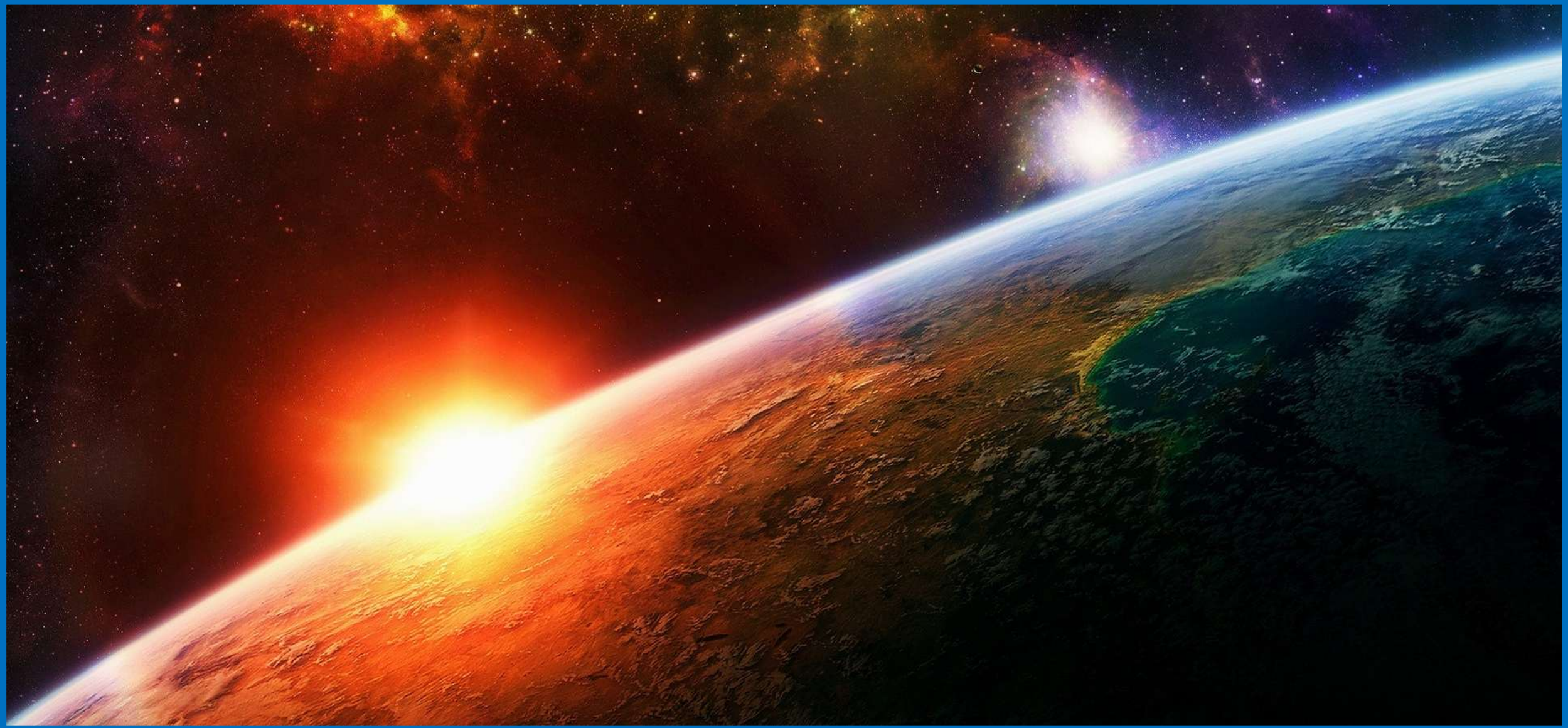
- **Rok zwrotnikowy** – wyznaczany jest na podstawie obserwacji widomego ruchu Słońca i liczymy go od momentu przekroczenia przez Słońce Punktu równonocy wiosennej, czyli punktu Barana aż do jego kolejnego przekroczenia.
 - Pełen obieg Ziemi wokół Słońca wyrażony w jednostkach czasu trwa **365,2422 dni (365 dni, 5 godz., 48 min., 46 sek.)**.
- **Rok gwiazdowy** – to pełny obieg Ziemi dookoła Słońca, określany względem najdalszych gwiazd.
 - Trwa on **365,2564 dnia (365 dni, 6 godz., 9 min. i 9 sek.)**.
 - Jest więc dłuższy od roku zwrotnikowego – wynika to z precesji osi ziemskiej i związanego z tym przesuwania się punktu równonocy wiosennej, czyli punktu Barana.



Prędkość Ziemi na orbicie

- Znając drogę oraz czas, możemy obliczyć **prędkość**, z jaką **Ziemia porusza się po orbicie wokół Słońca**.
 - Wynosi ona **29,8 km/s** (średnia prędkość ruchu Ziemi po orbicie).
 - Ziemia porusza się z niejednostajną prędkością:
 - **największą**, kiedy jest **najbliżej** Słońca (w **peryhelium**) – **30,3 km/s**,
 - **najmniejszą**, kiedy jest **najdalej** Słońca (w **aphelium**) – **29,3 km/s**.
- Prędkość ruchu obiegowego Ziemi wokół Słońca waha się w granicach 1 km/s.
 - Ponadto widomy ruch Słońca na tle gwiazd odbywa się po kole zwanym ekliptyką, które znacznie odbiega od równika.
 - Z powyższych powodów widomy ruch roczny Słońca na tle gwiazd, jaki obserwujemy z Ziemi, jest niejednostajny.
 - Oznacza to, że niejednostajny jest również czas odmierzany według tego widomego ruchu Słońca.
 - Nazywa się go **czasem prawdziwym słonecznym** i podają go zegary słoneczne.
 - Ze względu na swoje nierównomierności nie nadaje się on do celów praktycznych.
 - Z tego powodu wprowadzono **czas średni słoneczny**, który jest jednostajny w ciągu całego roku.
 - Odchylenia między czasem słonecznym prawdziwym i średnim sięgają kilkunastu minut.
 - Czas średni słoneczny jest podstawą powszechnie używanego **czasu strefowego i urzędowego**.

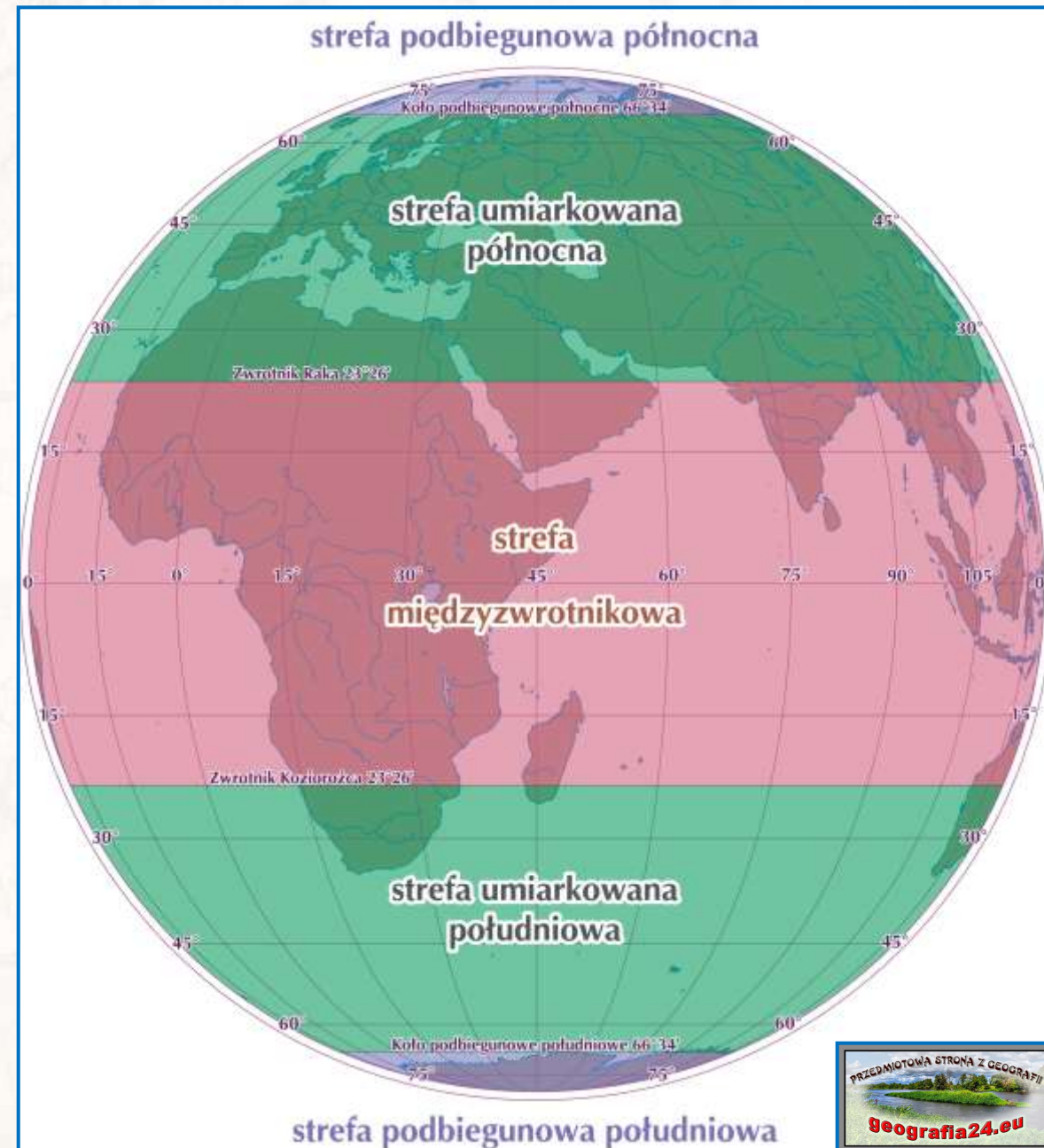


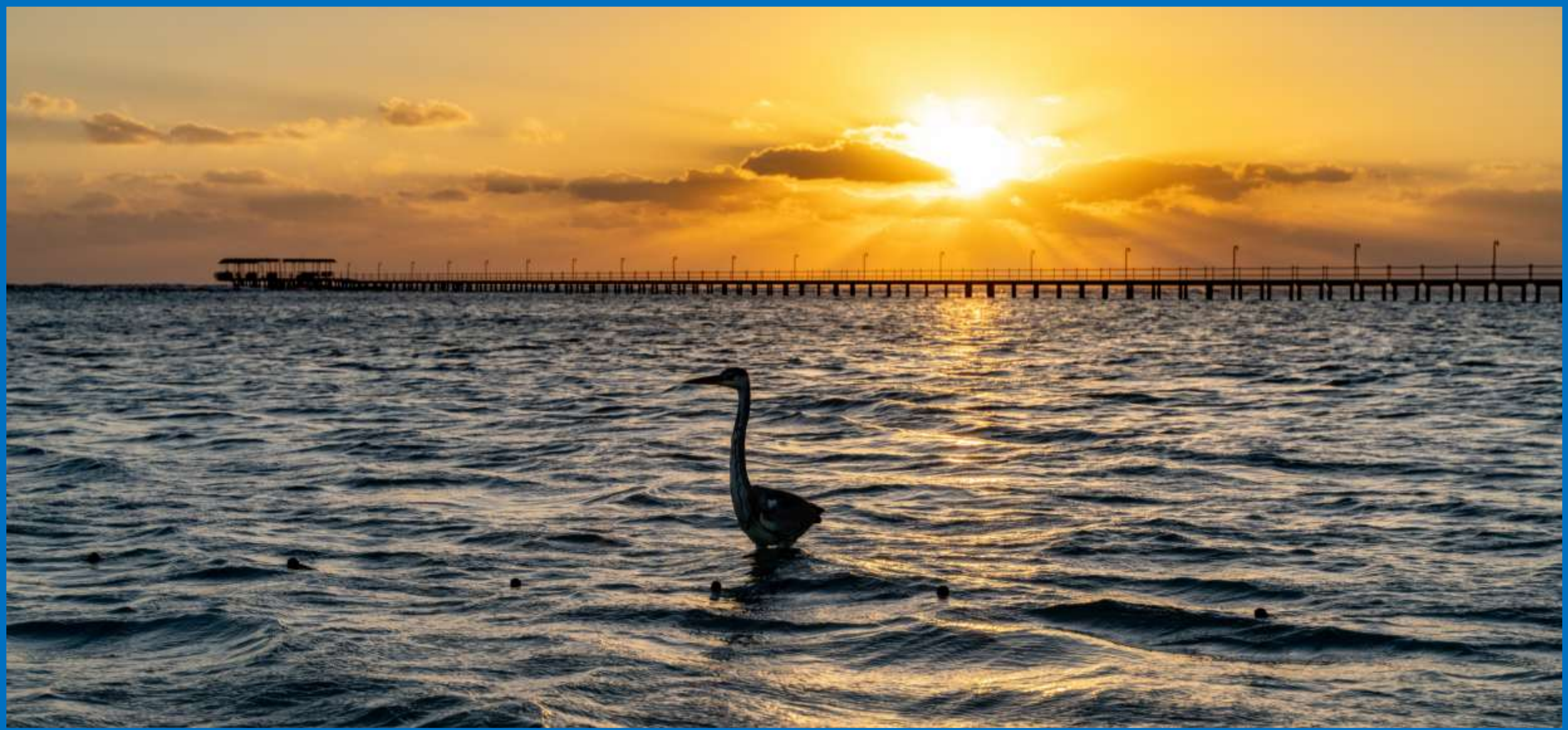


Strefy oświetlenia Ziemi

Strefy oświetlenia Ziemi

- Temperatura powietrza na Ziemi zależy od kąta padania promieni słonecznych.
- Ze względu na duże zróżnicowanie tego kąta wydzielono 5 stref oświetlenia:
 - **dwie strefy zimne (podbiegunowa, polarna)** – leżą poza kołami podbiegunowymi, przynajmniej raz w roku Słońce tam nie wschodzi;
 - **dwie strefy umiarkowane** – położone są między zwrotnikami a kołami podbiegunowymi, kąt padania promieni słonecznych jest tutaj w każdym dniu roku większy od 0° , a mniejszy od 90° ;
 - **jedną strefę gorącą (międzyzwrotnikowa)** – znajduje się między zwrotnikami, przynajmniej raz w roku Słońce jest tam w zenicie.





Wysokość górowania Słońca

Wysokość górowania słońca w dniach równonocy

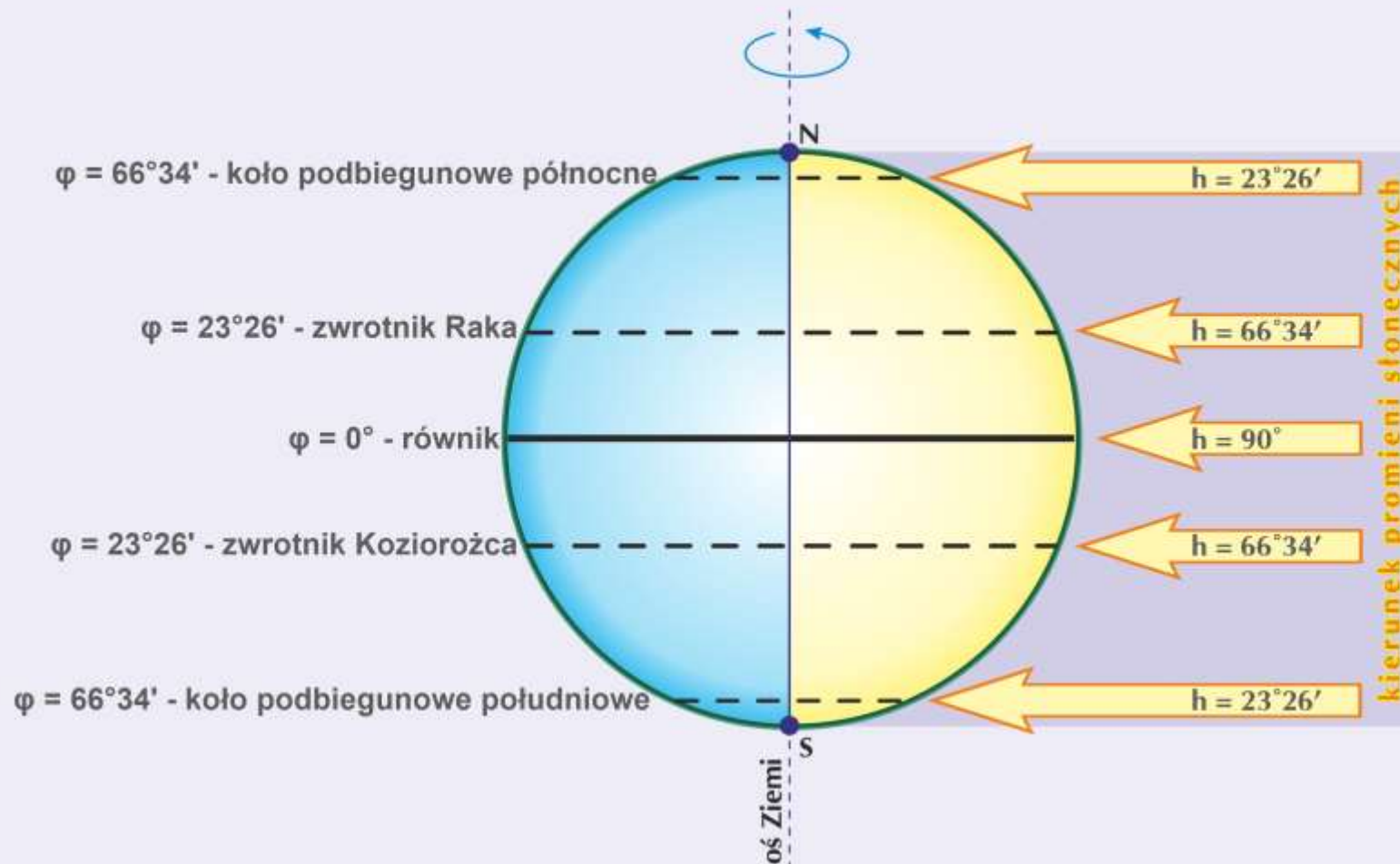
→ W **dniach równonocy (21 III i 23 IX)** promienie słoneczne padają prostopadłe na równik.

→ Jeżeli oddalimy się od równika o 10° , to kąt padania promieni słonecznych zmniejszy się o 10° , jeżeli o 90° – zmniejszy się o tyle samo (Słońce znajdzie się na linii horyzontu).

Wysokość górowania słońca w dniach równonocy

21 marca i 23 września

wzór wysokości
górowania Słońca
dla dowolnych
szerokości geograficznych

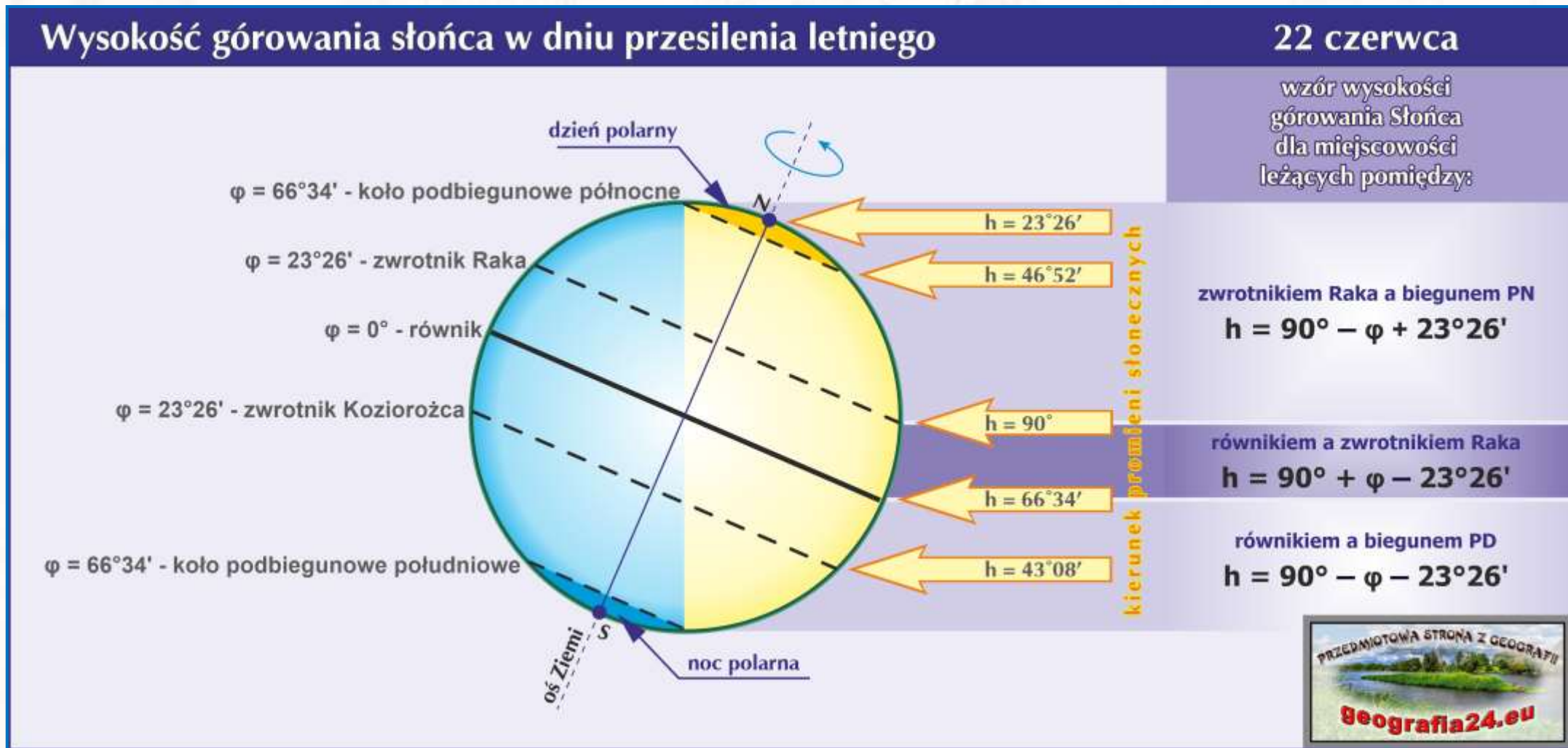


$$h = 90^\circ - \varphi$$



Wysokość górowania słońca w dniu przesilenia letniego

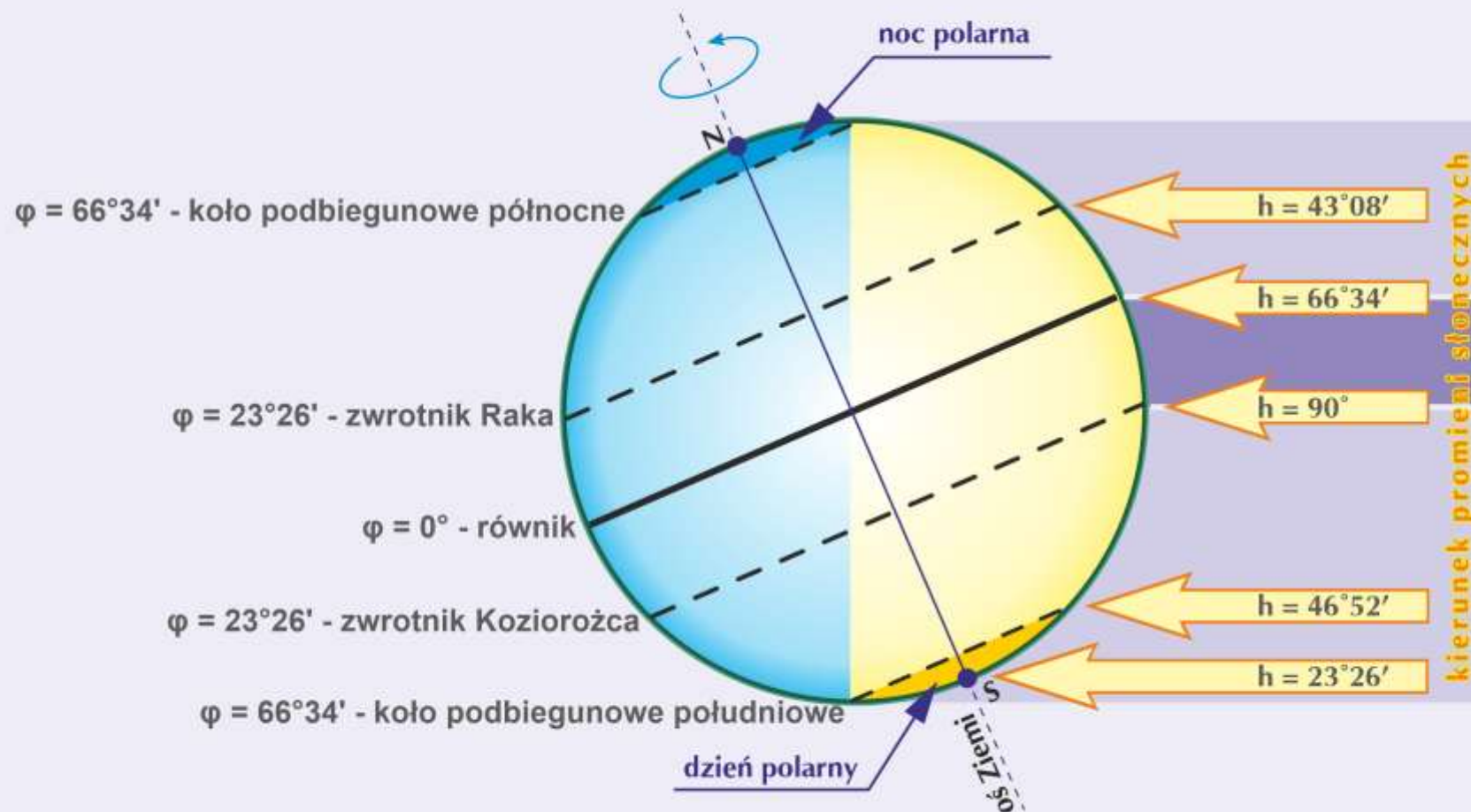
- **22 VI (przesilenie letnie)** – promienie słoneczne padają prostopadle na zwrotnik Raka – cały układ przesunął się o $23^{\circ}26'$ na północ.
- W miejscowościach położonych na północ od zwrotnika Raka kąt będzie większy o $23^{\circ}26'$ niż w dniach równonocy.
- W szerokościach położonych na południe od równika będzie o tyle samo mniejszy.



Wysokość górowania słońca w dniu przesilenia zimowego

- **22 XII (przesilenie zimowe)** – promienie słoneczne padają prostopadle na zwrotnik Koziorożca.
- Układ oświetlenia Ziemi przesuwa się o kąt $23^{\circ}26'$ na południe w stosunku do dni równonocy.

Wysokość górowania słońca w dniu przesilenia zimowego



22 grudnia

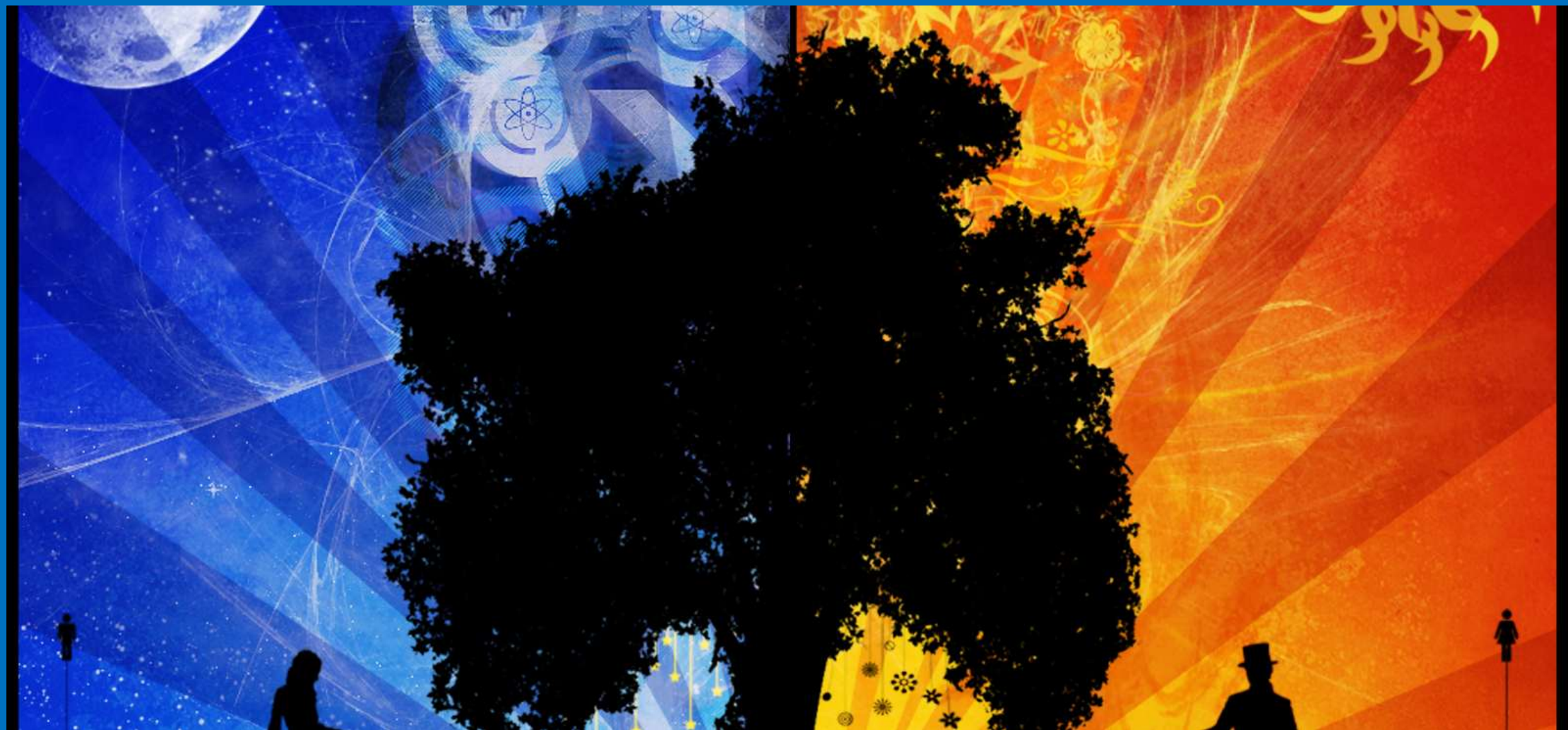
wzór wysokości
górowania Słońca
dla miejscowości
leżących pomiędzy:

równikiem a biegunem PN
 $h = 90^{\circ} - \varphi - 23^{\circ}26'$

$h = 90^{\circ} + \varphi - 23^{\circ}26'$
równikiem a zwrotnikiem Koziorożca

$h = 90^{\circ} - \varphi + 23^{\circ}26'$
zwrotnikiem Koziorożca a biegunem PD

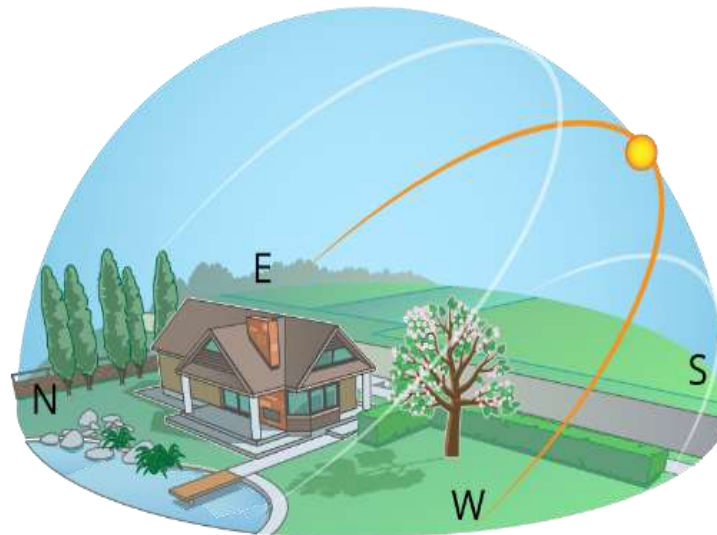




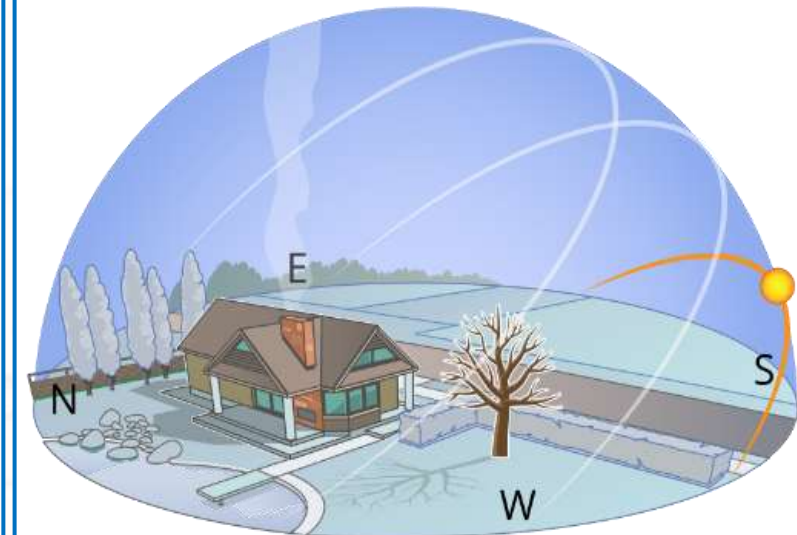
Zmiany długości dni i nocy

Zmiany długości dnia i nocy w ciągu roku

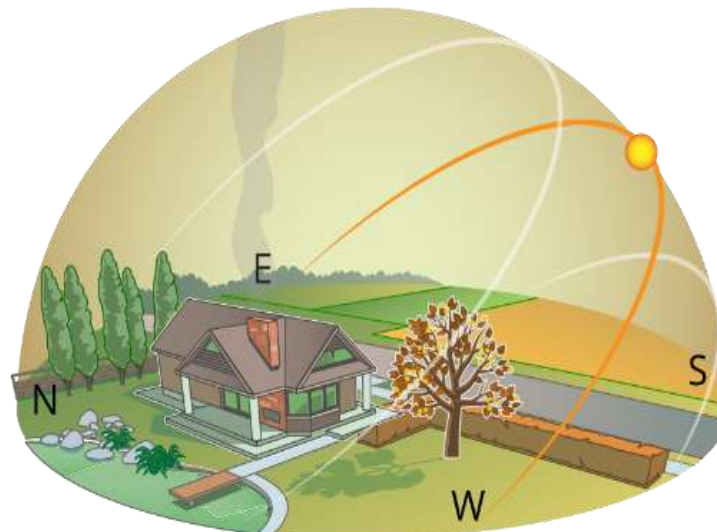
- Ruchy Ziemi (obiegowy i obrotowy) i nachylenie jej osi do płaszczyzny ekliptyki determinują **zmiany długości dnia i nocy w ciągu roku** we wszystkich miejscowościach, poza leżącymi na równiku.
- Jedynie w momentach równonocy wiosennej i jesiennej, gdy promienie słoneczne padają prostopadłe na równik, a **terminator** (czyli linia dzieląca powierzchnię ciała niebieskiego na oświetloną i nieoświetloną przez Słońce) pokrywa się z łukami kolejnych południków, dzień i noc trwają wszędzie tyle samo (po około **12 godzin**).
- W pozostałe dni w roku długość dnia i nocy jest różna.



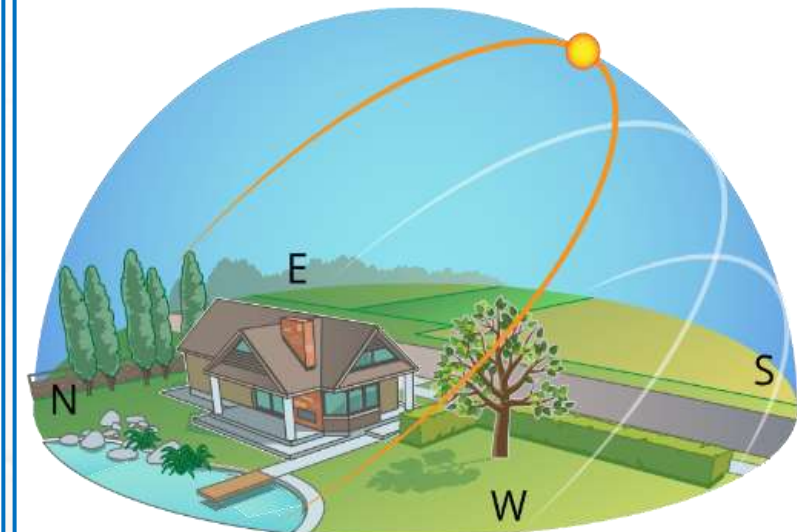
21 marca – początek wiosny (równonoc wiosenna)



22 grudnia – początek zimy (przesilenie zimowe)



23 września – początek jesieni (równonoc jesienna)



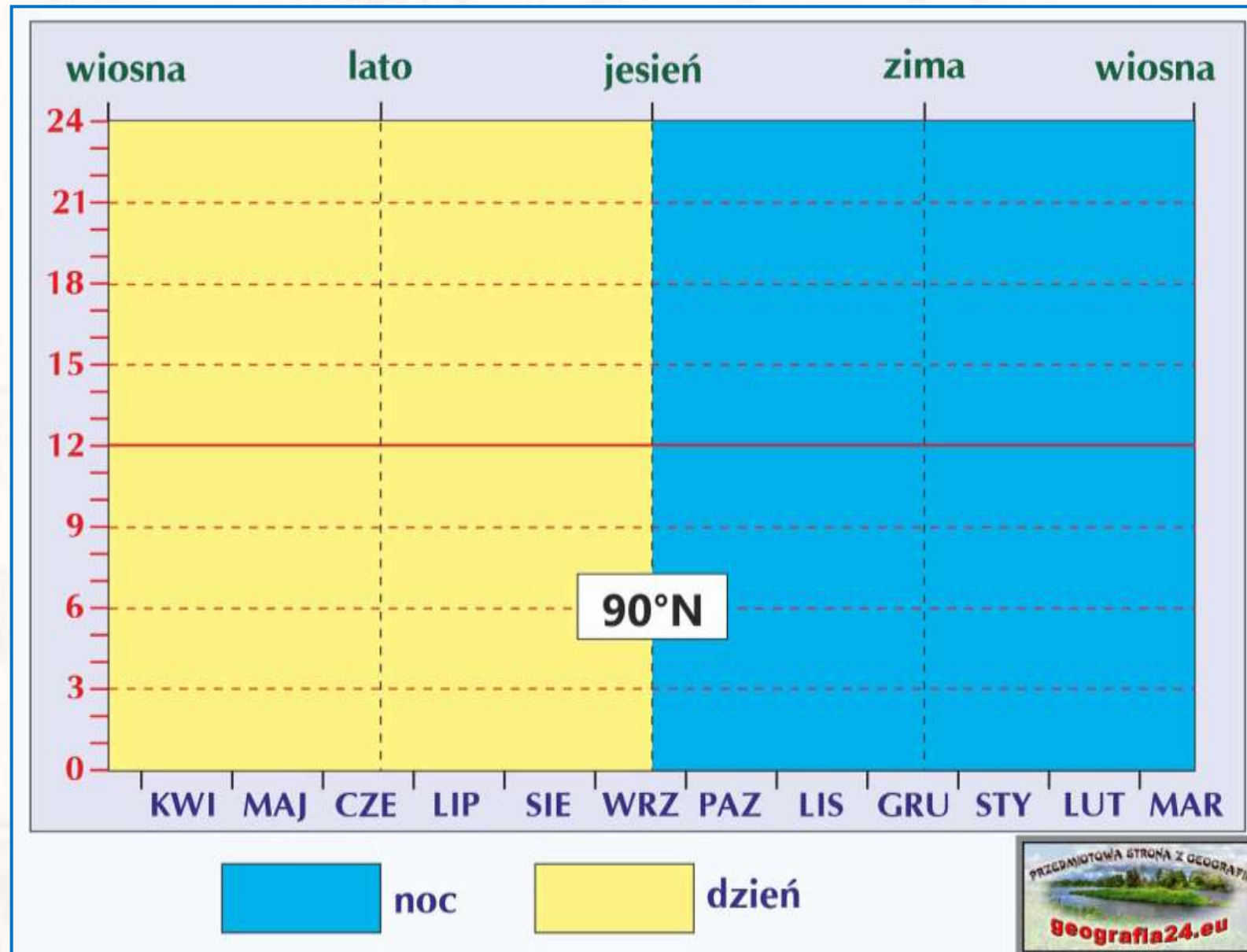
22 czerwca – początek lata (przesilenie letnie)

Długość dnia i nocy w zależności od pory roku i szerokości geograficznej

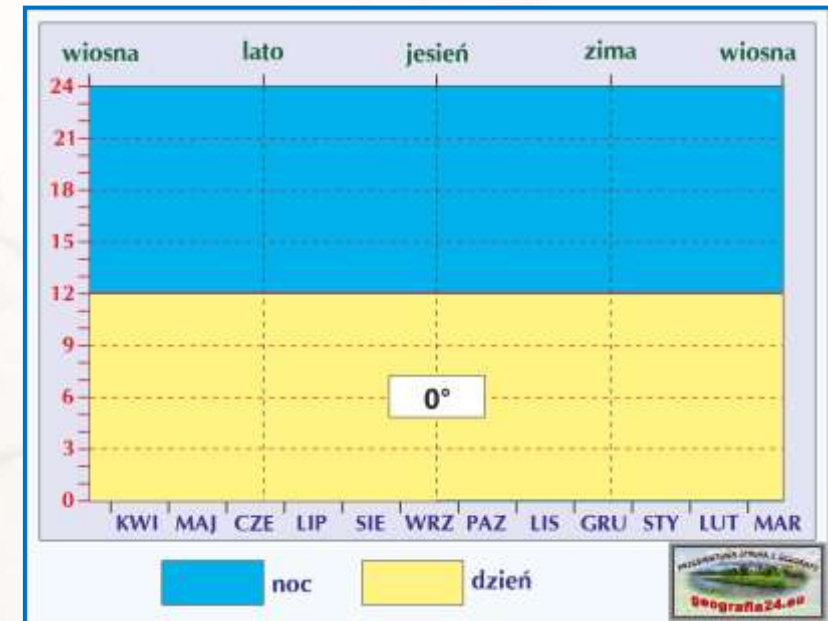
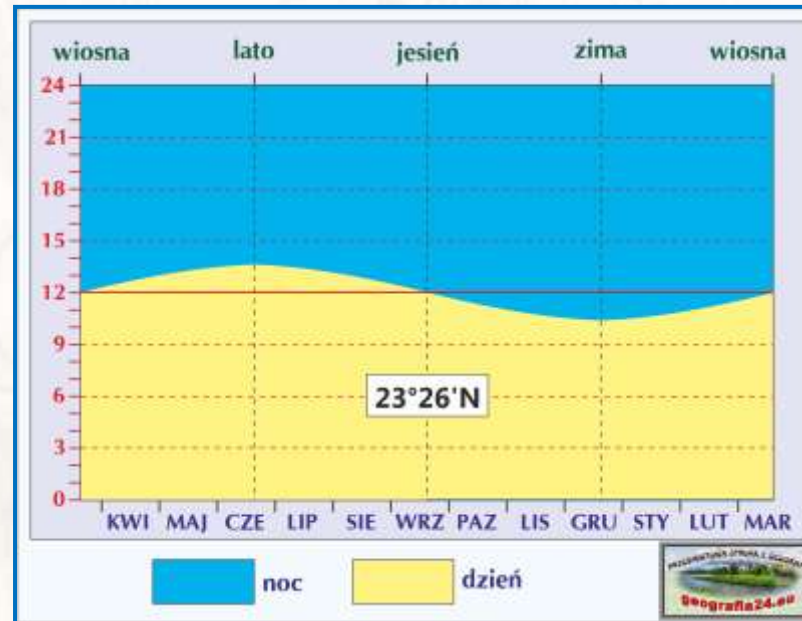
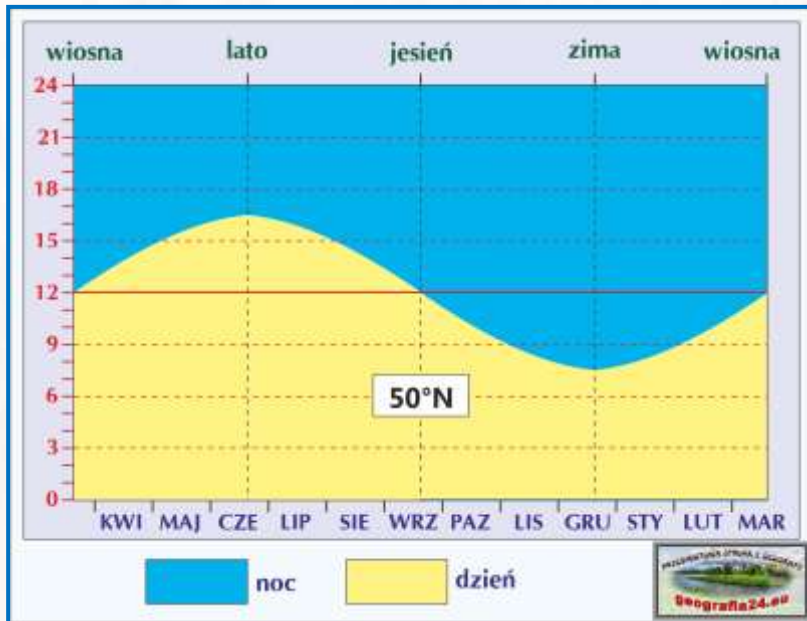
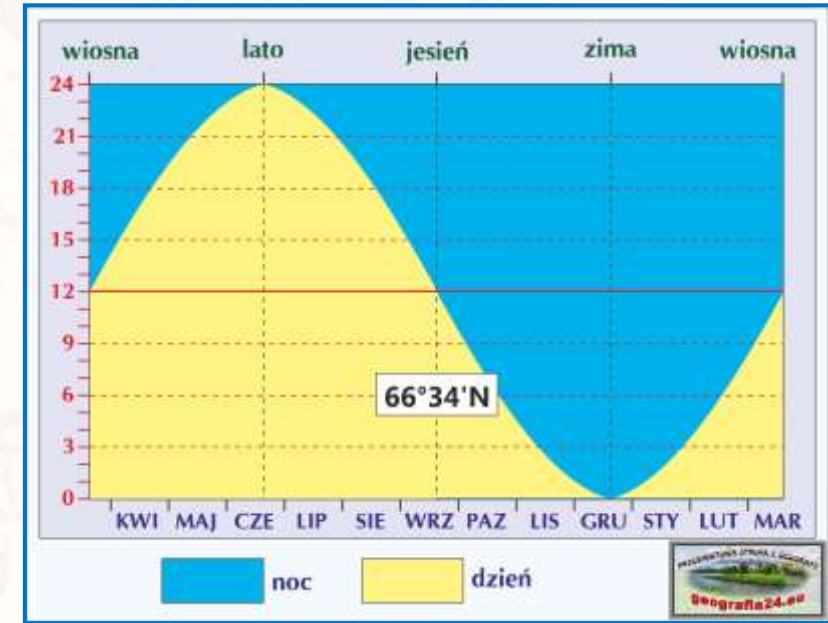
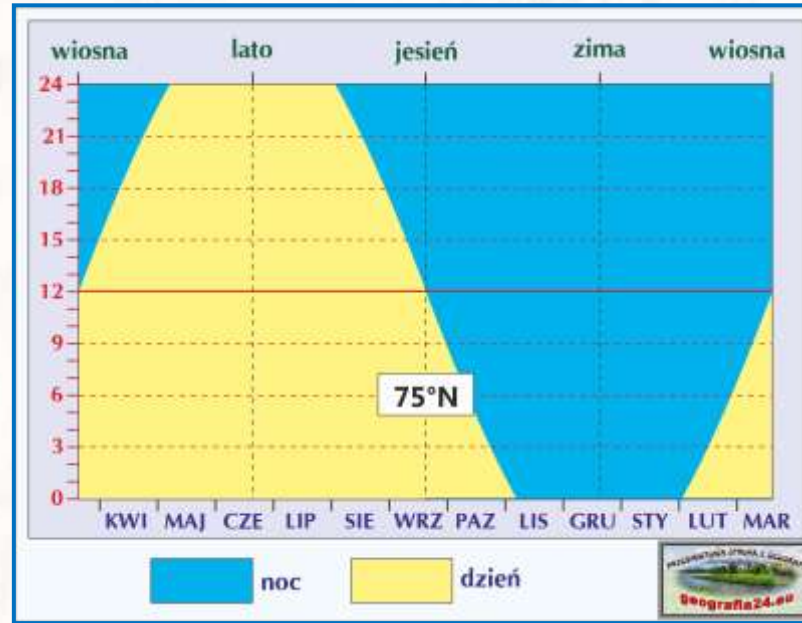
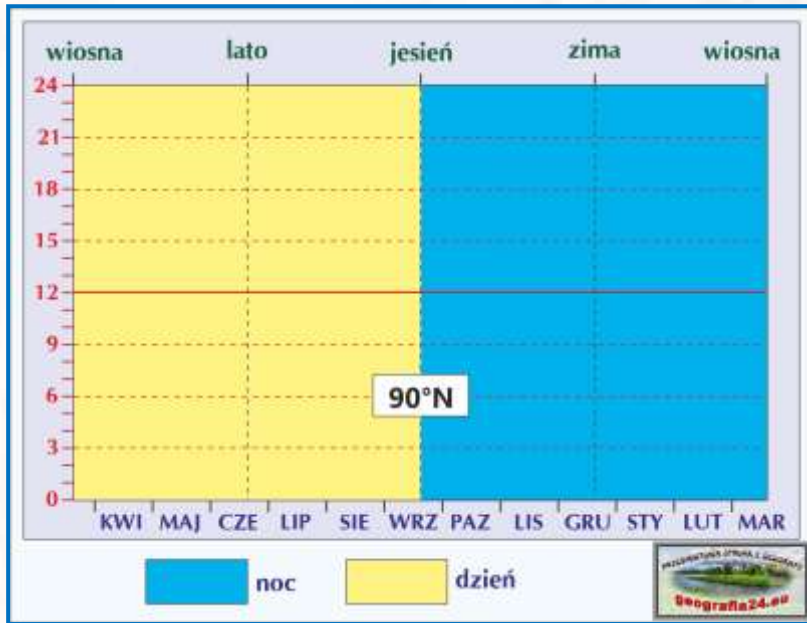
→ Narastanie odpowiednich różnic na obu półkulach można ująć w uproszczeniu następująco:

- **w ciągu astronomicznego lata** (i dalej **jesieni**) **długość dnia wzrasta** od około 12 godzin na równiku do 24 godzin na kole podbiegunowym północnym i aż pół roku na biegunie północnym,
- zatem im wyższa jest szerokość geograficzna, tym dłużej trwa dzień, a krócej noc;
- **w ciągu astronomicznej zimy** (i dalej **wiosny**) **długość dnia maleje** od około 12 godzin na równiku do 0 godzin za kołem podbiegunowym północnym (kołem polarnym północnym),
- więc im wyższa jest szerokość geograficzna, tym krócej trwa dzień, a dłużej noc.

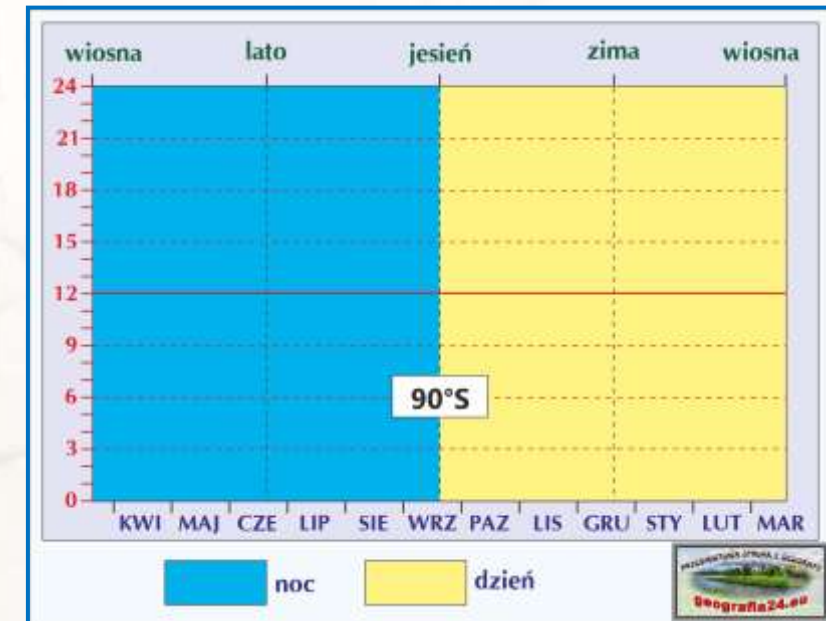
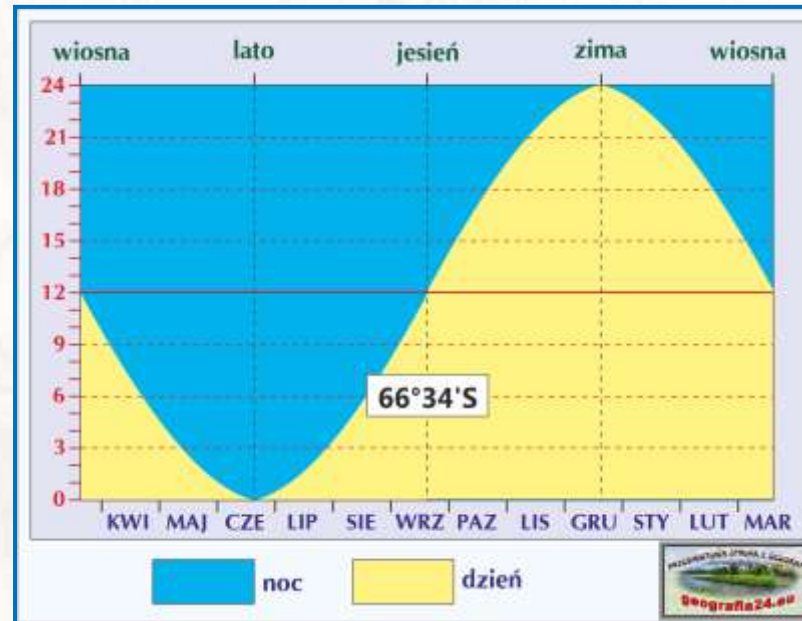
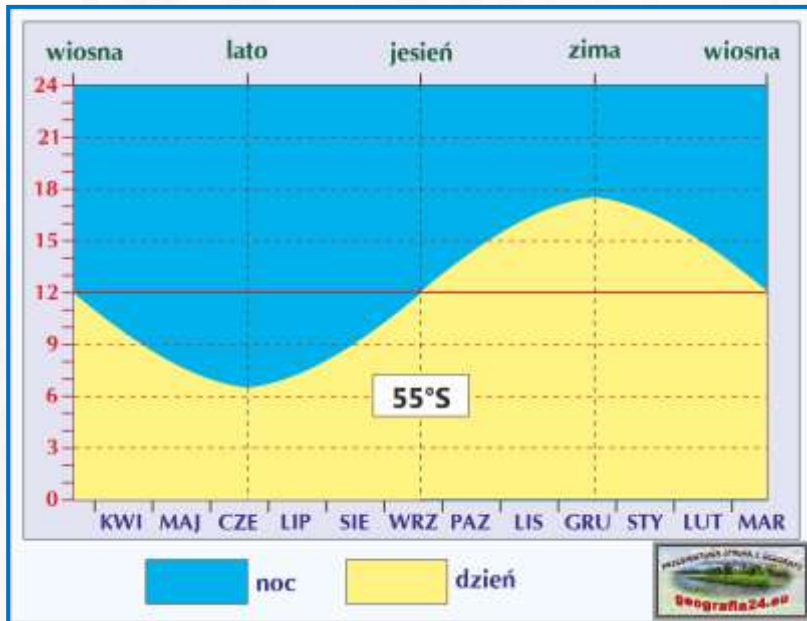
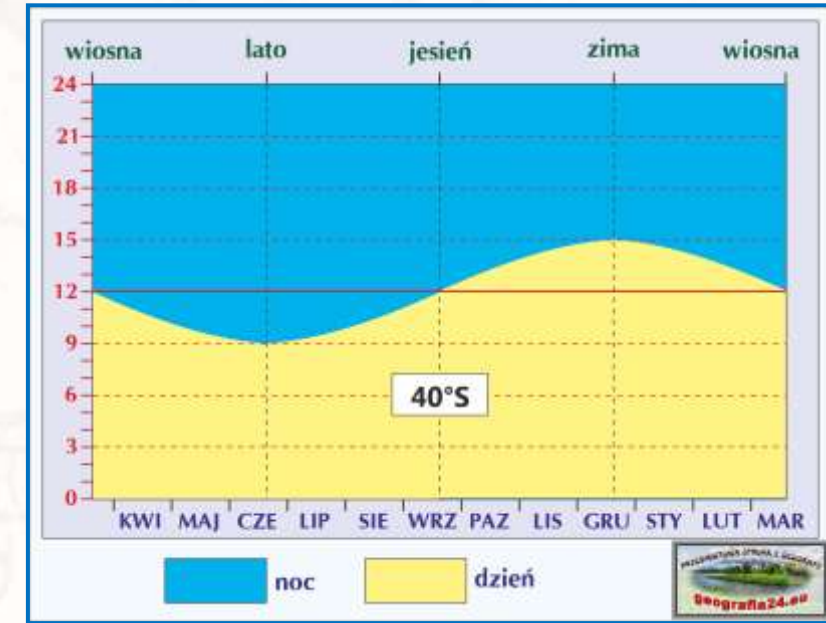
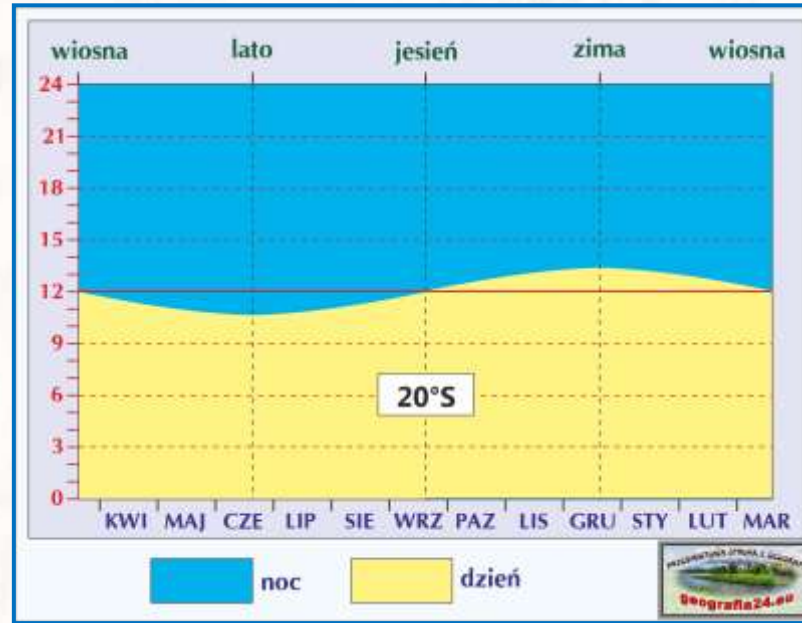
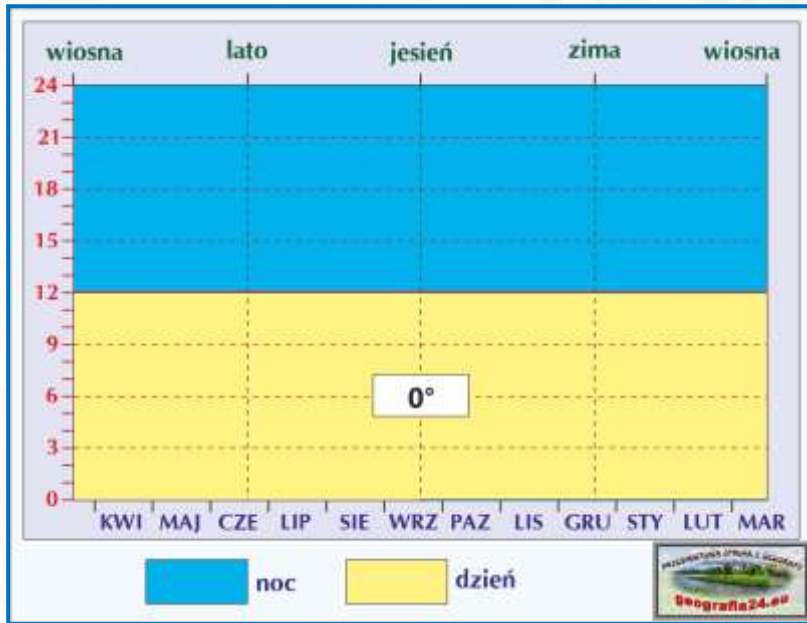
→ Z powyższego wynika, że w danej miejscowości dzień jest zawsze tym dłuższy, im wyżej nad horyzontem góruje środek Słońca.



Długość dnia i nocy w zależności od pory roku i szerokości geograficznej – półkula PN



Długość dnia i nocy w zależności od pory roku i szerokości geograficznej – półkula PD





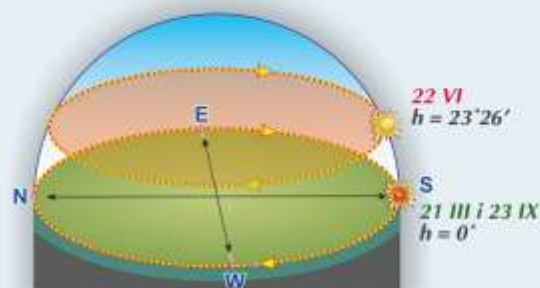
Pozorna wędrówka Słońca po sferze niebieskiej

Pozorna wędrówka Słońca po sferze niebieskiej

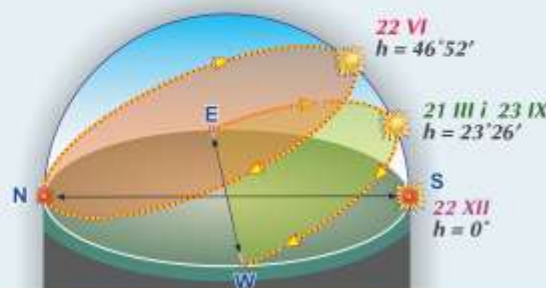
- W wyniku **ruchu obrotowego Ziemi** Słońce w ciągu doby wykonuje **pozorną drogę po sferze niebieskiej**.
- Pojawia się nad płaszczyzną horyzontu (**wschodzi**), **góruje** i chowa się pod płaszczyznę (**zachodzi**) oraz **dołuje** (jest najniżej pod płaszczyzną horyzontu).
- Jednak w ciągu roku w wyniku **ruchu obiegowego** pozorne drogi pokonywane przez Słońce ulegają zmianom.



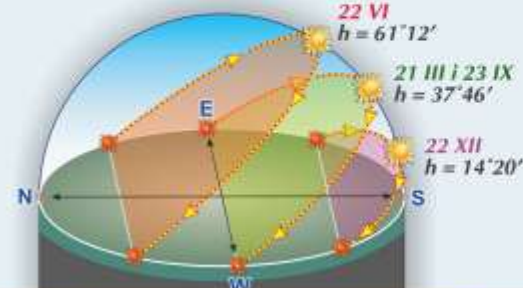
Dobowe pozorne ruchy Słońca oraz zmiany miejsca wschodów i zachodów Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku



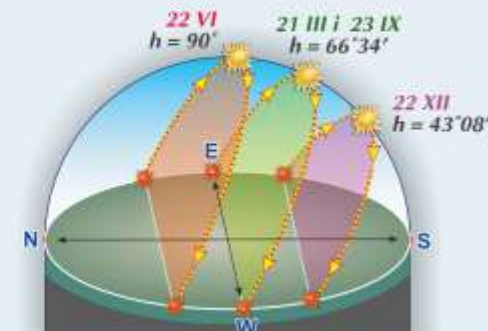
Biegun północny



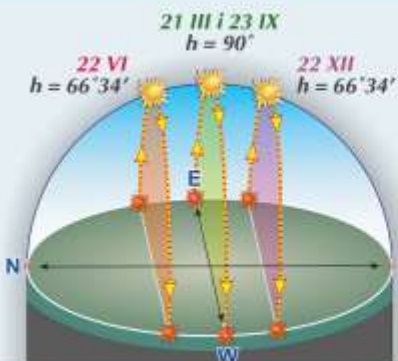
Koło polarne północne



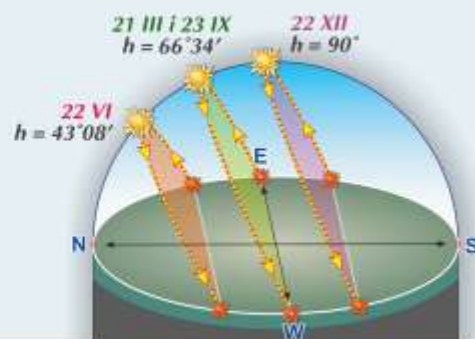
Warszawa (52°14'N, 21°00'E)



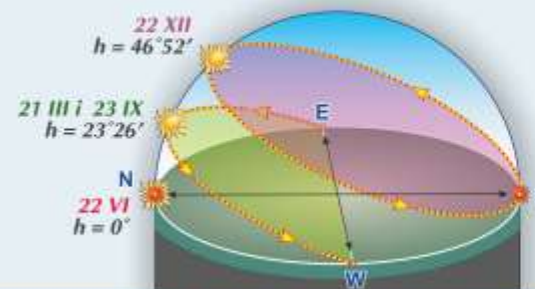
Zwrotnik Raka



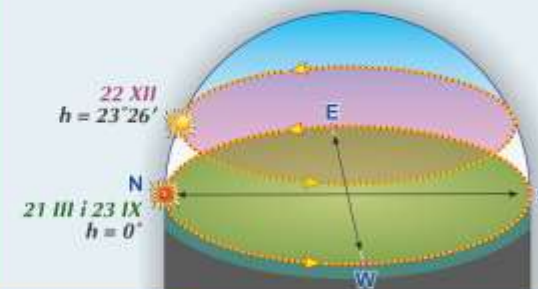
Równik



Zwrotnik Koziorożca



Koło polarne południowe



Biegun południowy

Uwaga: Przesilenia i równonocę w zależności od roku mogą przypadać dzień lub dwa dni wcześniej

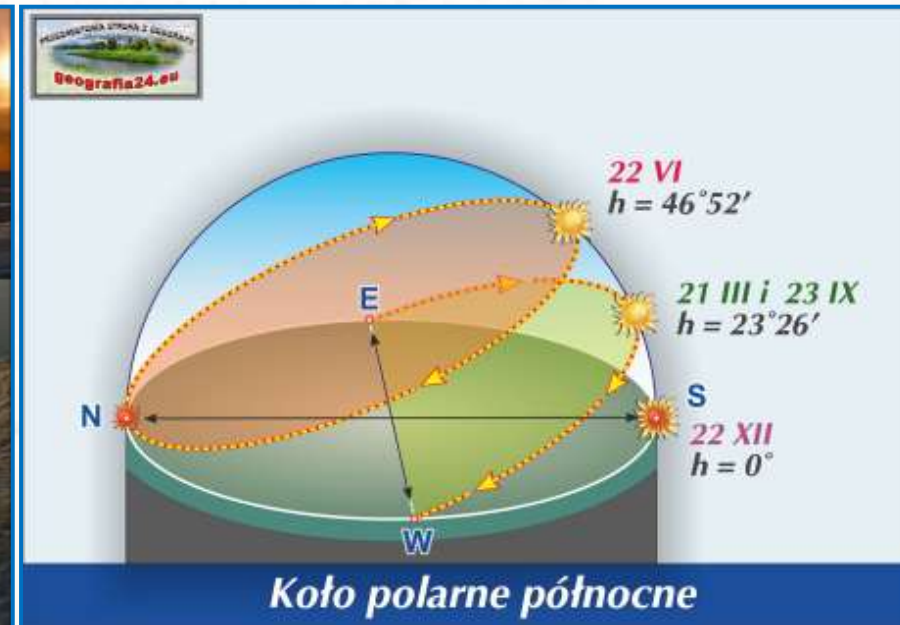
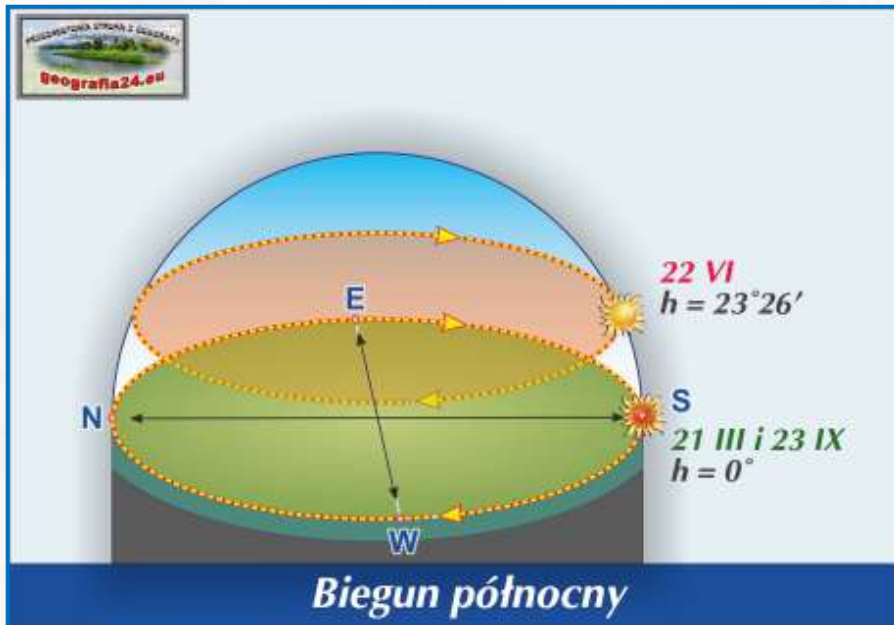
Pozorna wędrówka Słońca po sferze niebieskiej: biegun północny i koło polarne północne

♦ Biegun północny (90°N):

- ♦ **21 marca** (początek wiosny) Słońce wschodzi i rozpoczyna się **dzień polarny** – trwa on aż pół roku,
 - ♦ w tym czasie Słońce zatacza powolny krąg, nisko nad horyzontem, nie zachodząc pół roku;
- ♦ **22 czerwca** (lub w zależności od roku do 2 dni wcześniej), podczas przesilenia letniego – Słońce góruje najwyżej w ciągu roku – wysokości $23^{\circ}26'$, a potem stopniowo się obniża – ostatecznie zachodzi dopiero **23 września**, rozpoczynając półroczną **noc polarną**, która trwa do kolejnej wiosny (pół roku).

♦ Koło podbiegunowe (polarne) północne ($66^{\circ}34'\text{N}$):

- ♦ **21 marca** (podobnie **23 września**) **dzień** i **noc** trwają po **12 godzin**, zaś Słońce **wschodzi na wschodzie** i **zachodzi na zachodzie** oraz góruje na wysokości $23^{\circ}26'$;
- ♦ **22 czerwca** trwa **dzień polarny** – Słońce w ogóle nie zachodzi (trwa **24 godziny**) – w tym wyjątkowym dniu wschód i zachód praktycznie się “zlewają” i trudno je wyróżnić (obserwujemy je na północy),
 - ♦ Słońce góruje najwyżej w ciągu roku na wysokości $46^{\circ}52'$;
- ♦ **22 grudnia** (podczas przesilenia zimowego) trwa **noc polarna** – Słońce w ogóle nie wschodzi.



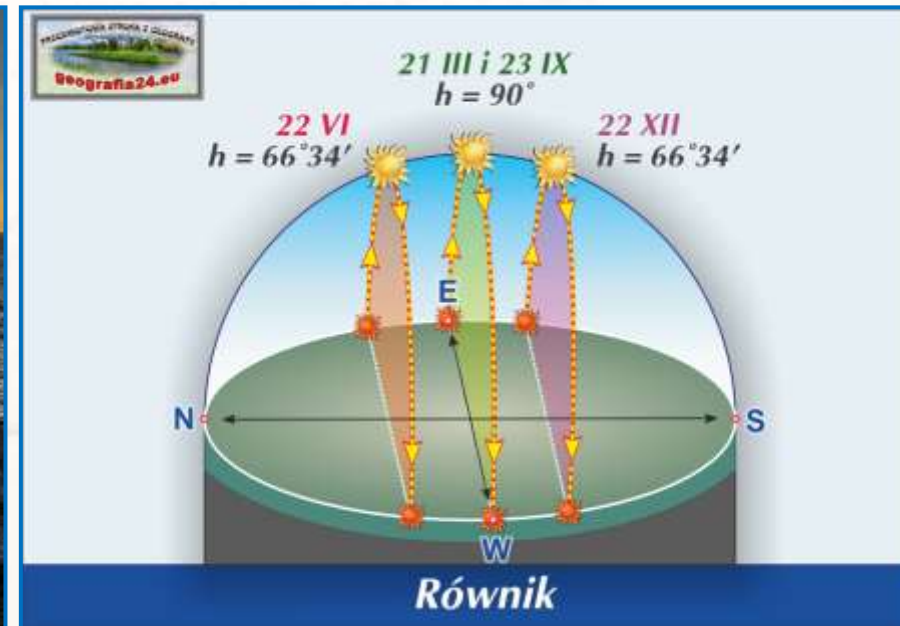
Pozorna wędrówka Słońca po sferze niebieskiej: zwrotnik Raka i równik

♣ **Zwrotnik Raka** ($23^{\circ}26'N$):

- ♣ **21 marca i 23 września** Słońce **wschodzi na wschodzie**, a **zachodzi na zachodzie**, zaś dzień trwa 12 godzin;
- ♣ **22 czerwca** Słońce góruje w **zenicie** ($h=90^{\circ}$), **wschód** obserwujemy w pobliżu **północnego wschodu**, a **zachód** – **północnego zachodu**, zaś dzień trwa około 13 godzin i 40 minut;
- ♣ **22 grudnia** **wschód** obserwujemy na **południowym wschodzie**, a **zachód** na **południowym zachodzie**,
 - ♣ dzień jest krótszy – trwa około 10 godzin i 20 minut,
 - ♣ wysokość górowania Słońca to: $43^{\circ}08'$.

♣ **Równik** (0°):

- ♣ wschód i zachód Słońca przez cały rok następują w pobliżu tych samych punktów – **wschód na wschodzie**, **zachód na zachodzie** (punkty te przesuwają się maksymalnie do kilku stopni na północ lub południe);
- ♣ długość dnia w ciągu roku niemal się nie zmienia – trwa 12 godzin;
- ♣ Słońce góruje w **zenicie** ($h=90^{\circ}$) dwa razy do roku – **21 marca i 23 września** (podczas dni równonocy);
- ♣ w czasie **przesilenia letniego i zimowego** osiąga swoje minimalne roczne wartości (h = wysokość $66^{\circ}34'$).



Pozorna wędrówka Słońca po sferze niebieskiej: półkula południowa

- Na półkuli południowej pozorna wędrówka Słońca przebiega podobnie jak na półkuli północnej.
- W dniu **równonocy wiosennej** (analogicznie **podczas równonocy jesiennej**) Słońce **wschodzi** dokładnie **na wschodzie** i **zachodzi** na **zachodzie**, a dzień i noc trwają po 12 godzin w każdym miejscu, od równika po biegun południowy.
- W dniu **przesilenia zimowego** (22 grudnia) Słońce góruje w **zenicie** ($h=90^\circ$) na **Zwrotniku Koziorożca**, natomiast na **równiku** znajduje się w tym czasie najniżej w ciągu roku nad horyzontem ($h=66^\circ34'$).
- W tym dniu **długość trwania dnia wrasta** wraz ze zbliżaniem się od równika do bieguna południowego.
- Na **równiku** dzień trwa około **12 godzin**, na **zwrotniku Koziorożca** **13 godzin i 40 minut**, natomiast za **kołem polarnym** (**podbiegunowym**) **południowym** trwa **ponad dobę**, ponieważ panuje tam **dzień polarny** (jego długość wzrasta od **24 godzin** na **kole polarnym południowym** do **pół roku** na **biegunie południowym**).
- Przesuwają się też miejsca wschodu i zachodu Słońca – wraz ze zbliżaniem się do bieguna południowego przesuwają się ku południowi: **wschód** występuje w **pobliżu południowego wschodu**, a **zachód** – **południowego zachodu**.
- Podczas **przesilenia letniego** (22 czerwca) na południe od koła podbiegunowego południowego trwa **noc polarna**.



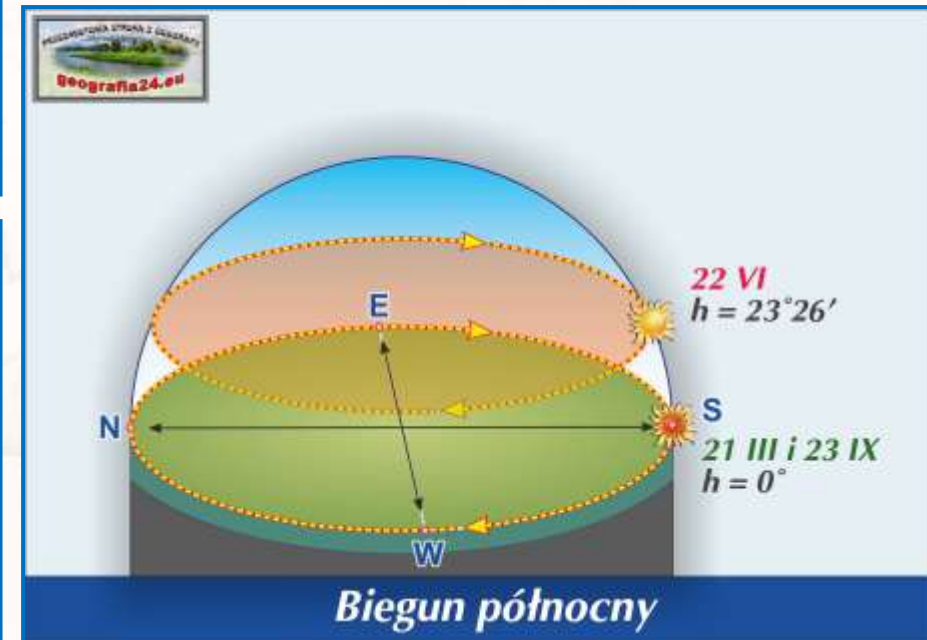
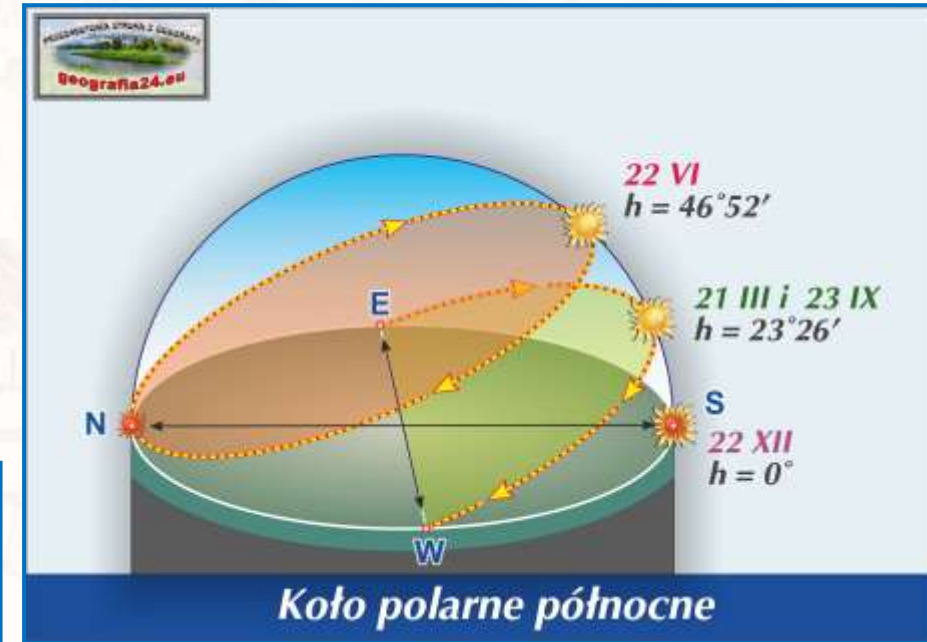
Uwaga: Przesilenia i równonoc w zależności od roku mogą przypadać dzień lub dwa dni wcześniej



Dni i noce polarne

Dni i noce polarne

- **Dniem polarnym** lub **nocą polarną** nazywamy dzień lub noc trwające co najmniej dobę.
- Dni i noce polarne występują **za kołami podbiegunowymi**, zarówno **na półkuli północnej**, jak i **południowej**.
- Na biegunach **rok** dzieli się na **dzień polarny** i **noc polarną**, trwające **po 6 miesięcy**.
- Na kołach podbiegunowych (**polarnych**) **dzień i noc polarna trwają dobę**.



Dni i noce polarne

→ Dni i noce polarne występują naprzemiennie – jeżeli na półkuli północnej trwa dzień polarny to na półkuli południowej będzie trwać noc polarna.

→ **22 VI** promienie słoneczne padają prostopadle na **zwrotnik Raka**:

→ na obszarze od koła podbiegunowego N do bieguna N jest **dzień polarny**,

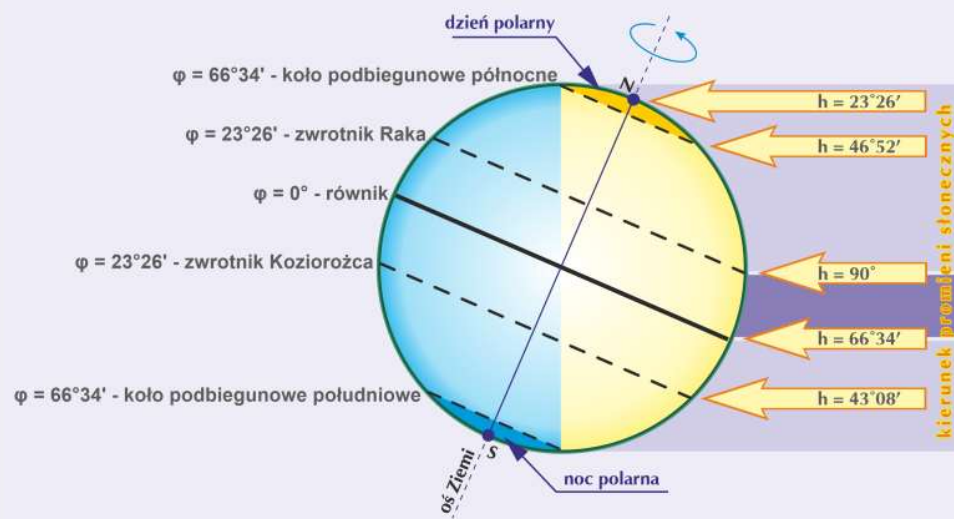
→ na obszarze od koła podbiegunowego S do bieguna S jest **noc polarna**.

→ **22 XII** promienie słoneczne padają prostopadle na **zwrotnik Koziorożca**:

→ na obszarze od koła podbiegunowego S do bieguna S jest **dzień polarny**,

→ na obszarze od koła podbiegunowego N do bieguna N jest **noc polarna**.

Wysokość górowania słońca w dniu przesilenia letniego



22 czerwca

wzór wysokości górowania Słońca dla miejscowości leżących pomiędzy:

zwrotnikiem Raka a biegunem PN

$$h = 90^\circ - \varphi + 23^\circ 26'$$

równikiem a zwrotnikiem Raka

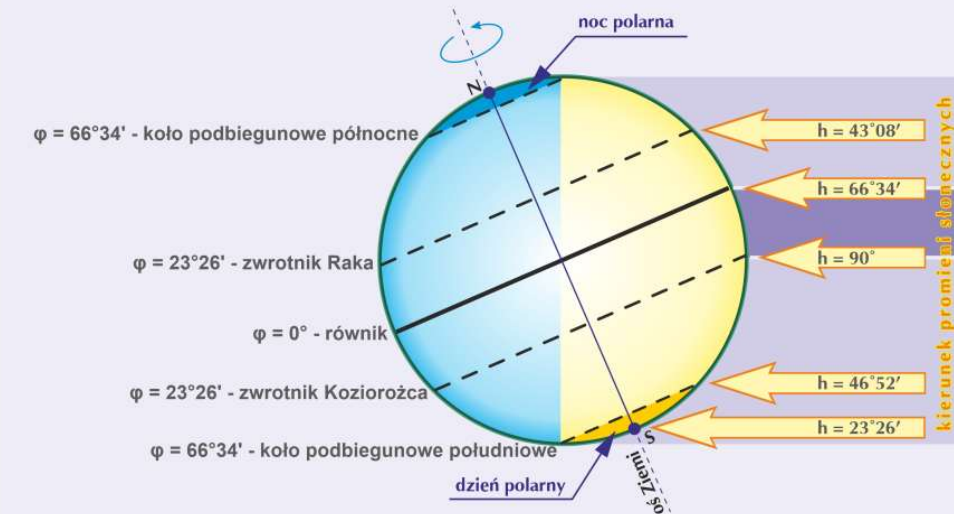
$$h = 90^\circ + \varphi - 23^\circ 26'$$

równikiem a biegunem PD

$$h = 90^\circ - \varphi - 23^\circ 26'$$



Wysokość górowania słońca w dniu przesilenia zimowego



22 grudnia

wzór wysokości górowania Słońca dla miejscowości leżących pomiędzy:

równikiem a biegunem PN

$$h = 90^\circ - \varphi - 23^\circ 26'$$

$$h = 90^\circ + \varphi - 23^\circ 26'$$

równikiem a zwrotnikiem Koziorożca

$$h = 90^\circ - \varphi + 23^\circ 26'$$

zwrotnikiem Koziorożca a biegunem PD



Białe noce

- W lecie w wysokich szerokościach geograficznych, na obszarach leżących w sąsiedztwie ciągle zmieniającej się (rozszerzającej się lub kurczącej) strefy dnia polarnego występują **białe noce** – **mroczna noc** wtedy tam **nie zapada**, gdyż **zmierzch** i **świt** na tyle **się wydłużają**, że łączą się ze sobą.
- W zależności od tego, jaki zmierzch (świt) uwzględniamy, wyróżniamy:
 - **białe noce cywilne** – występujące w szerokościach geograficznych **wyższych od $60^{\circ}34'$** (N i S),
 - jest to okres, kiedy Słońce jest poniżej horyzontu **na wysokości 0° - 6°** (przy bezchmurnej pogodzie można wówczas czytać książkę);
 - **białe noce żeglarskie (nautyczne) (nawigacyjne)** – występujące w szerokościach **wyższych od $54^{\circ}34'$** (N i S),
 - jest to okres, kiedy Słońce jest pod horyzontem **na wysokości 6° - 12°** (w tym czasie dostrzegamy już tylko zarysy przedmiotów, żeglarze widzą zarysy wybrzeży i sylwetki innych okrętów),
 - np. na półkuli północnej na równoleżniku 56° białe noce nautyczne trwają od 1 czerwca do 11 lipca, zaś na równoleżniku 60° – od 11 maja do 31 lipca;
 - **białe noce astronomiczne** – występujące w szerokościach geograficznych **wyższych od $48^{\circ}34'$** (N i S),
 - jest to okres, kiedy Słońce jest pod horyzontem **na wysokości 12° - 18°** (światło słoneczne przeszkadza jeszcze astronomom w ich obserwacjach optycznych).



Biała noc w Helsinkach (24 czerwca 2005 r.)



Konsekwencje ruchu obiegowego Ziemi (PODSUMOWANIE)

Konsekwencje (następstwa) ruchu obiegowego Ziemi

→ Najważniejsze konsekwencje ruchu obiegowego Ziemi:

- **rok jako podstawowa jednostka czasu** (na półkuli południowej astronomiczne pory roku przesunięte są w stosunku do półkuli północnej o pół roku);
- **strefy oświetlenia Ziemi** (międzyzwrotnikowa, umiarkowana i okołobiegunowa – polarna);
- **strefy klimatyczne związane ze strefami oświetlenia ziemi;**
- **dzień i noc polarna;**
- **pory roku i zróżnicowanie czasu i ich trwania;**
- **zmiana długości trwania dnia i nocy;**
- **roczne zmiany temperatury powietrza** (im większa szerokość geograficzna, tym większe zróżnicowanie temperatury w ciągu roku);
- **występowanie stref glebowych i roślinnych;**
- **wpływ na działalność człowieka** (rolnictwo, turystyka);
- **zmiana długości i natężenia promieniowania słonecznego** w ciągu roku, co wpływa na procesy biologiczne i rytmy życia organizmów;
- **zmiana wysokości słońca nad horyzontem** w różnych szerokościach geograficznych **w ciągu roku;**
- **zmiana miejsca wschodu i zachodu słońca na horyzoncie w ciągu roku.**



KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -