



Podstawy Astronomii 1

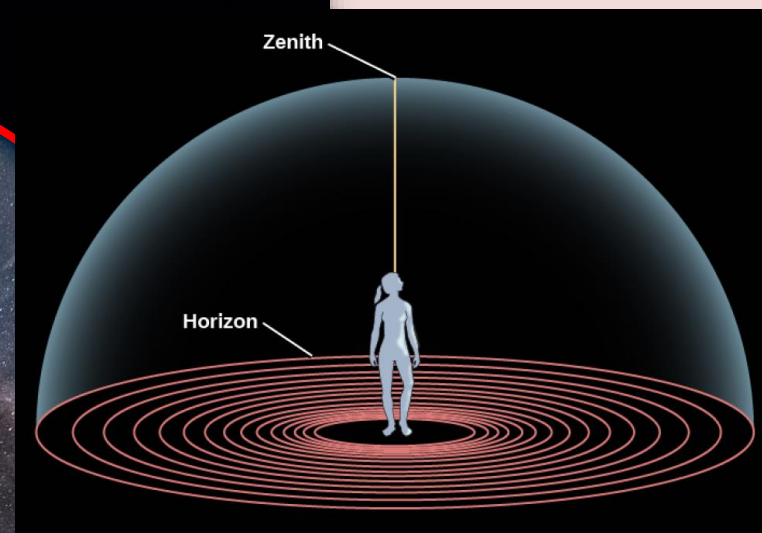
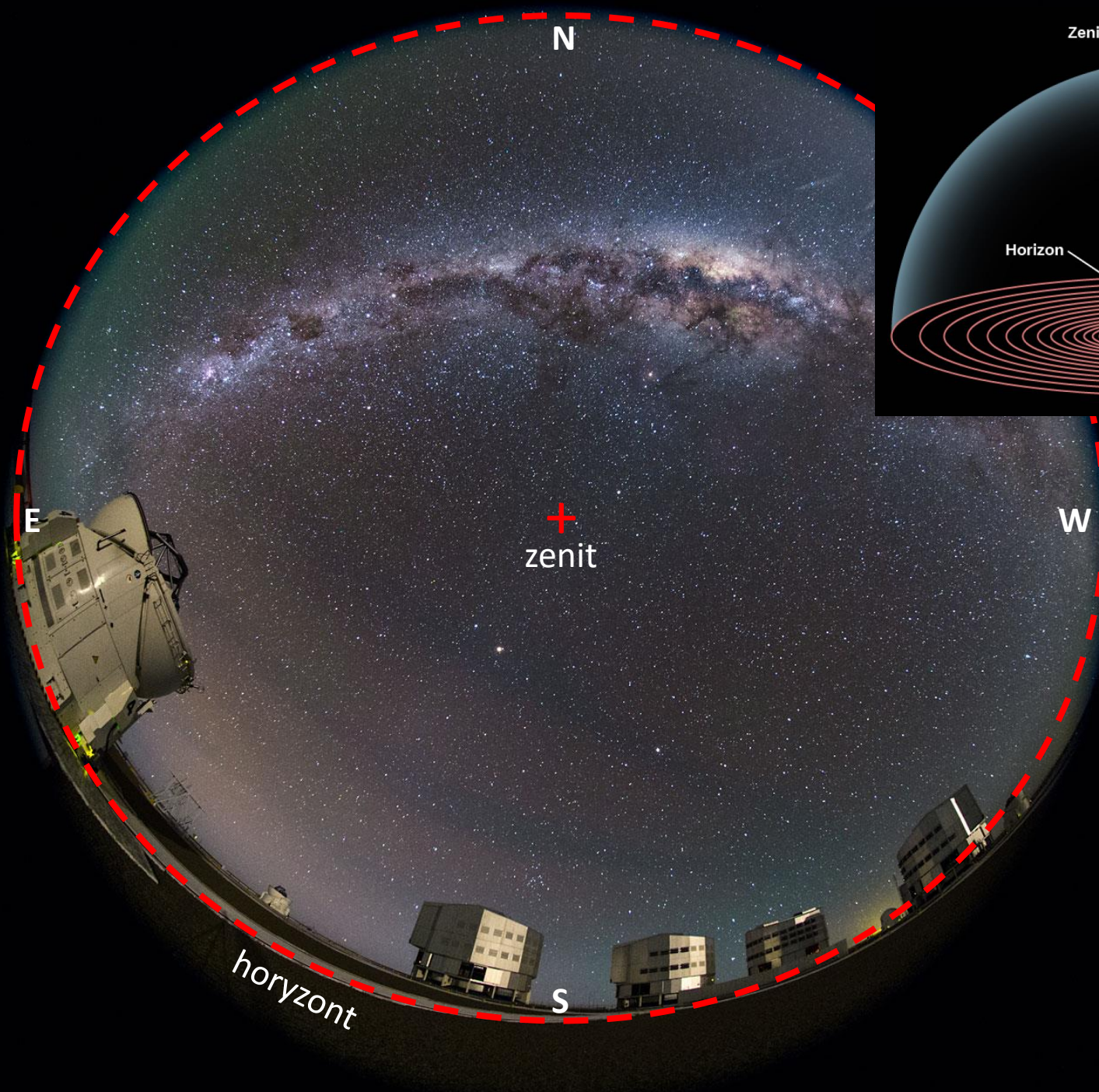
sfera niebieska



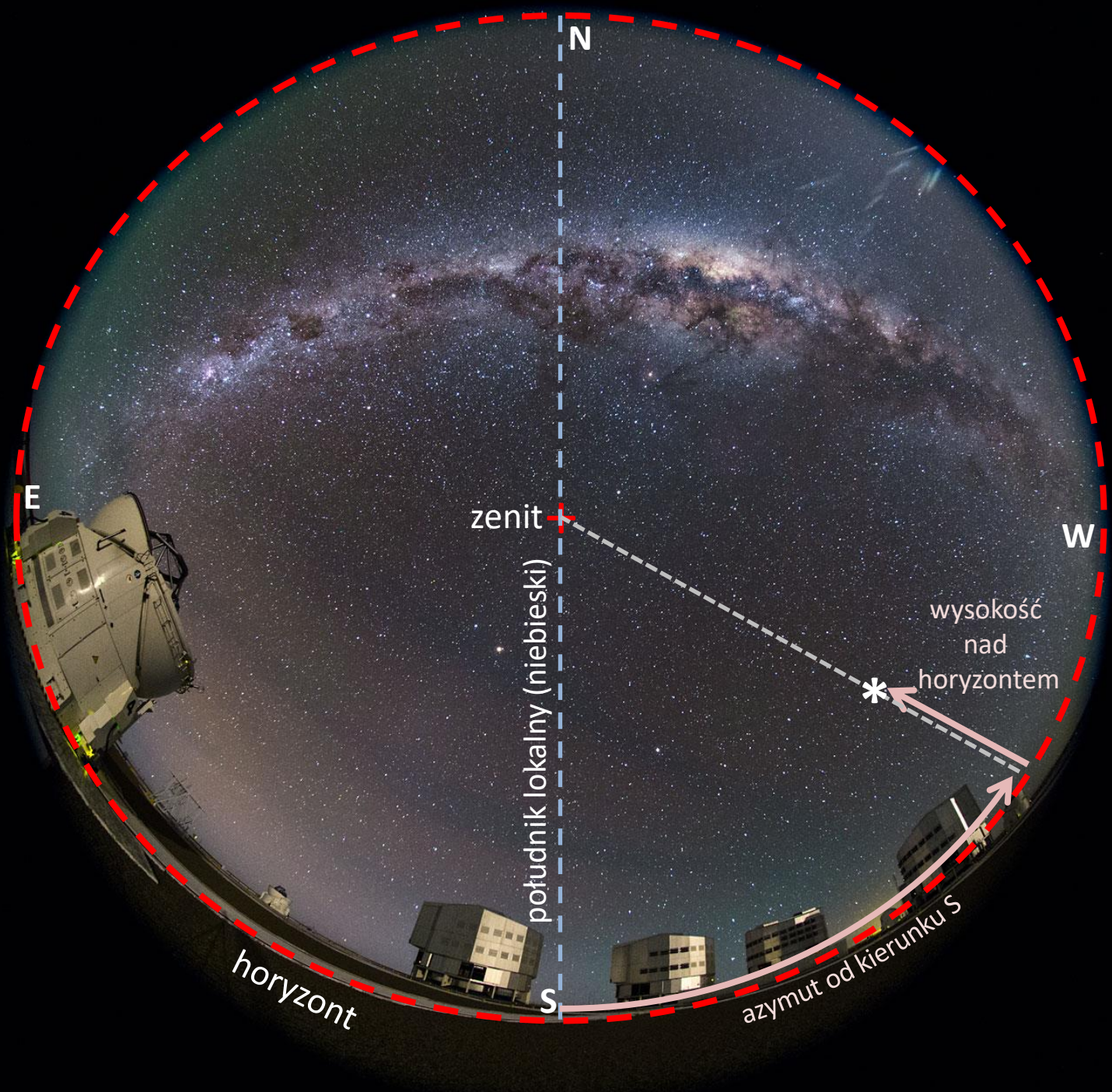
Sfera niebieska
to fikcyjna sfera
otaczająca
obserwatora, na
której pozornie
położone są obiekty
astronomiczne.

Jak podać położenie
dowolnego obiektu
na sferze niebieskiej?

Niebo nad
obserwatorium Paranal
(widok allsky)



Niebo nad
obserwatorium Paranal
(widok allsky)



współrzędne
horyzontalne
(rzut zenitalny)

sfera niebieska

Do wyrażania

- współrzędnych na niebie
- rozmiarów obiektów i odległości między nimi,
- pola widzenia,

wykorzystywana jest **miara kątowa wyrażona w stopniach (kątowych)**.

przykładowe kąty:

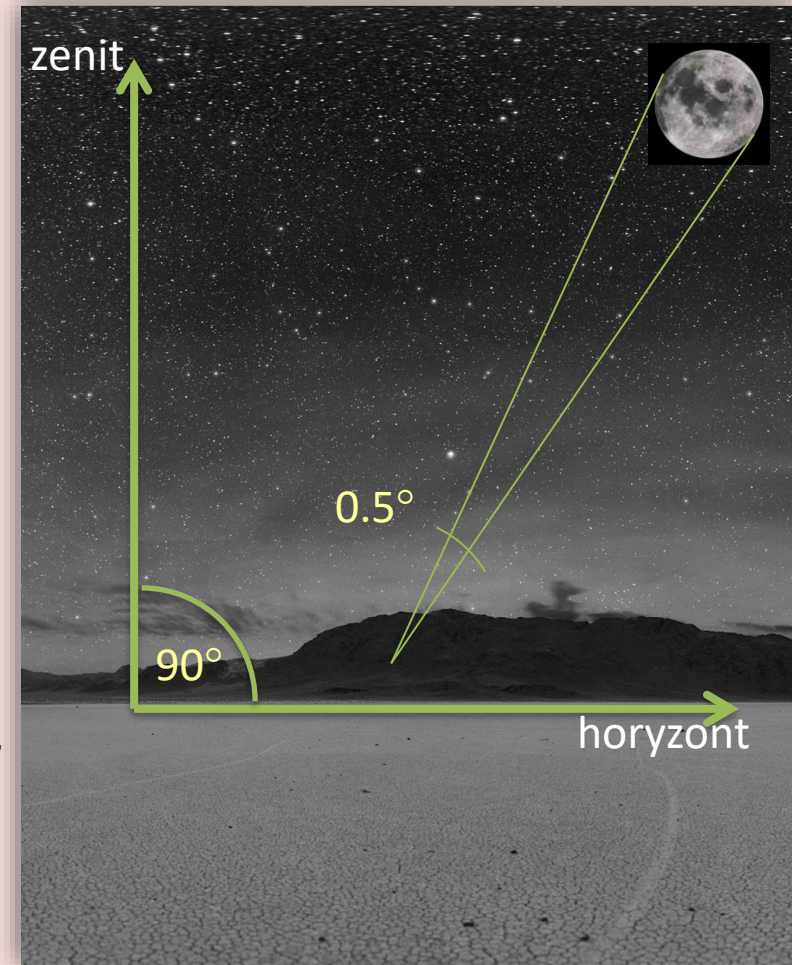
- dookoła horyzontu (pełny okrąg): 360°
- od horyzontu do zenitu (1/4 okręgu): 90°
- widomy rozmiar Słońca/Księżycy: $\approx 0.5^\circ$ ($\approx 30'$)

kąty mniejsze od 1° :

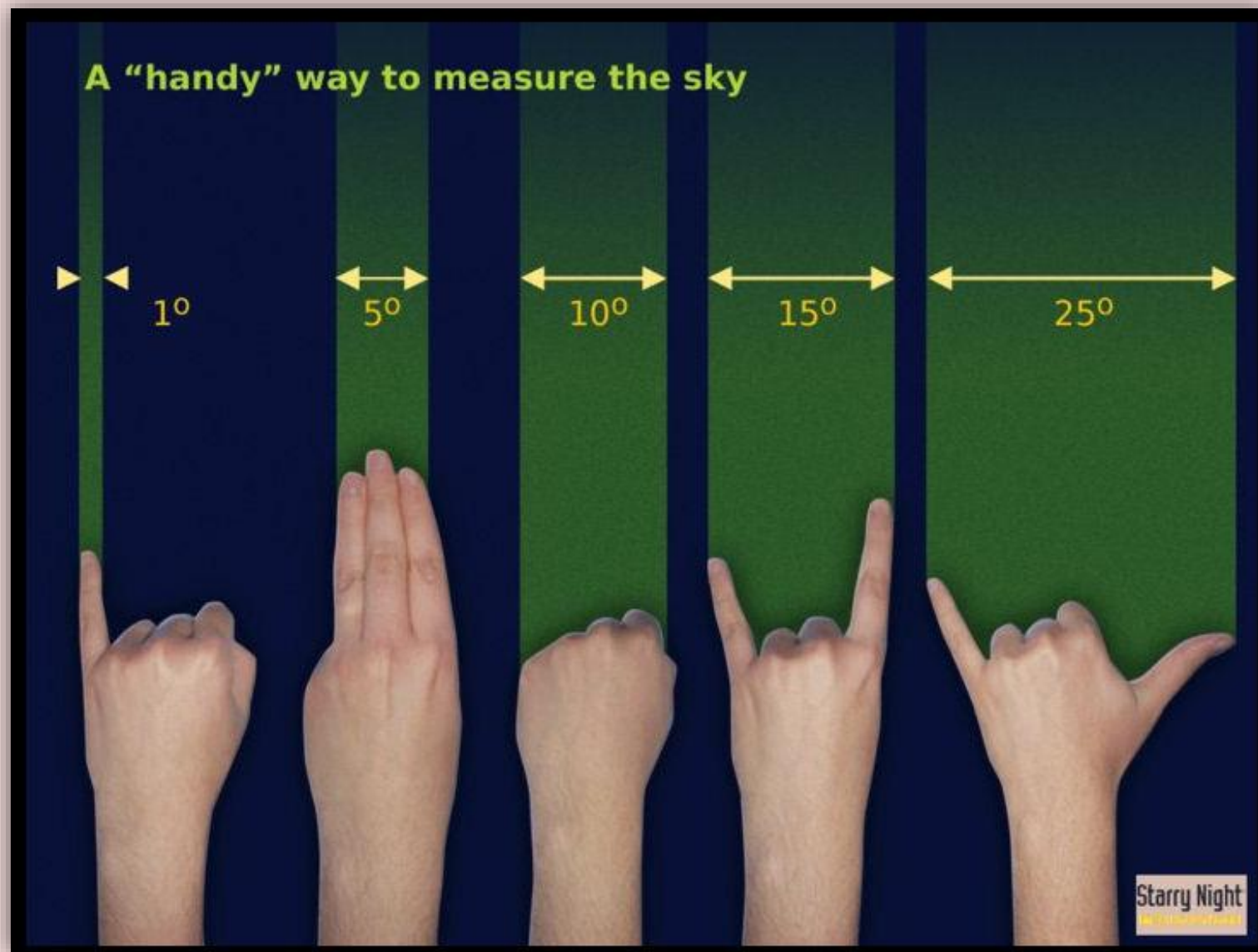
- minuta kątowa [$'$]: $1^\circ = 60'$ (arcmin)
- sekunda kątowa [$''$]: $1' = 60''$ (arcsec), $1^\circ = 3600''$

jak to sobie wyobrazić?

- 1° – to rozmiar kątowy człowieka z odległości 100 m
- $1'$ – to rozmiar kątowy człowieka z odległości 6 km
- $1''$ – to rozmiar kątowy człowieka z odległości 360 km

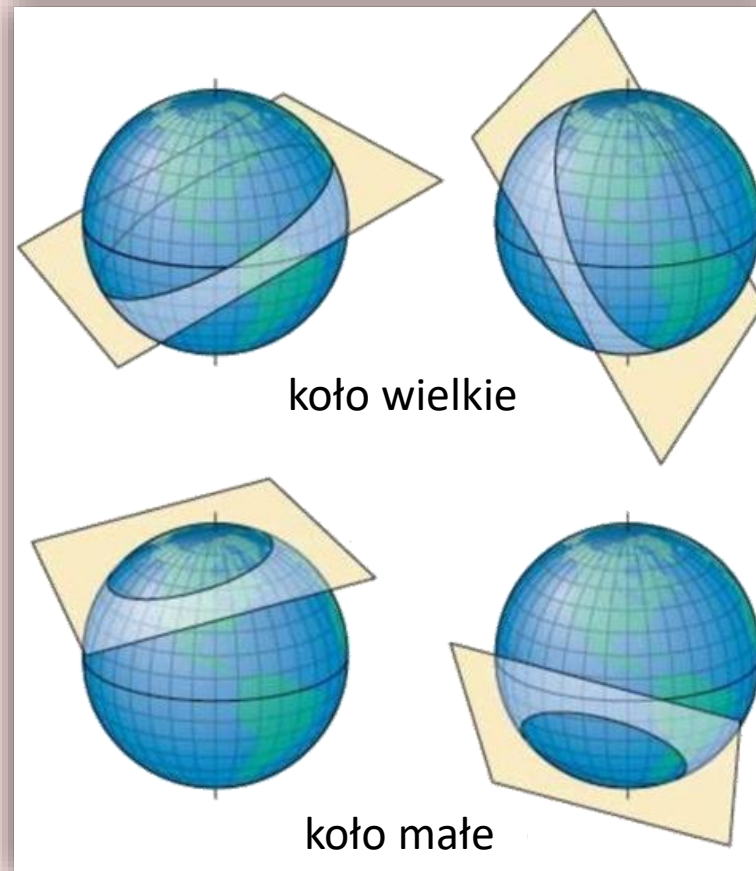


sfera niebieska



Przybliżony pomiar kątów na niebie za pomocą dłoni
(ręka całkowicie wyprostowana)

sfera niebieska



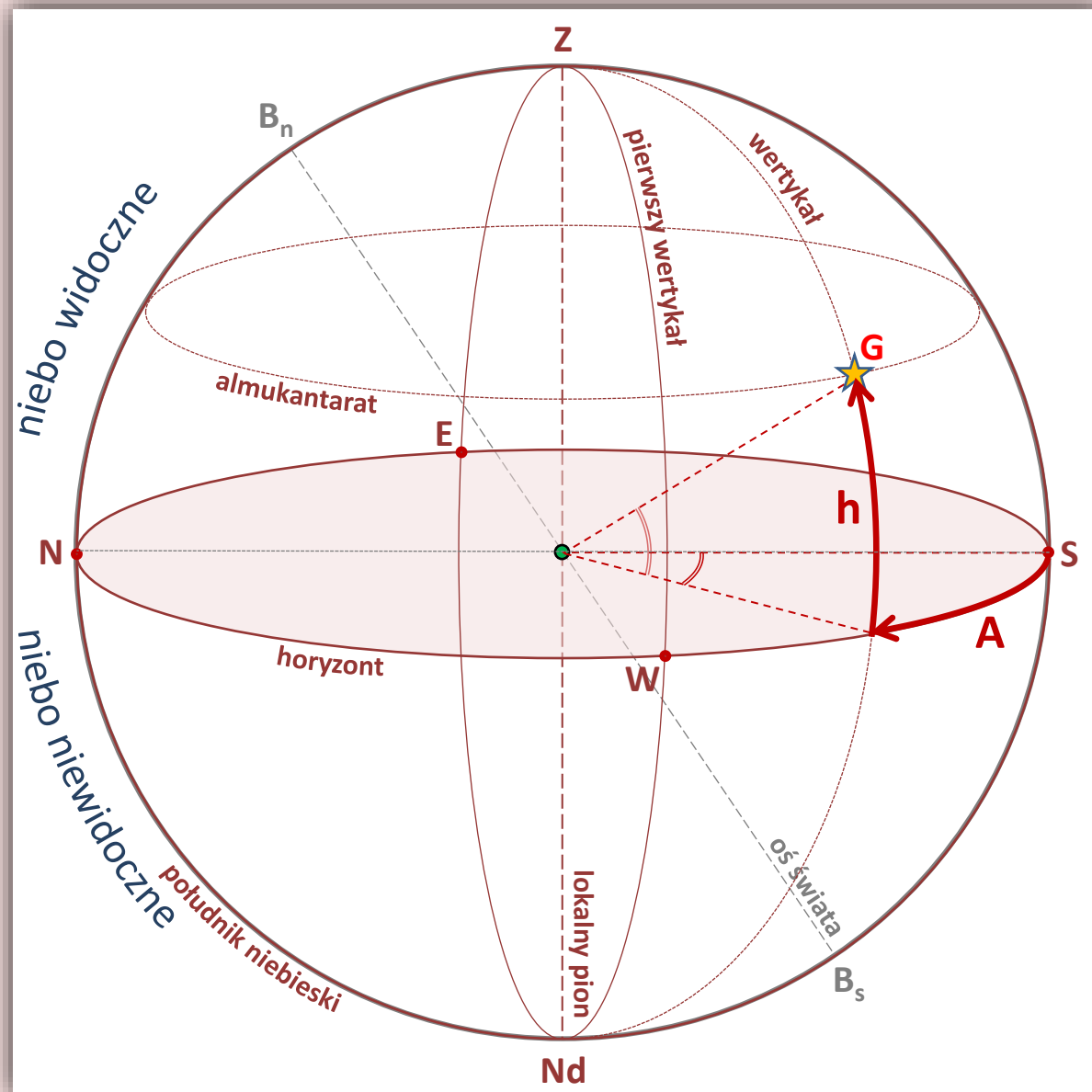
koło wielkie:

- zawiera środek sfery
- ma średnicę taką jak sfera

koła małe:

- nie zawiera środka sfery
- ma średnicę mniejszą niż sfera

sfera niebieska

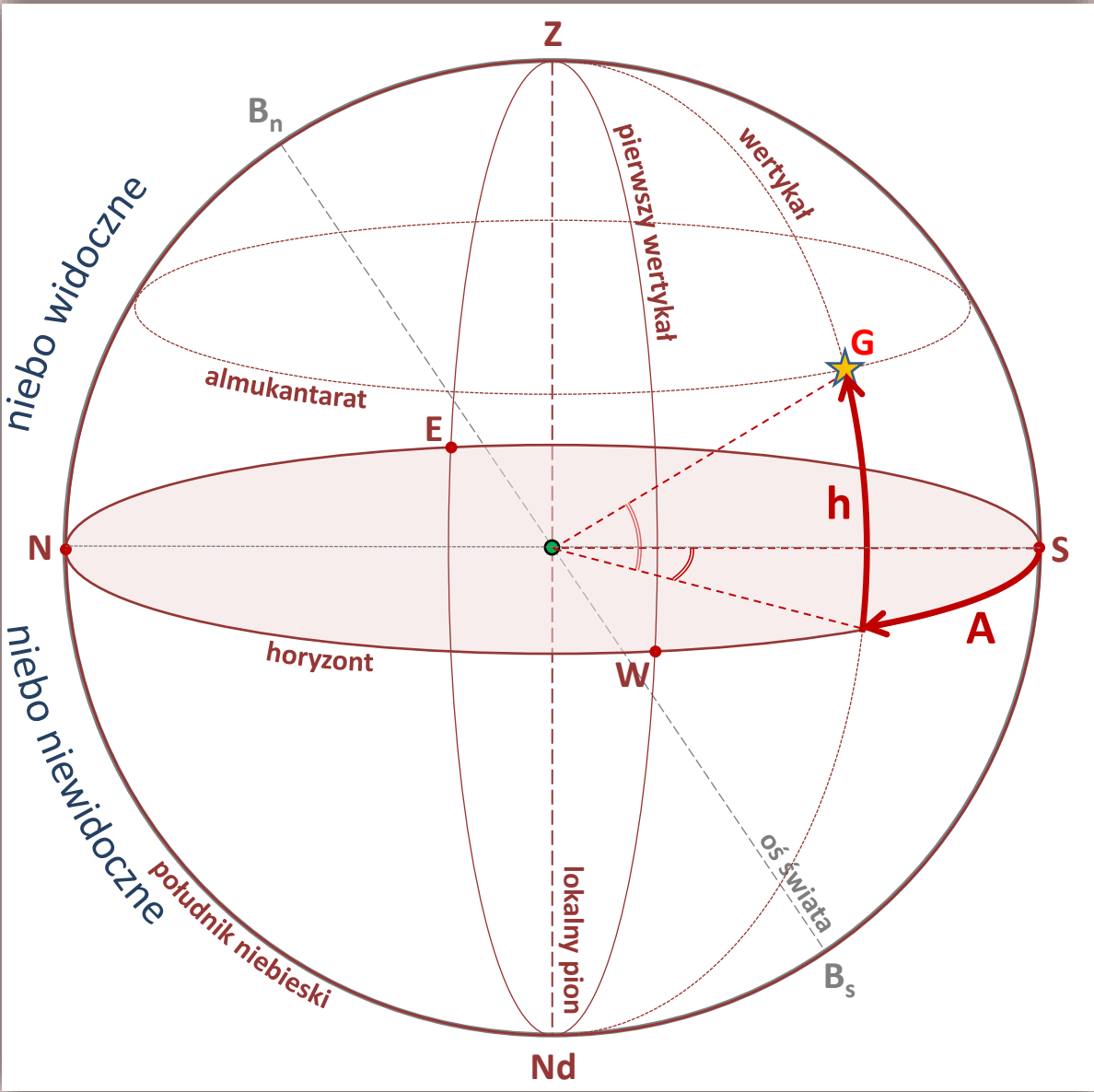


widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

Elementy układu współrzędnych horyzontalnych:

- **lokalny pion** – oś główna układu (wyznacza **zenit** (Z) i **nadir** (Nd))
- **horyzont** – koło podstawowe (wielkie) (płaszczyzna prostopadła do lokalnego pionu)
- **południk niebieski** – koło wielkie przechodzące przez punkty Z, Nd, N, S (półkoło przechodzące przez S jest półkołem początkowym układu)
- **wertykał** (koło wierzchołkowe) – dowolne koło wielkie przechodzące przez Z i Nd (prostopadłe do horyzontu)
- **pierwszy wertykał** – wertykał przechodzący przez punkty Z, Nd, E, W
- **almukantarat** – koło małe prostopadłe do lokalnego pionu („równoleżnik”)
- punkty S, W, N, E to **punkty kardynalne**

sfera niebieska



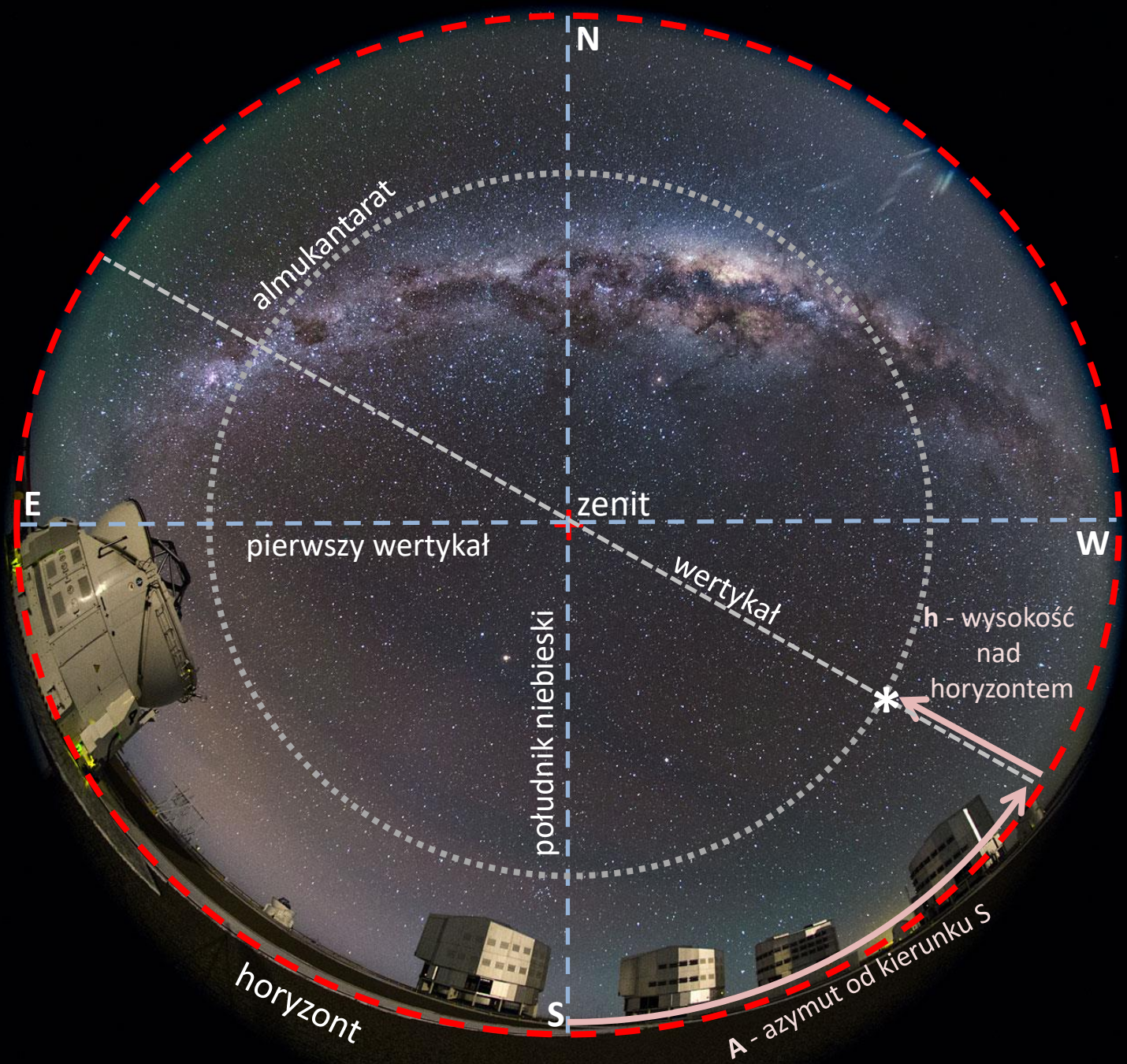
Współrzędne horyzontalne (A, h):

- **wysokość (h)** – kąt pomiędzy kierunkiem na obiekt a płaszczyzną horyzontu
- **azymut (A)** – kąt dwuścienny między półkolem południka niebieskiego przechodzącym przez S a półkolem wertykału przechodzącym przez obiekt
- odległość zenitalna ($z=90^\circ-h$)

Jak są liczone współrzędne?

- **h:** od 0° do $+90^\circ$ (nad horyzontem)
od 0° do -90° (pod horyzontem)
 $h = 0^\circ$ na horyzoncie
- **A:** od 0° do $+360^\circ$ (liczony od S w kierunku W) [azymut astronomiczny]
 $A=0^\circ$ na półkolu południka niebieskiego przechodzącym przez punkt S

widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●



współrzędne
horyzontalne
(rzut zenitalny)

sfera niebieska

współrzędne geograficzne:

- południki i południk 0° , 180°
- równoleżniki i równik



współrzędne horyzontalne:

- wertykały i południk niebieski
- almukantaraty i horyzont

sfera niebieska

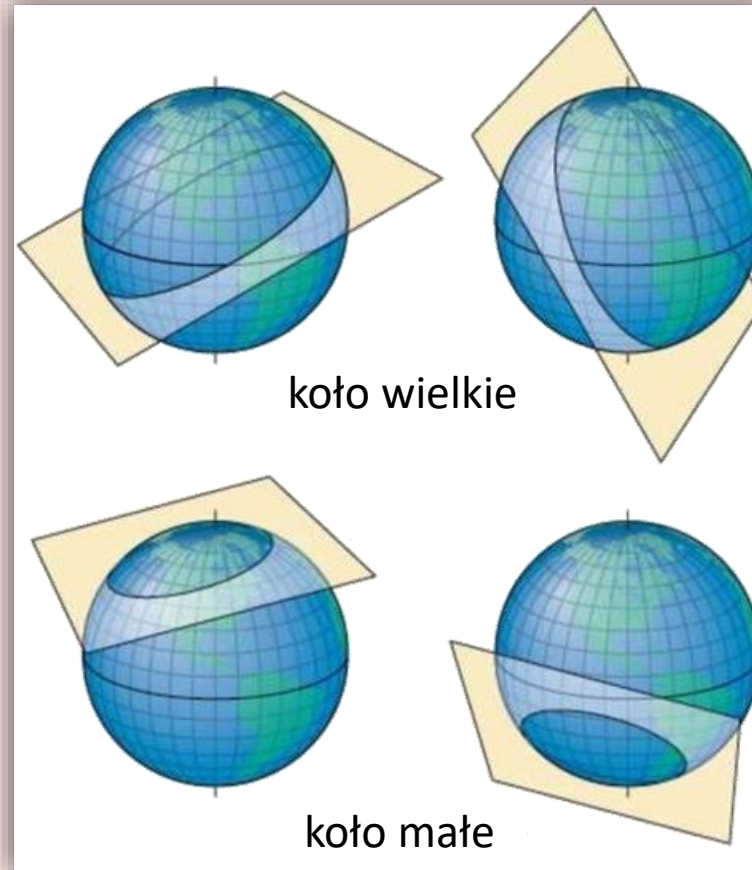
współrzędne geograficzne

koła wielkie:

- wszystkie południki, tym południk 0° , 180°
- oraz równik

koła małe:

- równoleżniki



koło wielkie

koło małe

współrzędne horyzontalne

koła wielkie:

- wszystkie wertykały i południk niebieski
- oraz horyzont

koła małe:

- almukantaraty

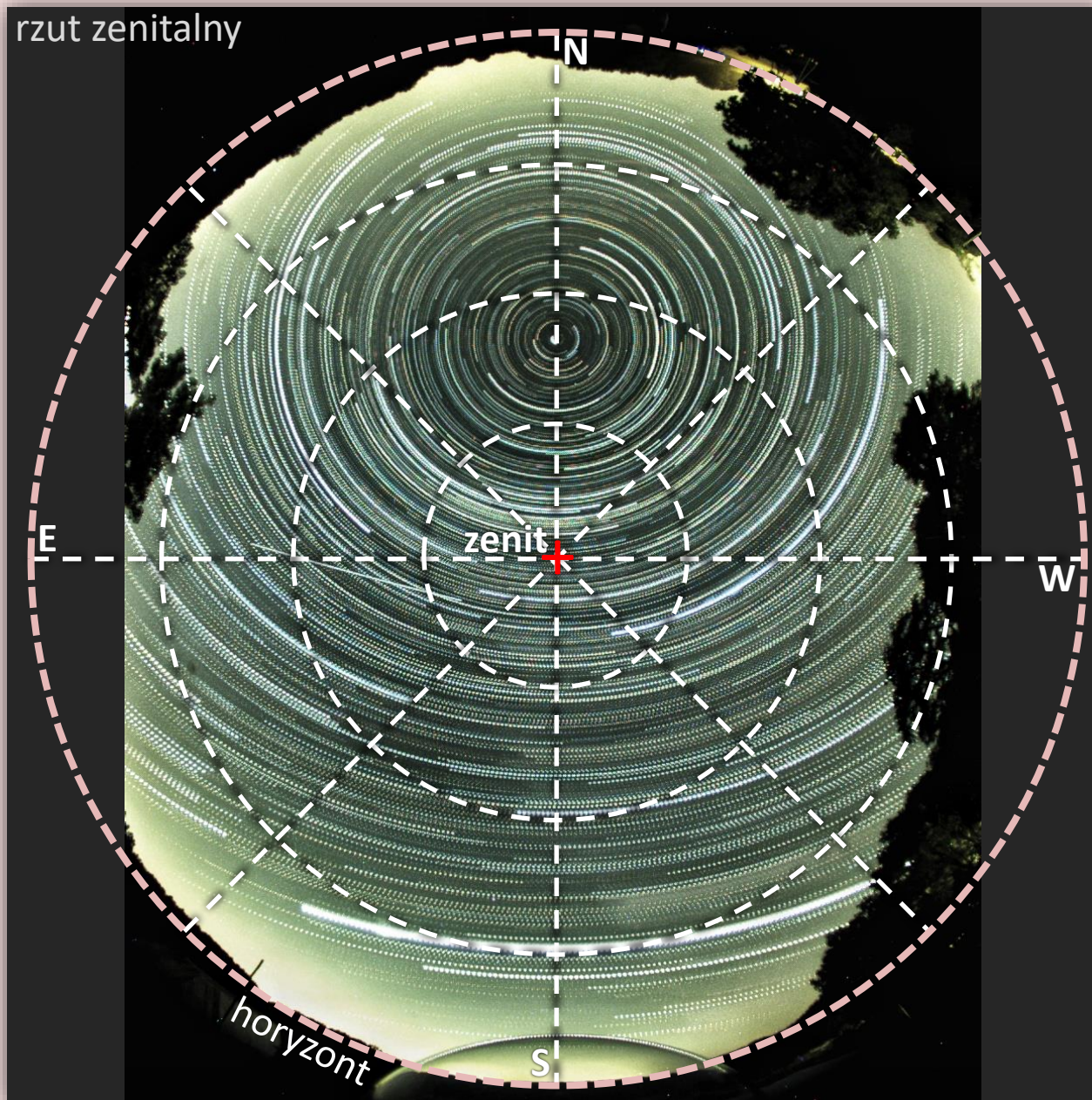
koło wielkie:

- zawiera środek sfery
- ma średnicę taką jak sfera

koła małe:

- nie zawiera środka sfery
- ma średnicę mniejszą niż sfera

sfera niebieska



Zalety i wady współrzędnych horyzontalnych (A, h)

- zalety: bardzo intuicyjne
- wady: lokalne i chwilowe

(A, h) zależą od:

- współrzędnych geograficznych miejsca obserwacji
- czasu obserwacji

W danym miejscu obserwacji współrzędne (A, h) danego obiektu na sferze ulegają ciągłym zmianom na skutek pozornego obrót sfery niebieskiej.

Potrzebujemy innego układu sferycznego, jeśli chcemy mieć współrzędne stałe w czasie*.

sfera niebieska

Jak wyznaczyć współrzędne (A, h)?

- dłoń, (kompas)
- gnomon
- półkole, kwadrant, (kompas)
- instrument uniwersalny
- smartfon

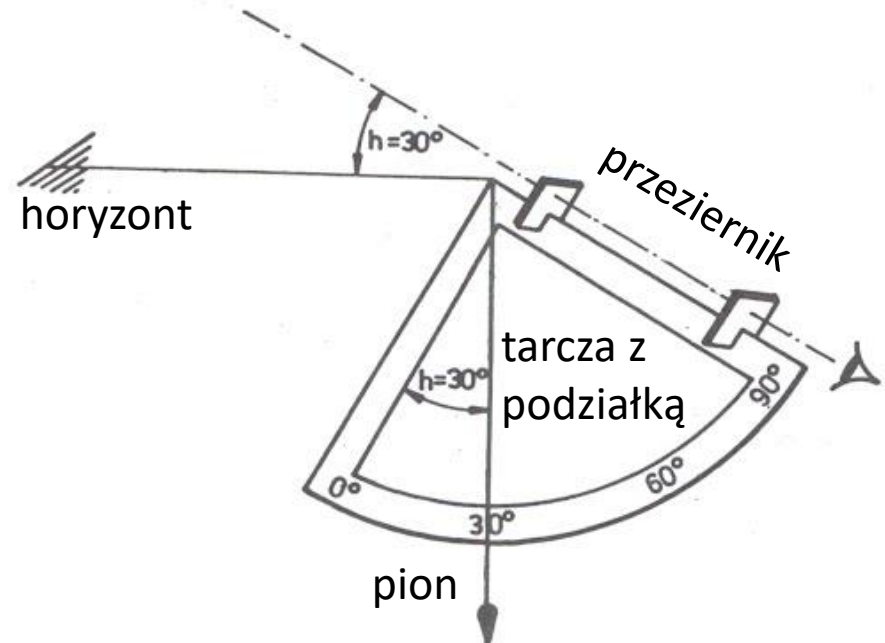
sfera niebieska

Jak wyznaczyć współrzędne (A, h)?

- kwadrant – pomiar wysokości h
- dodatkowo kompas do wyznaczenia azymutu



obiekt *

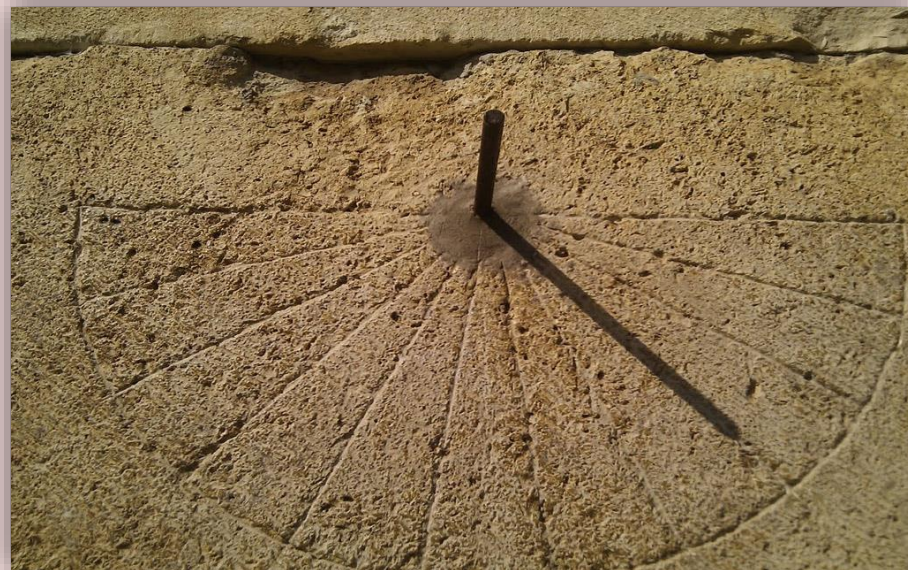


sfera niebieska

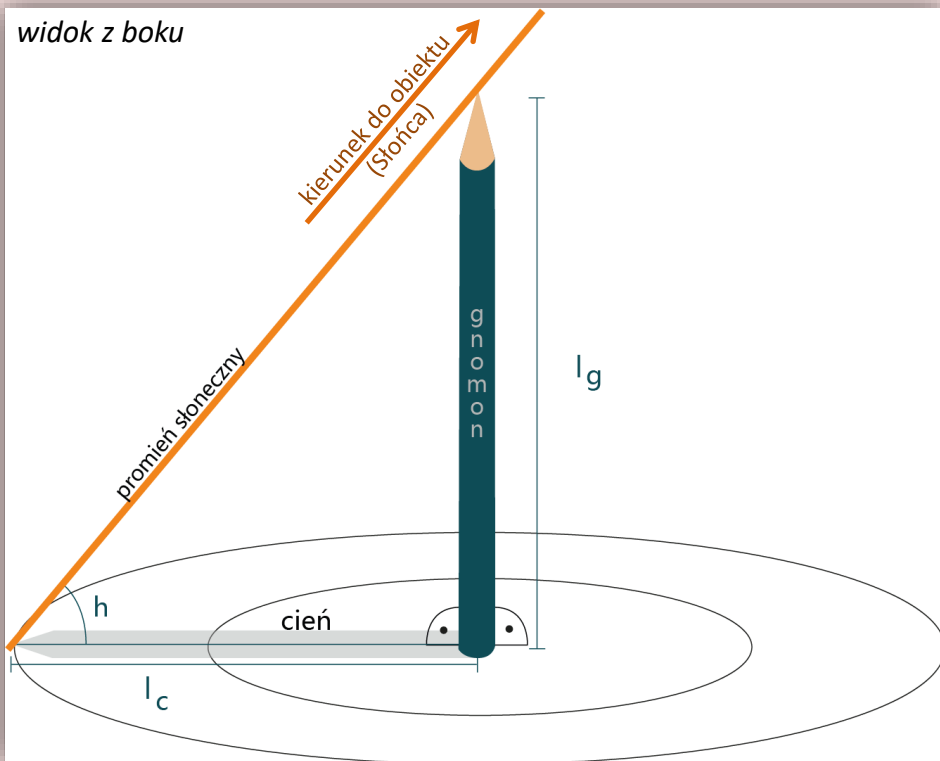
Jak wyznaczyć współrzędne (A , h)?

- gnomon – pomiar wysokości i azymutu

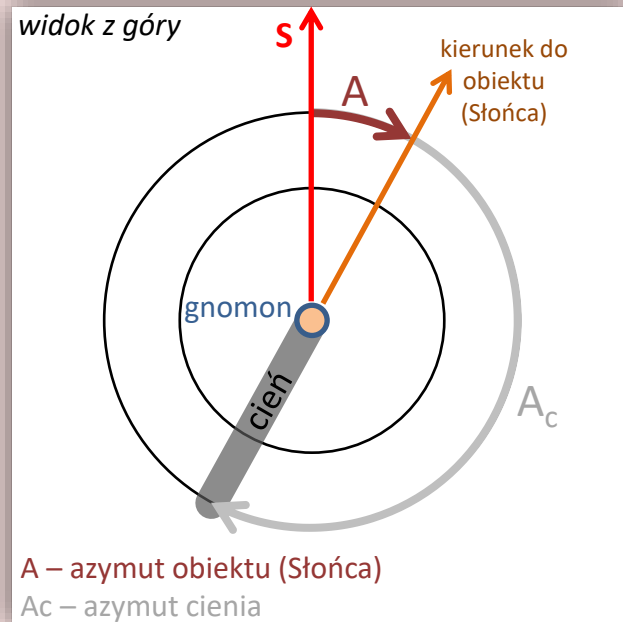
Gnomon – pionowy słupek rzucający cień na prostopadłą do niego płaszczyznę. Najprostszy instrument astronomiczny.



widok z boku

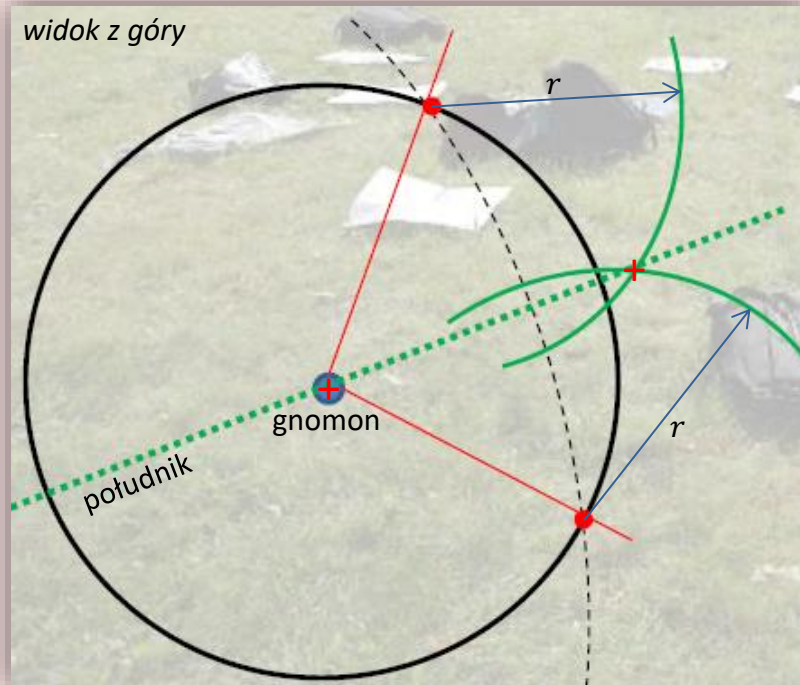
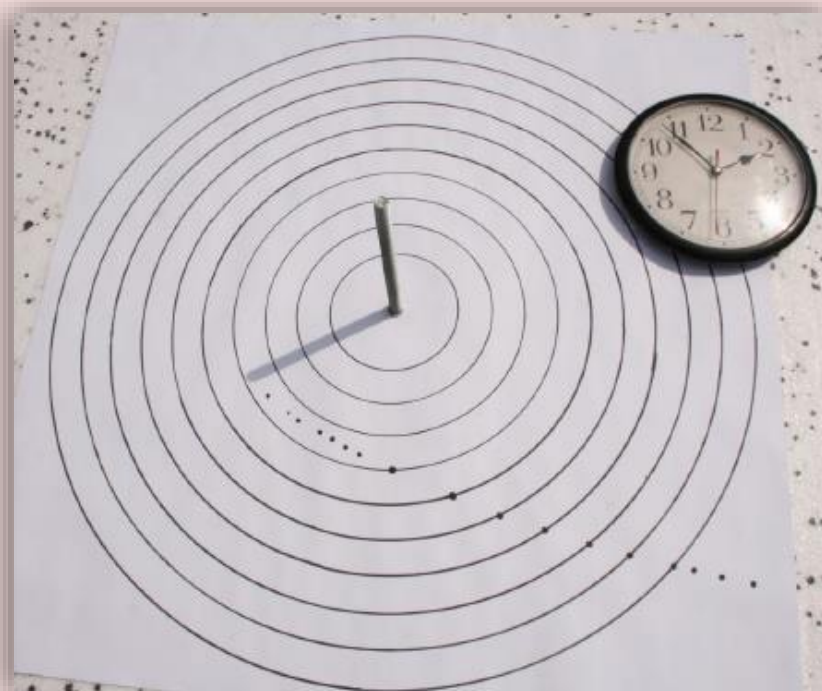
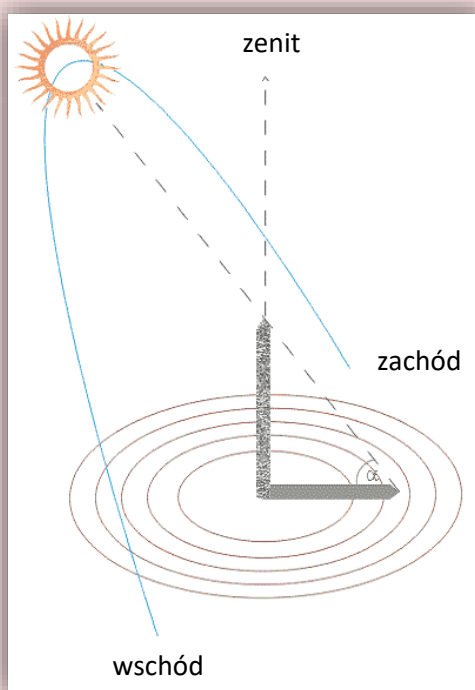


widok z góry



sfera niebieska

Jak wyznaczyć kierunek S?
(przebieg południka lokalnego)



sfera niebieska

Jak wyznaczyć współrzędne (A , h)?

- instrument uniwersalny



sfera niebieska

Jak wyznaczyć współrzędne (A, h)?

- smartfon

wykorzystanie akcelerometru i czujnika pola magnetycznego

azymut
(od kierunku N*)
*północ magnetyczna,
trzeba skorygować na
deklinację magnetyczną

odchylenie od poziomu
góra/dół
lewo/prawo



aplikacja GPS status



sfera niebieska

Użycie współrzędne (A, h) w obserwacjach

- teleskopy na montażu azymutalnym



sfera niebieska

Użycie współrzędne (A, h) w obserwacjach

- teleskopy na montażu azymutalnym

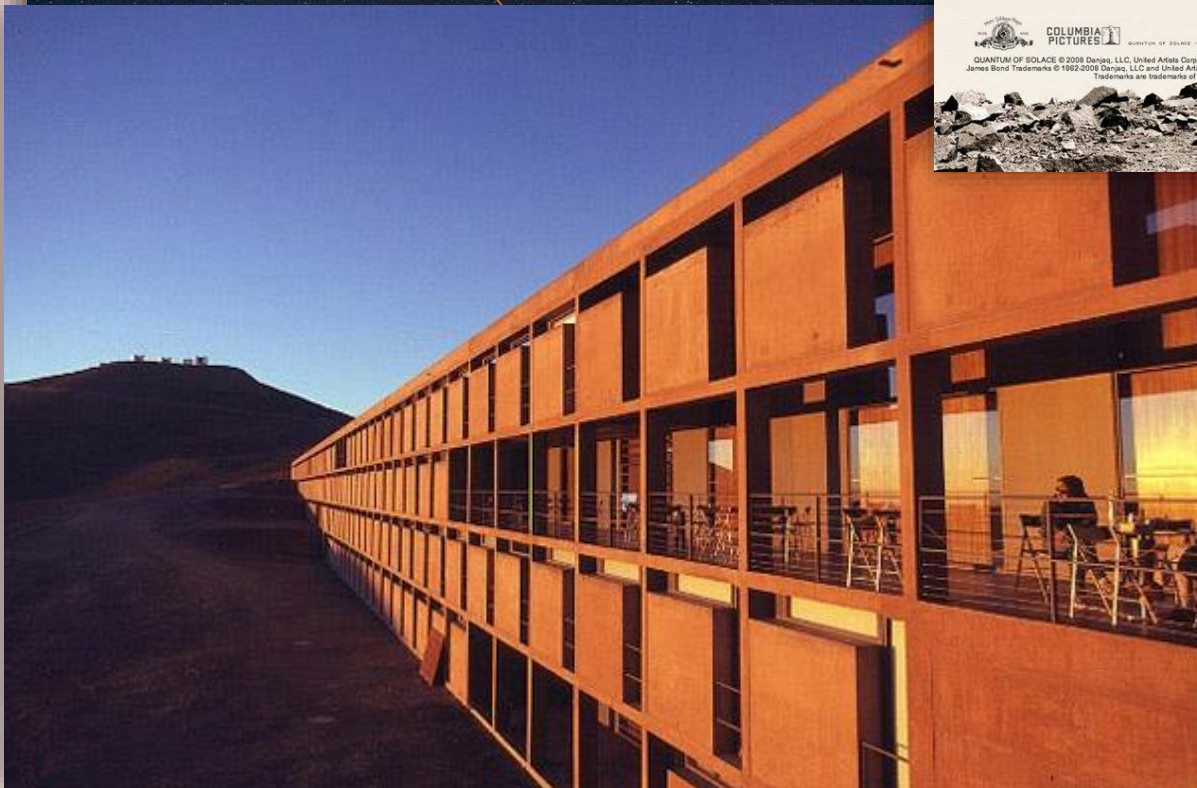


Zespół teleskopów VLT w obserwatorium Paranal (Chile)

sfera niebieska

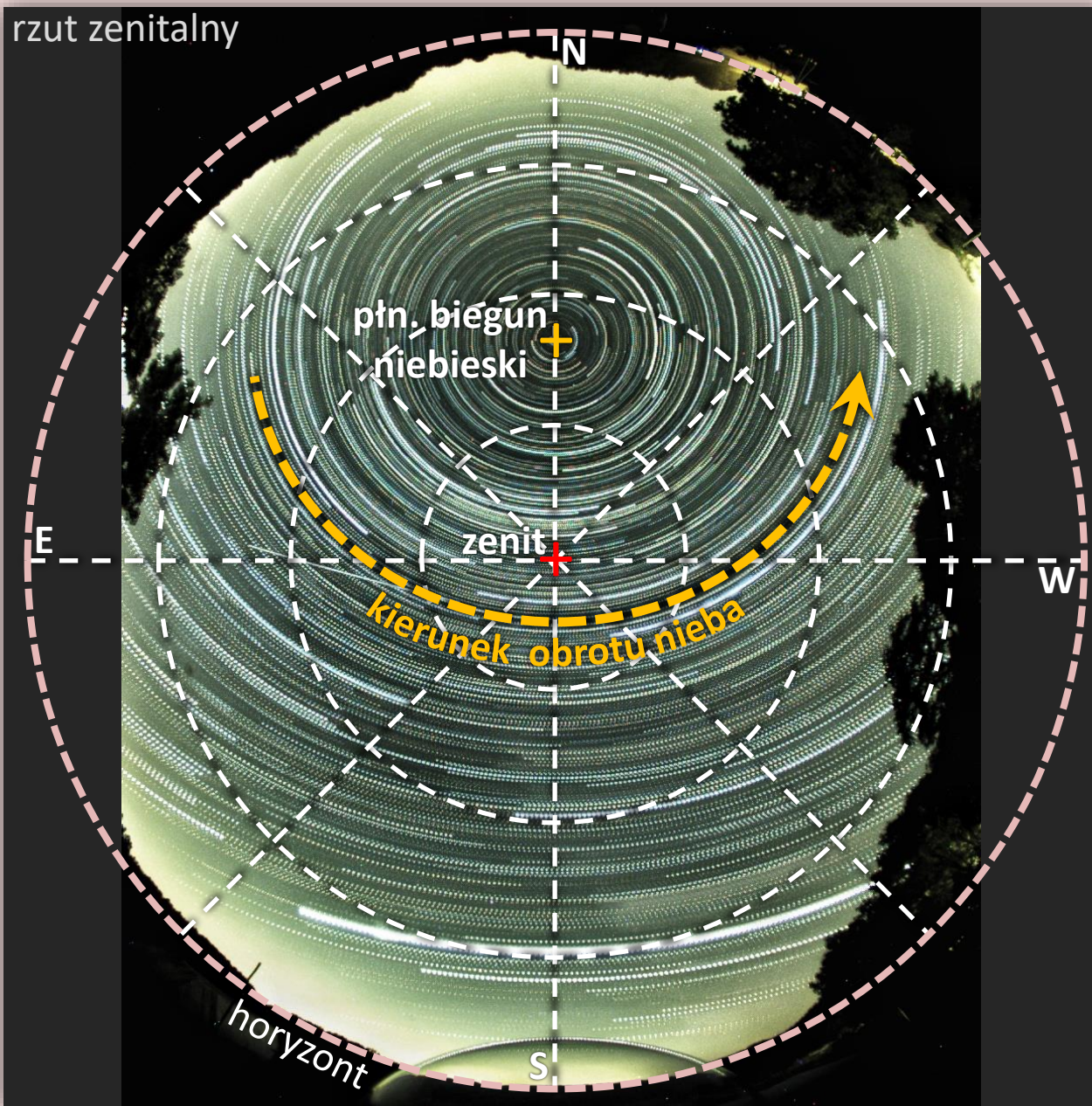
Użycie współrzędne (A, h) w obserwacjach

- teleskopy na montażu azymutalnym



sfera niebieska

rzut zenitalny



Zalety i wady współrzędnych horyzontalnych (A, h)

- zalety: bardzo intuicyjne
- wady: lokalne i chwilowe

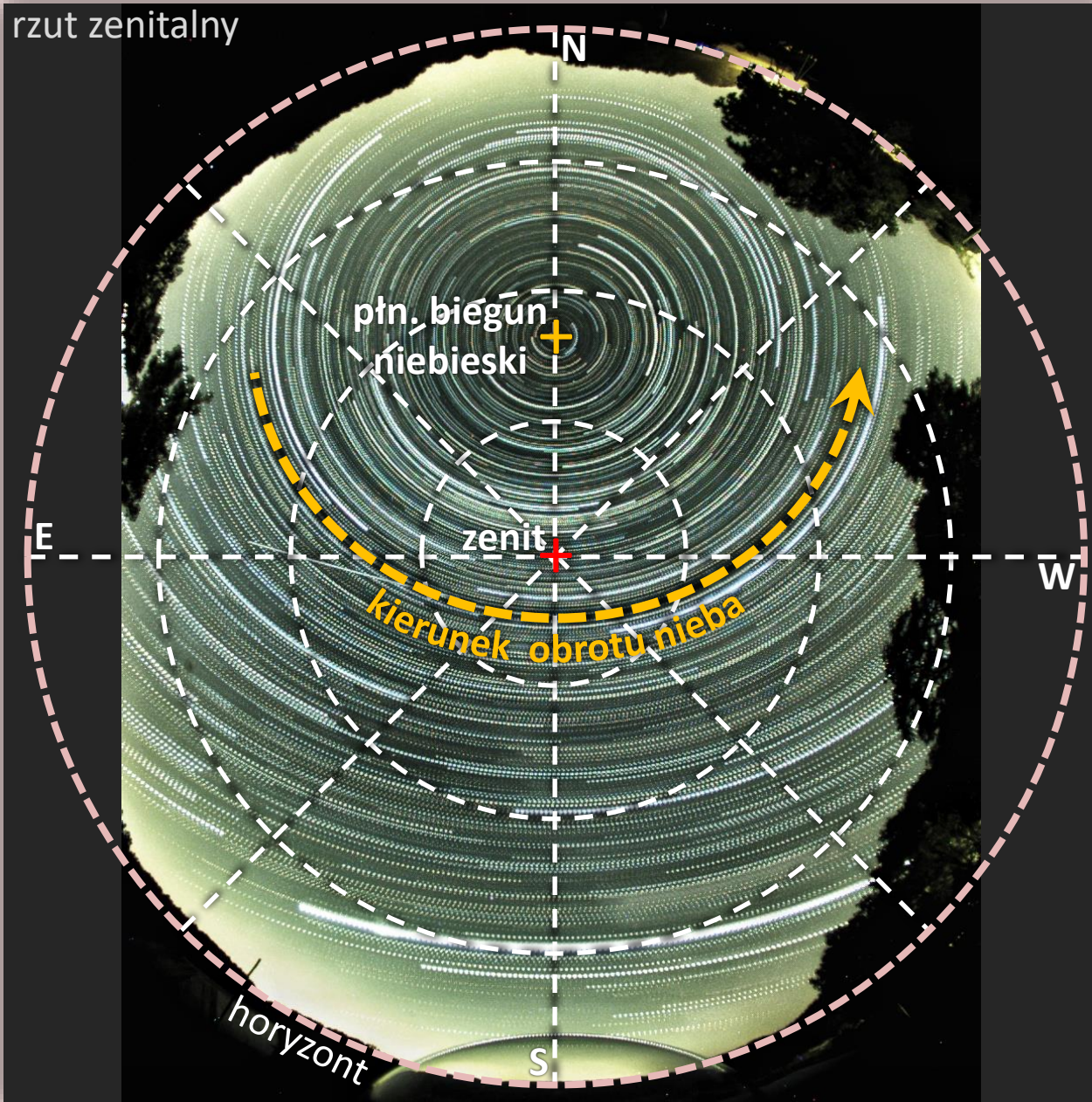
(A, h) zależą od:

- współrzędnych geograficznych miejsca obserwacji
- czasu obserwacji

W danym miejscu obserwacji współrzędne (A, h) danego obiektu na sferze ulegają ciągłym zmianom na skutek pozornego obrót sfery niebieskiej.

Potrzebujemy innego układu sferycznego, jeśli chcemy mieć współrzędne stałe w czasie*.

sfera niebieska

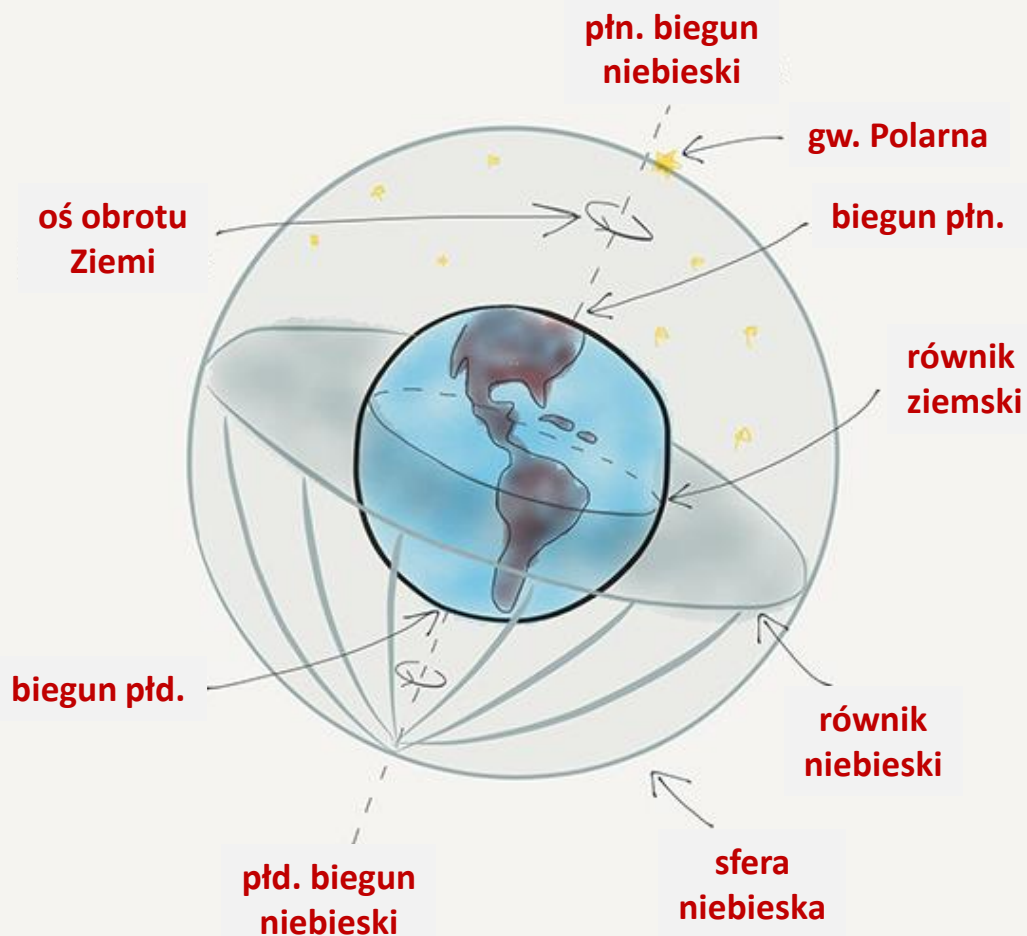


Pozorny ruch sfery niebieskiej

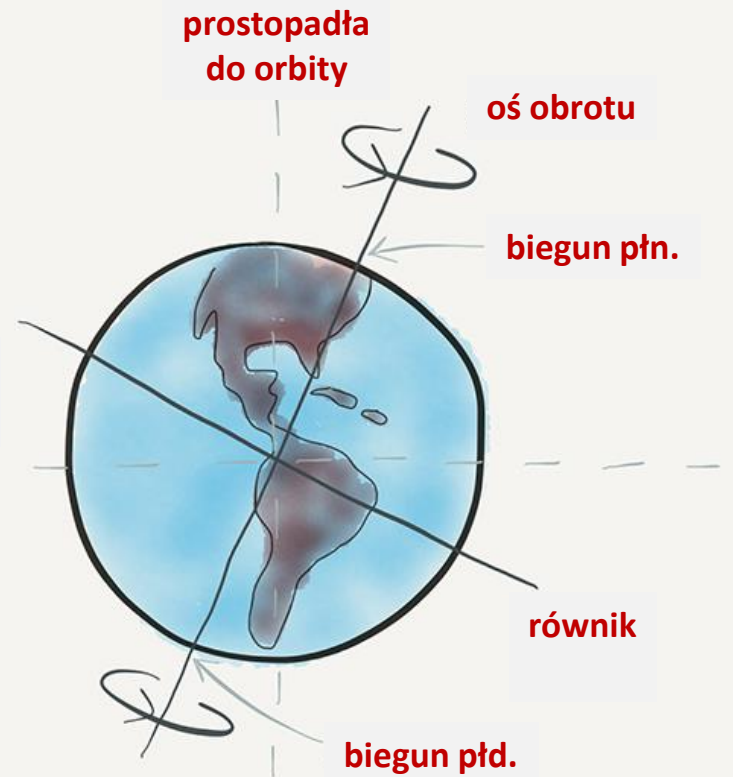
- w kierunku ze wschodu na zachód
- efekt obrotu Ziemi (z zachodu na wschód)
- pełen obrót w ciągu **1 doby gwiazdowej**
- w skutek tego obiekty na niebie:
 - wschodzą, zachodzą (*)
 - górują, dołują
 - zataczają łuki wokół bieguna niebieskiego (północnego / południowego)

sfera niebieska

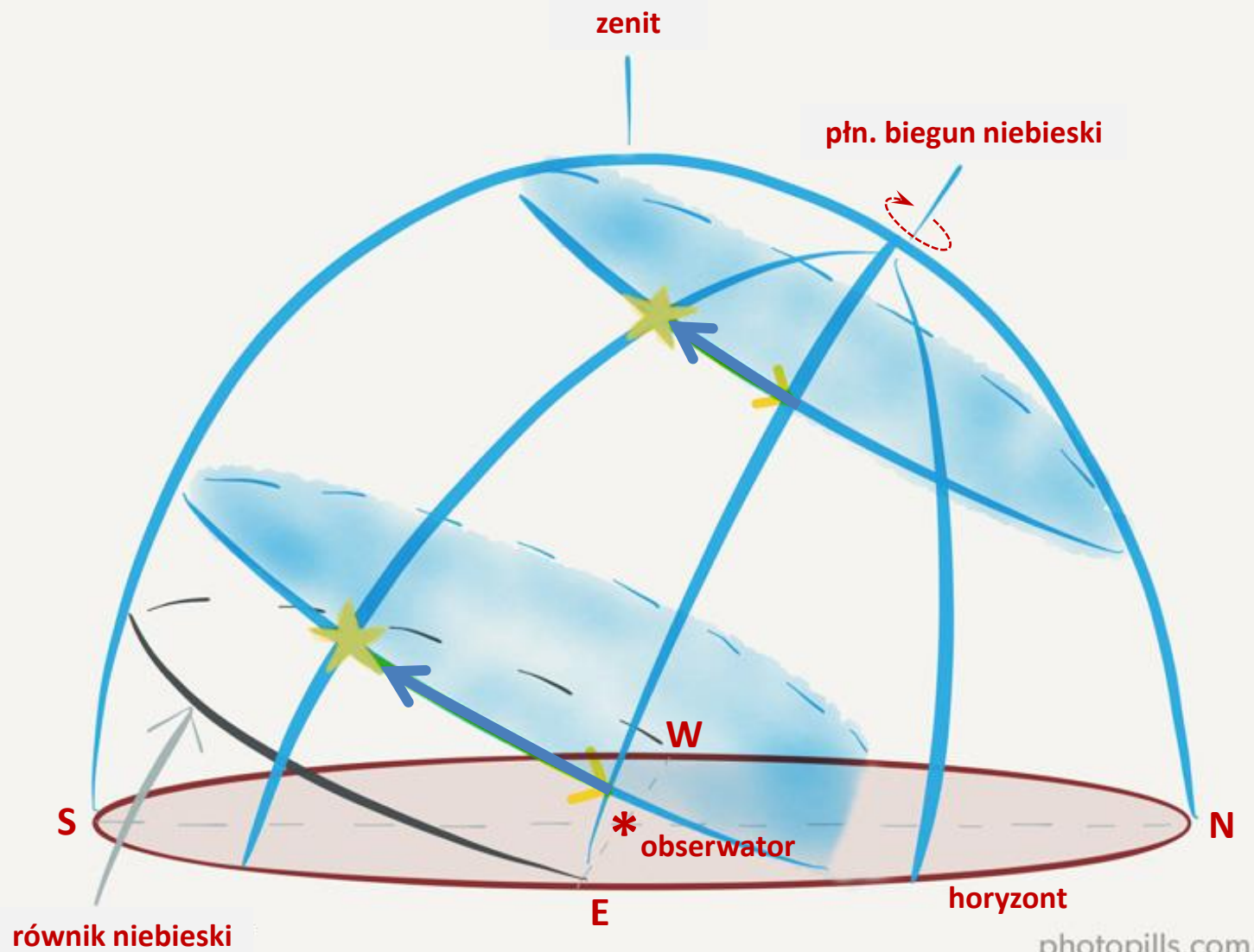
przeniesienie biegunów ziemskich
i równika na sferę niebieską



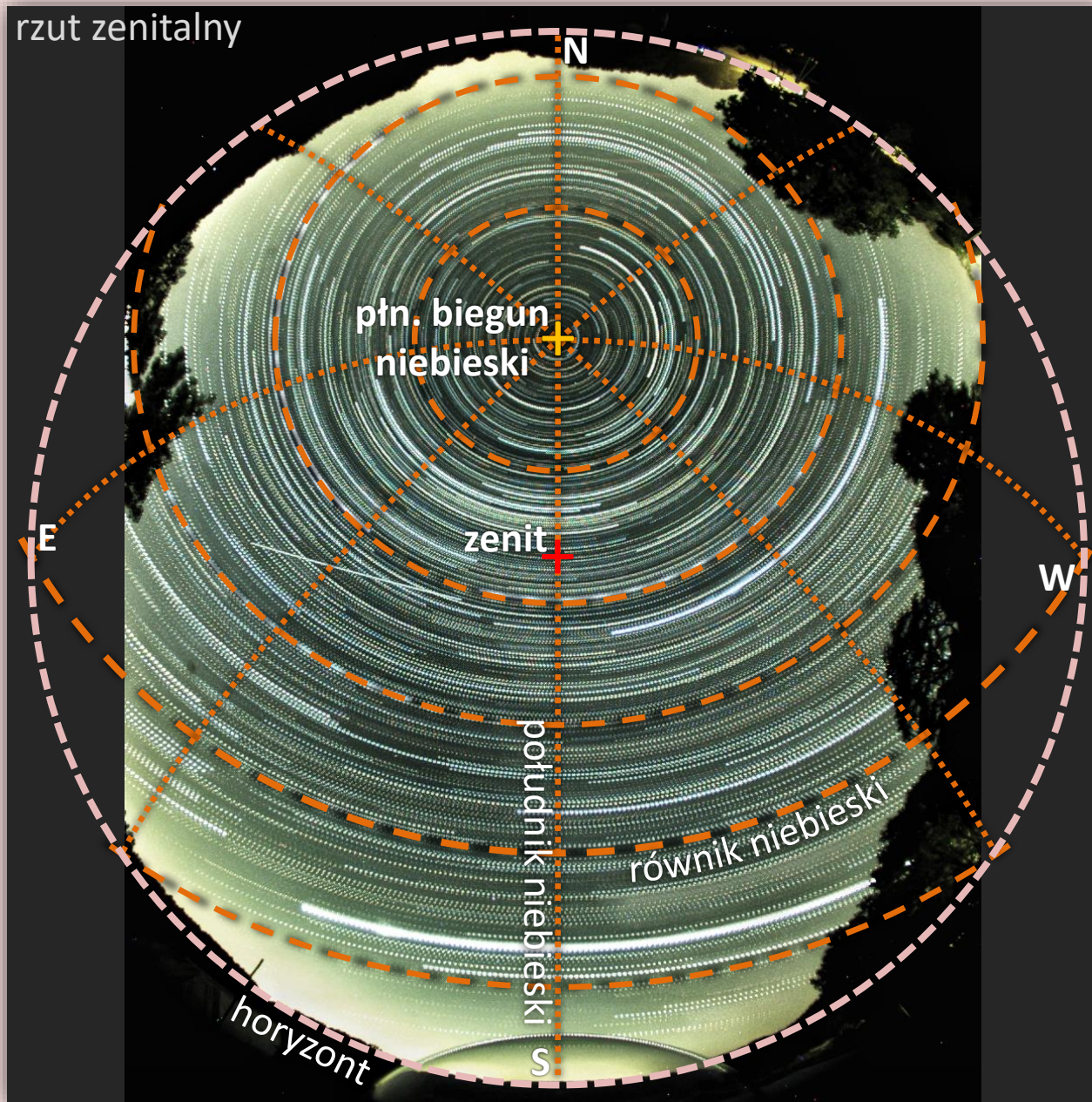
płaszczyzna
orbity



sfera niebieska



sfera niebieska

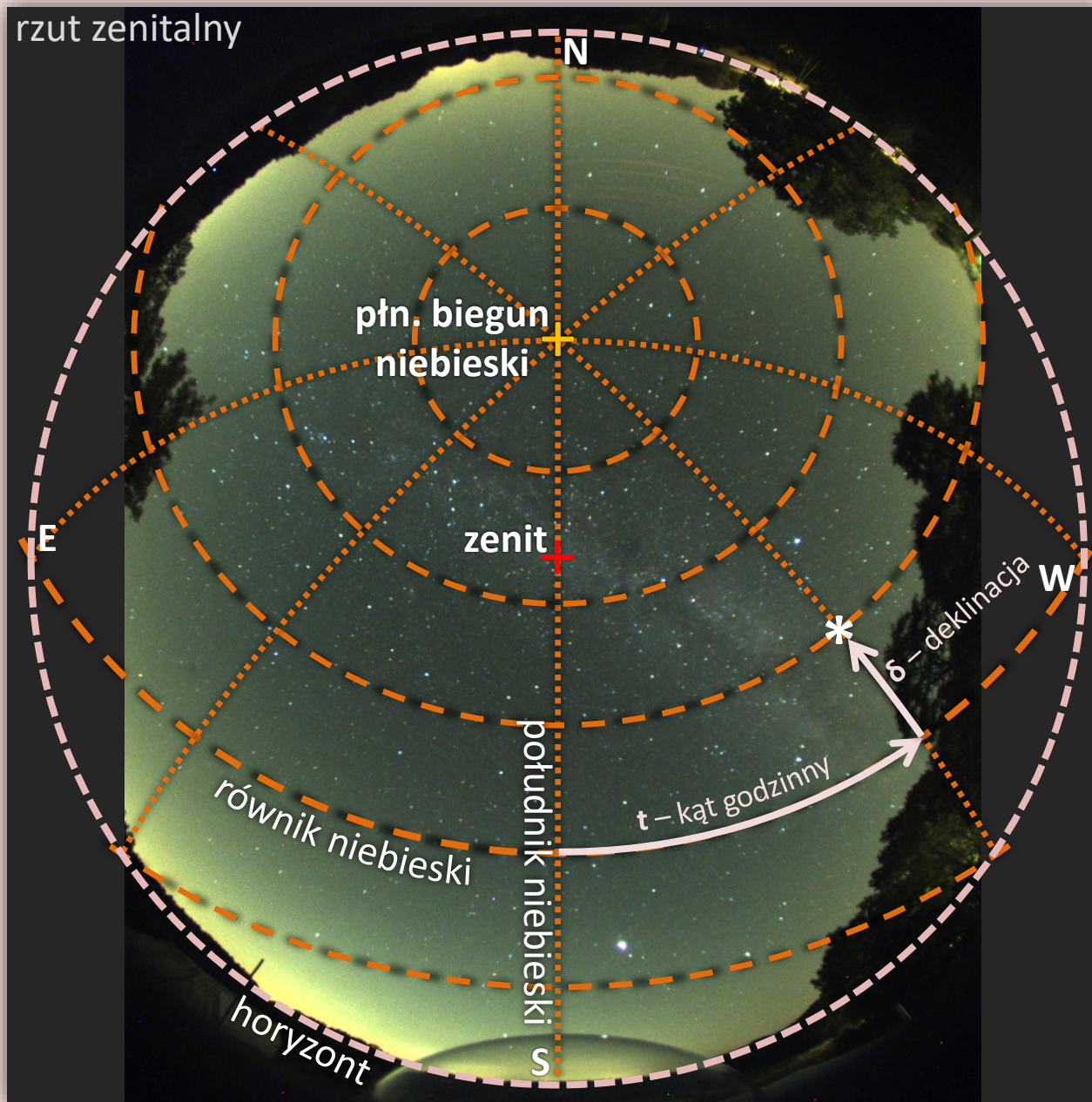


Potrzebujemy innego układu sferycznego, jeśli chcemy mieć współrzędne stałe w czasie*.

Podejście nr 1.: do konstrukcji takiego układu współrzędnych wykorzystamy:

- bieguny niebieskie (oś świata)
- równik niebieski
- południk niebieski (lokalny)

sfera niebieska



Podejście nr 1.: do konstrukcji układu współrzędnych wykorzystamy:

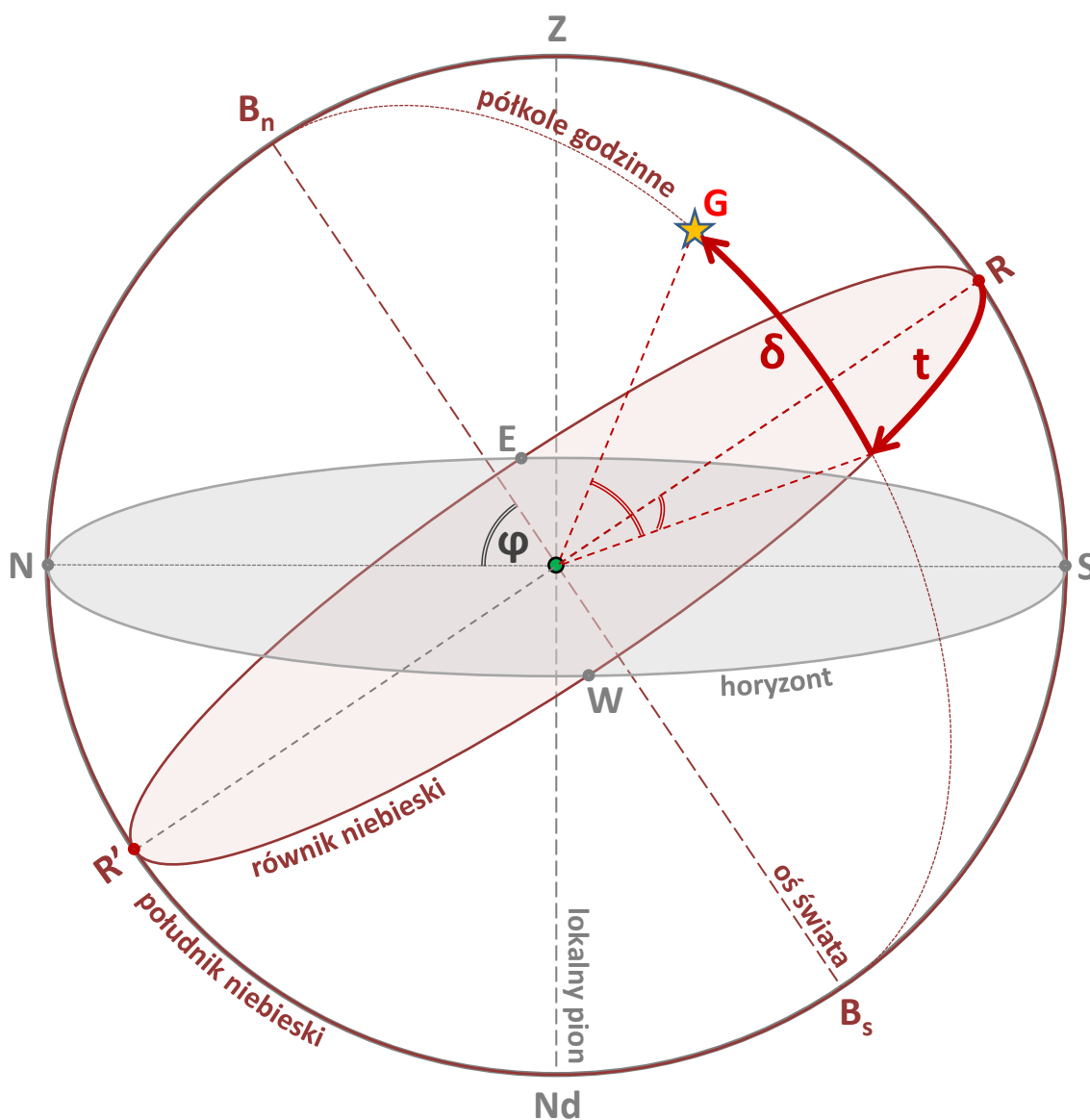
- bieguny niebieskie (oś świata)
- równik niebieski
- południk niebieski (lokalny)

W układzie tym mamy dwie współrzędne:

- **deklinacja, δ** – położenie obiektu względem równika niebieskiego
- **kąt godzinny, t** – położenie obiektu względem południka niebieskiego

Układ ten nosi nazwę **układ równikowy pierwszy (godzinny)**

sfera niebieska

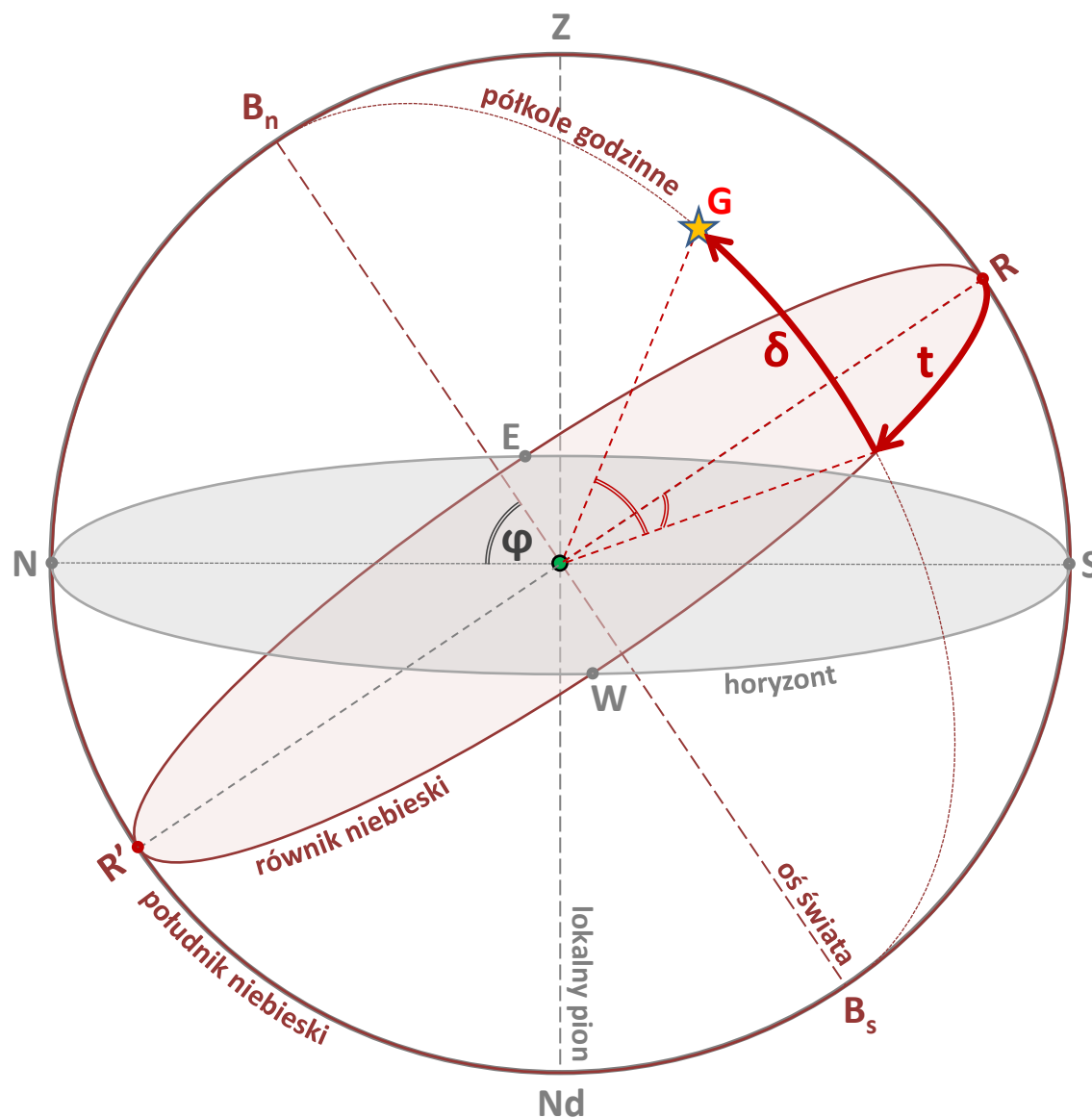


Elementy układu równikowego pierwszego:

- **równik niebieski** – koło podstawowe układu (prostopadłe do osi świata)
- **oś świata** – oś główna układu wyznaczona przez oś obrotu Ziemi
- **bieguny niebieskie B_n , B_s** – wyznaczone przez kierunek osi świata
- **południk niebieski** – koło wielkie przechodzące przez punkty Z , Nd , N , S (półkole przechodzące przez S jest półkolem początkowym układu)
- **koło godzinne** – dowolne koło wielkie przechodzące przez bieguny niebieskie
- **równoleżnik niebieski** – dowolne koło małe prostopadłe od osi świata

widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

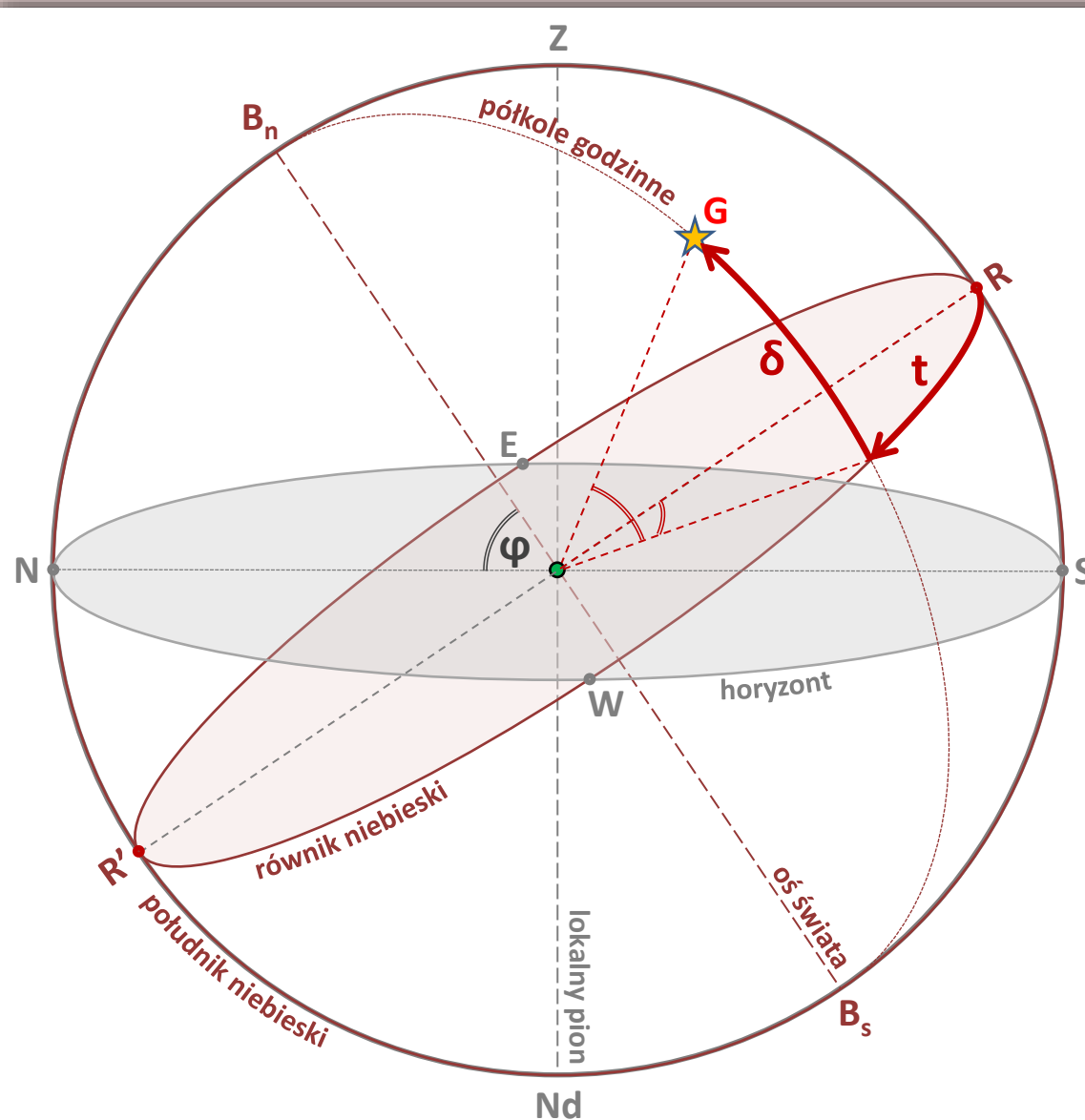
Współrzędne (t , δ):

- **kąt godzinny (t)** – kąt dwuścienny między półkołem południka niebieskiego przechodzącym przez S a półkołem godzinnym przechodzącym przez obiekt
- **deklinacja (δ)** – kąt pomiędzy płaszczyzną równika niebieskiego a kierunkiem na obiekt

Jak są liczone współrzędne?

- **δ :** od 0° do $+90^\circ$ (nad równikiem niebieskim)
od 0° do -90° (pod równikiem niebieskim)
 $\delta = 0^\circ$ na równiku niebieskim
- **t :** od 0h do 24h (liczony w kierunku obrotu sfery niebieskiej)
 $t = 0h$ na półkolu południka niebieskiego przechodzącym przez S

sfera niebieska



Miara czasowa kątów:

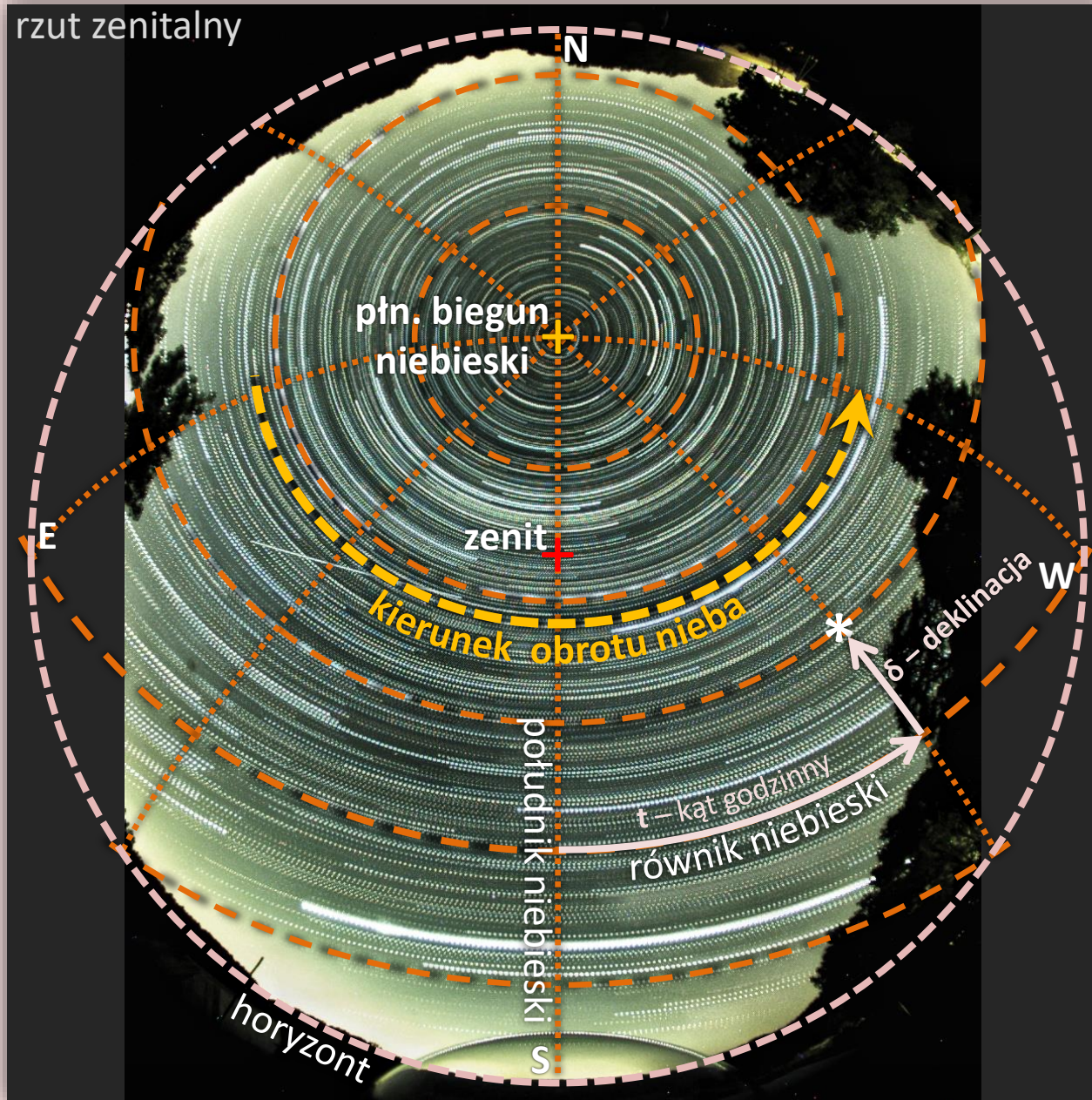
- $1^h = 60^m$, $1^m = 60^s$
- $24^h = 360^\circ$, $1^h = 15^\circ$, $1^m = 15'$,
 $1^s = 15''$, $1^\circ = 4^m$, $1' = 4^s$

Dlaczego kąt t wyrażać w mierze czasowej?

- pokazuje upływ czasu związany z obrotem nieba
- wartość t w danym momencie wskazuje, ile czasu upłynęło od górowania obiektu
- kąt t dla Słońca powiększony o 12h to czas, który używany*

widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



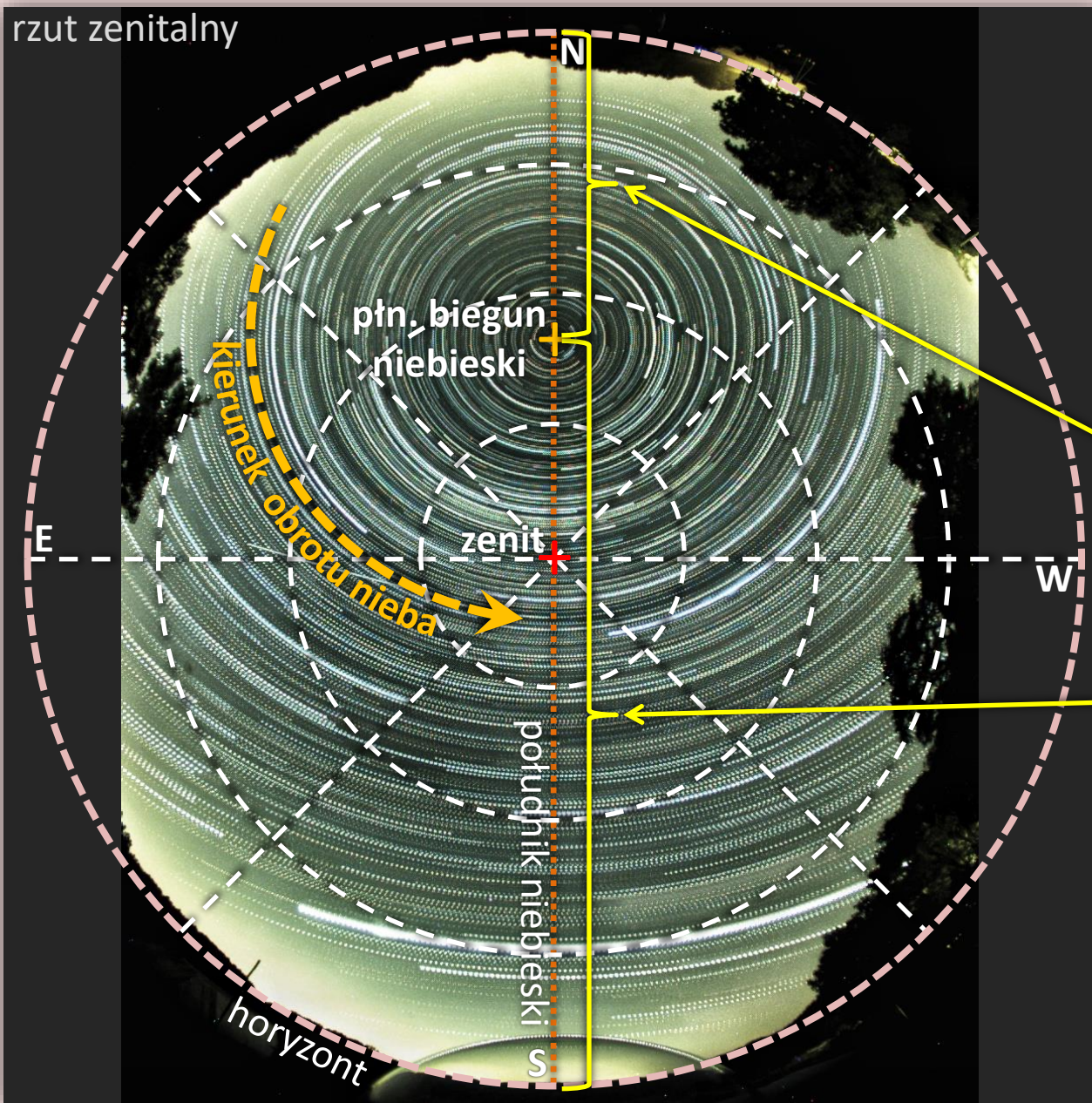
Cechy współrzędnych w układzie równikowym pierwszym:

- deklinacja stała w czasie, nie zależy od miejsca obserwacji*
- kąt godzinny zależny od czasu i miejsca obserwacji

Potrzebujemy układu sferycznego, w którym obie współrzędne są stałe w czasie. (o tym później)

sfera niebieska

rzut zenitalny

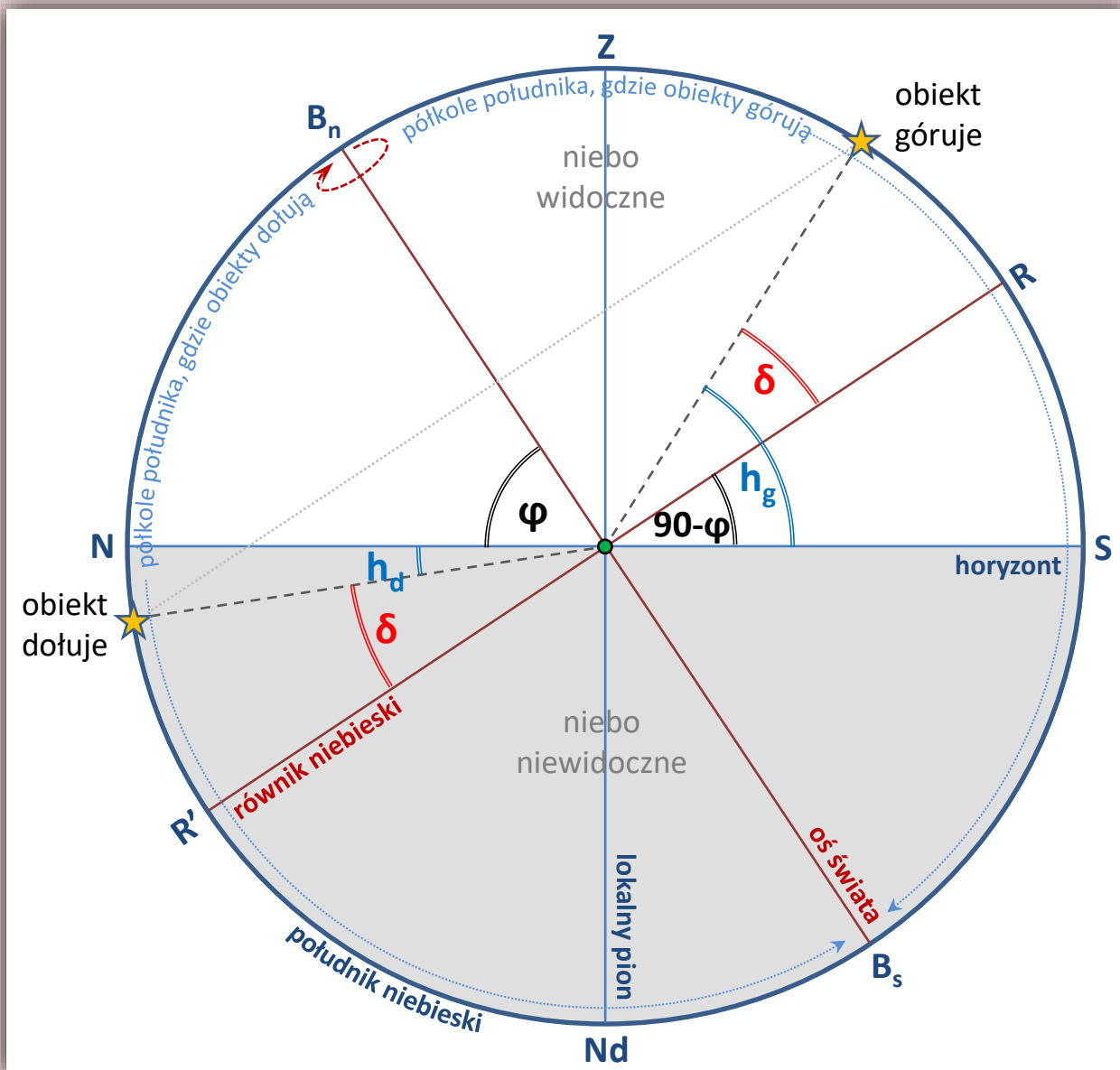


Górowanie i dołowanie obiektu to momenty, kiedy jego wysokość h przyjmuje skrajne możliwe wartości:

- występuje to w momencie przejścia przez południk niebieski
- **dołowanie** (kulminacja dolna) to minimalna wysokość obiektu – wydarza się to na półkolu południka niebieskiego przechodzącym przez N
- **górowanie** (kulminacja górna) to maksymalna wysokość obiektu – wydarza się to na półkolu południka niebieskiego przechodzącym przez S

uwaga: na półkuli południowej Ziemi jest na odwrót, czyli należy w opisie powyżej zamienić N z S

sfera niebieska



Górowania i dołowania obiektów (kulminacje)

Istotne kąty:

- h_g – wysokość górowania (kulminacja górna)
- h_d – wysokość dołowania (kulminacja dolna)
- φ – szerokość geograficzna obserwatora
- δ – deklinacja obiektu

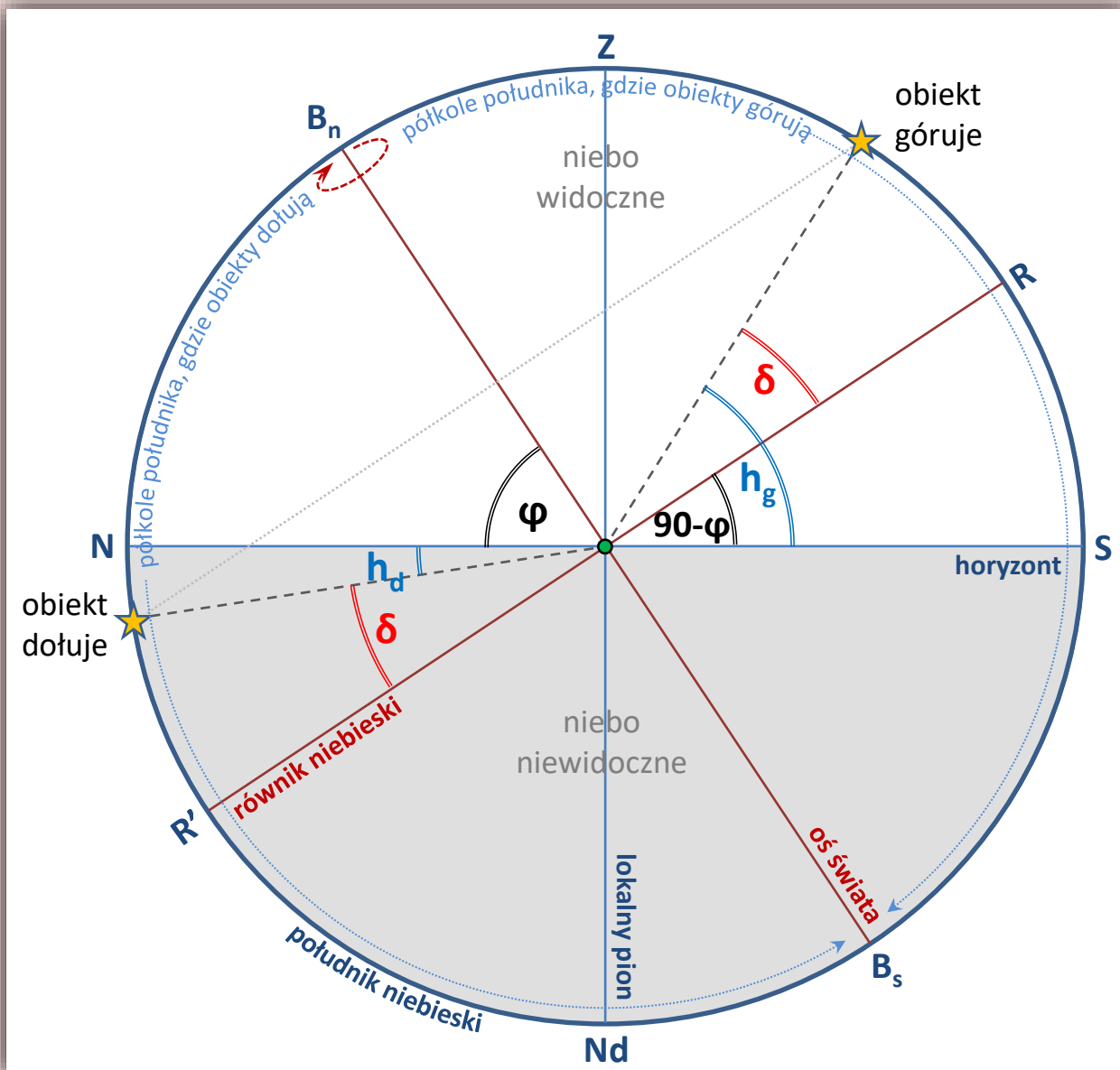
W przypadku pokazanym na rys.:

- $h_g > 0^\circ$ - obiekt nad horyzontem w czasie górowania i ...
- $h_d < 0^\circ$ – obiekt pod horyzontem w czasie dołowania

czyli obiekt wschodzi i zachodzi

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



Przykładowe wyznaczenie h_g i h_d (z rysunku):

■ h_g

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

■ h_d

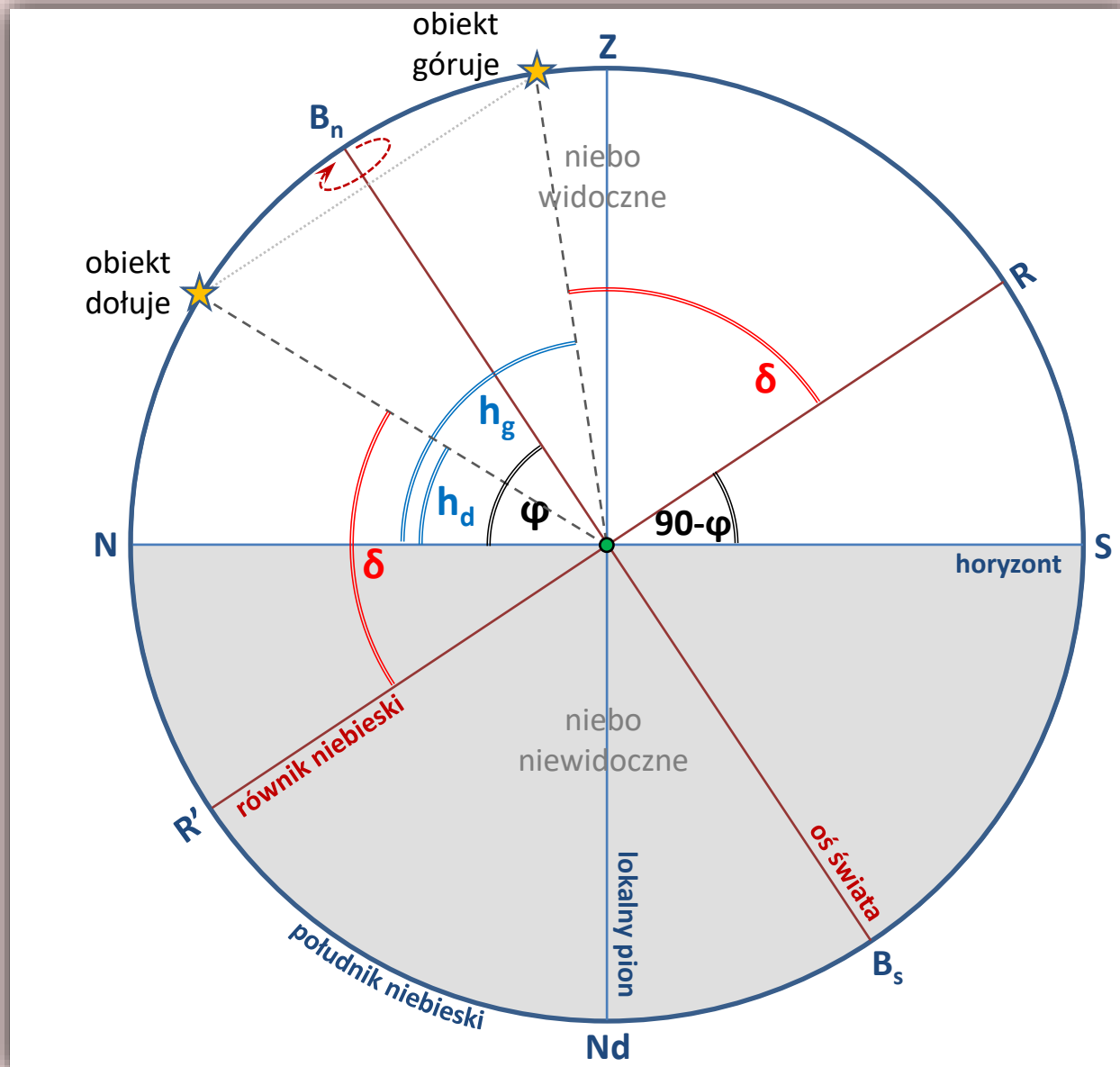
$$90^\circ - \varphi = h_d + \delta$$

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

Inne przypadki rozwiążemy podobnie przez składanie odpowiednich kątów.

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



Przypadek obiektu górującego na północ od zenitu, który jednocześnie ma:

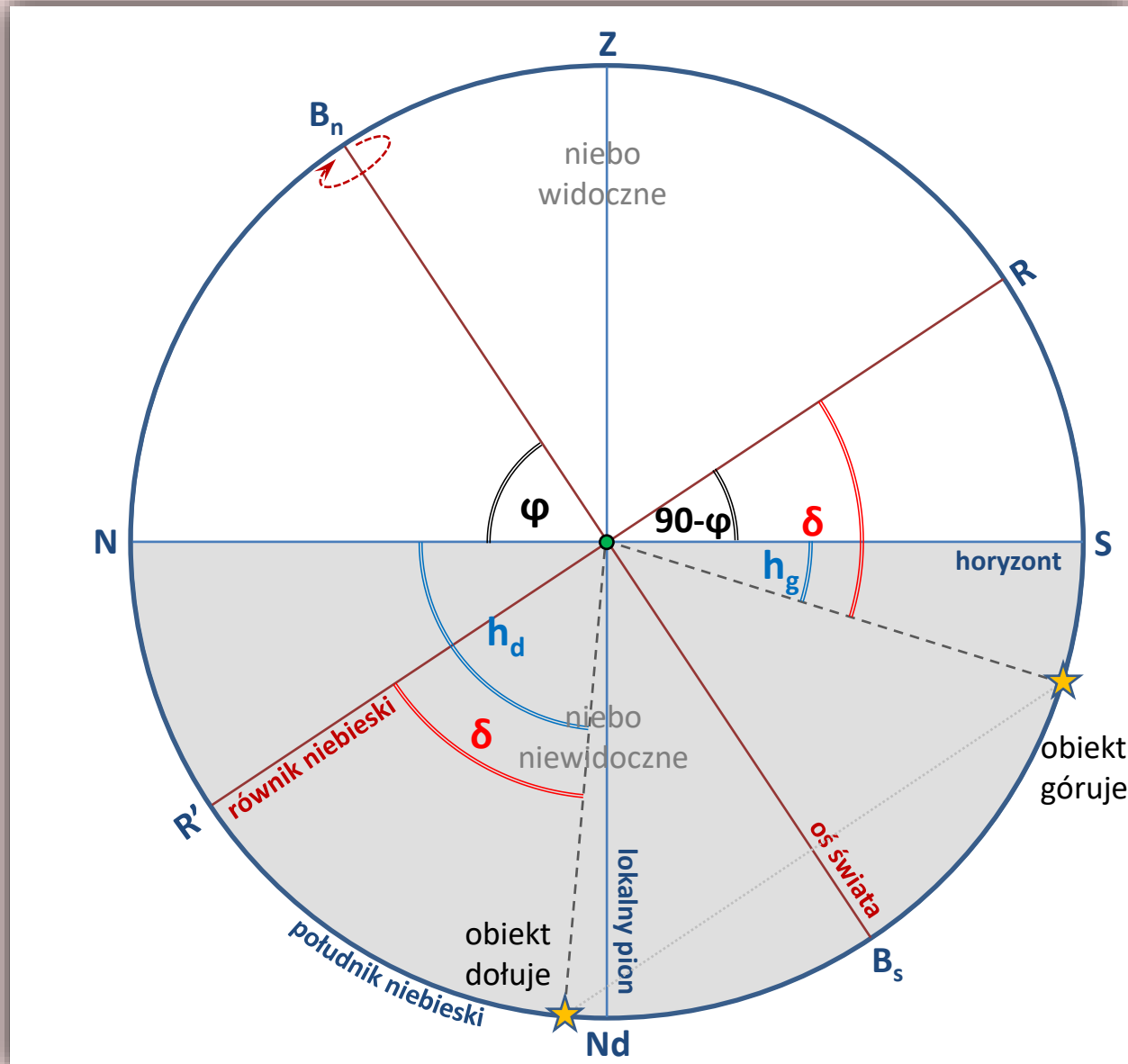
- $h_g > 0^\circ$ – obiekt nad horyzontem w czasie górowania i
- $h_d > 0^\circ$ – obiekt nad horyzontem w czasie dołowania

czyli obiekt jest stale nad horyzontem.

Górowanie na północ od zenitu nie oznacza automatycznie, że obiekt nie zachodzi. Kluczowa tu jest wartość φ obserwatora

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



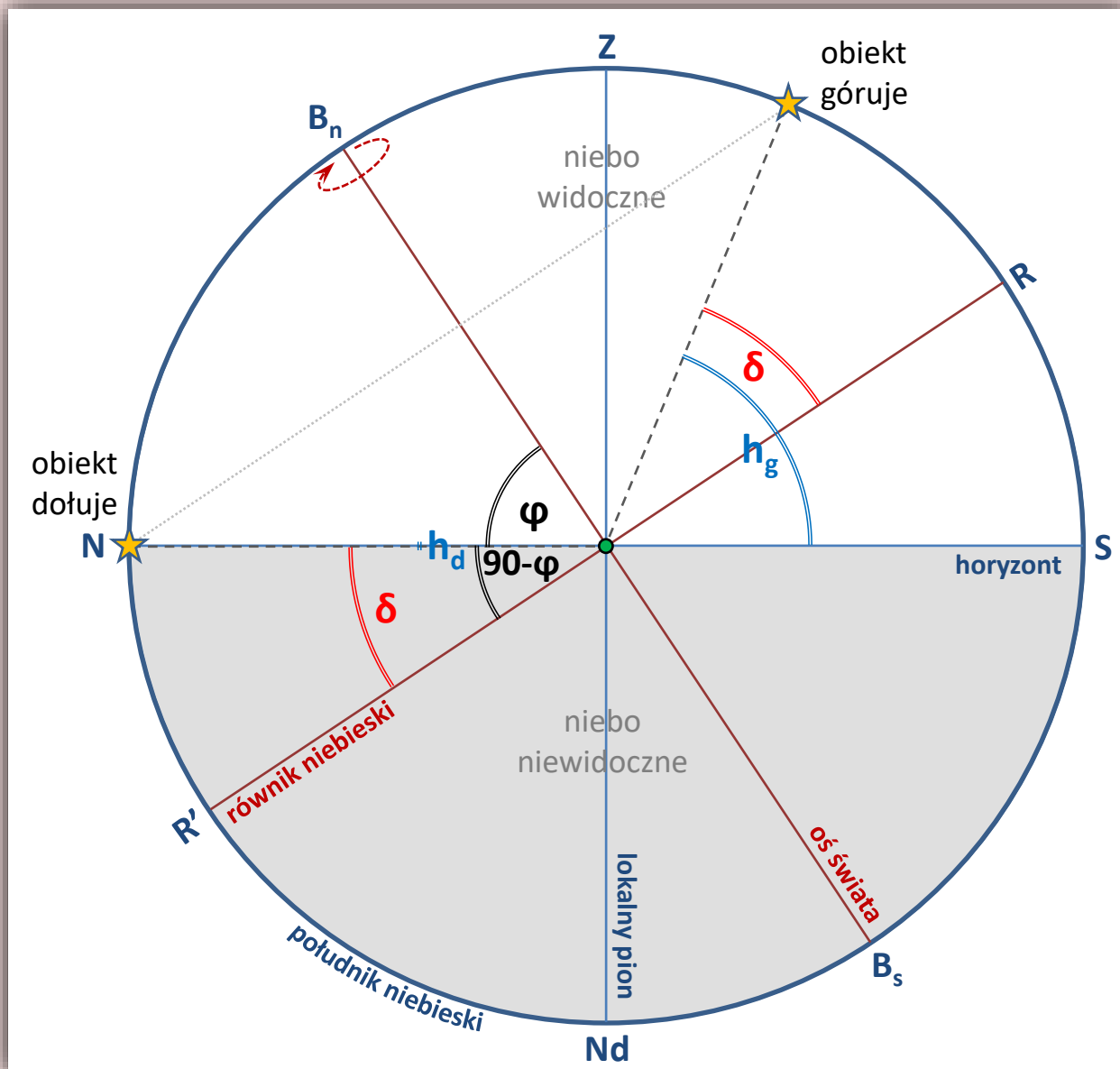
Przypadek obiektu, który ma:

- $h_g < 0^\circ$ – obiekt pod horyzontem w czasie górowania i
- $h_d < 0^\circ$ – obiekt pod horyzontem w czasie dołowania

czyli obiekt jest stale pod horyzontem.

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



Przypadek graniczny obiektu, który nie zachodzi:

- $h_g > 0^\circ$ – obiekt nad horyzontem w czasie górowania i ...
- $h_d = 0^\circ$ – obiekt dokładnie na horyzoncie w czasie dołowania

Deklinacja tego obiektu musi spełnić warunek (z rysunku):

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

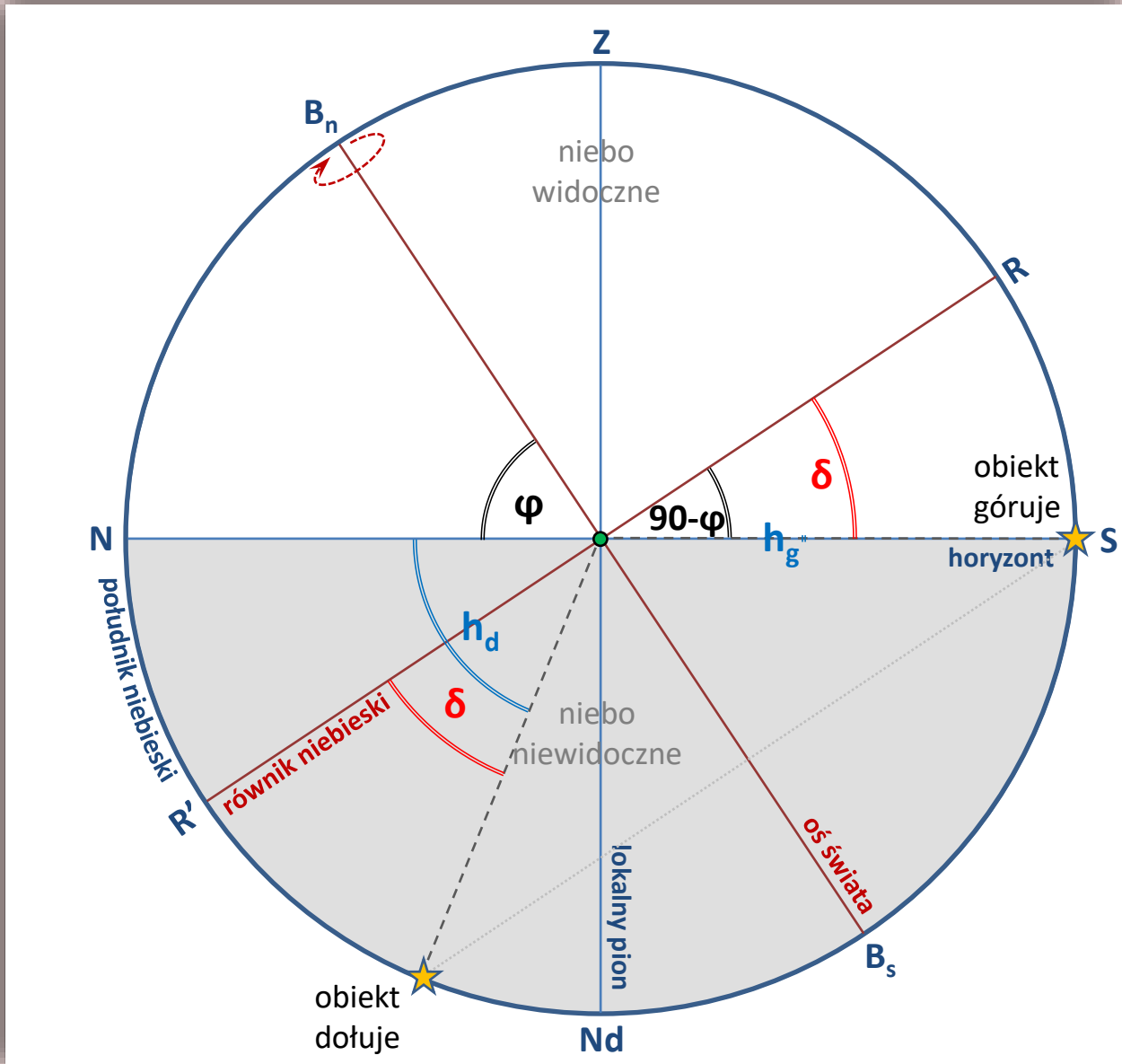
Ogólnie, dla szerokości geogr. φ **obiekty niezachodzące (stałe nad horyzontem)** mają:

$$\delta \geq 90^\circ - \varphi$$

uwaga: pomijamy na razie efekty atmosferyczne

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

Przypadek graniczny obiektu,
który nie wschodzi:

- $h_g=0^\circ$ – obiekt dokładnie na horyzoncie w czasie górowania i ...
- $h_d<0^\circ$ – obiekt pod horyzontem w czasie dołowania

Deklinacja tego obiektu musi spełnić warunek (z rysunku):

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

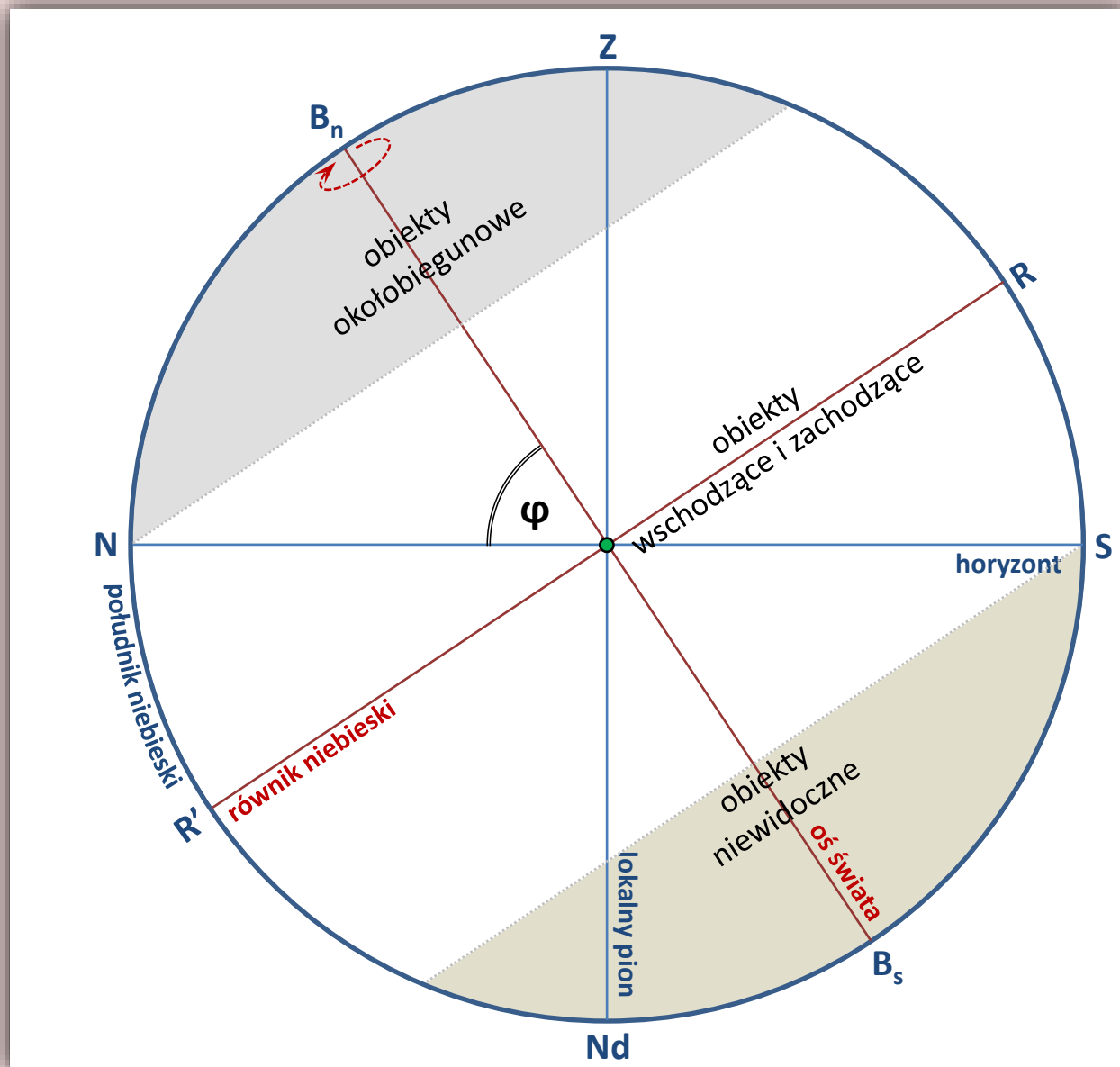
znak minus wynika stąd, że obiekt jest pod płaszczyzną równika niebieskiego, a więc ma deklinację ujemną

Ogólnie, dla szerokości geogr. φ
obiekty niewschodzące (stale pod horyzontem) mają:

$$\delta \leq -(90^\circ - \varphi)$$

uwaga: pomijamy na razie efekty atmosferyczne

sfera niebieska



Sfera niebieska jest podzielona na trzy obszary:

- **objekty okołobiegunowe**
(niezachodzące)

$$\delta \geq 90^\circ - \varphi$$

- **objekt niewidoczne**
(niewschodzące)

$$\delta \leq -(90^\circ - \varphi)$$

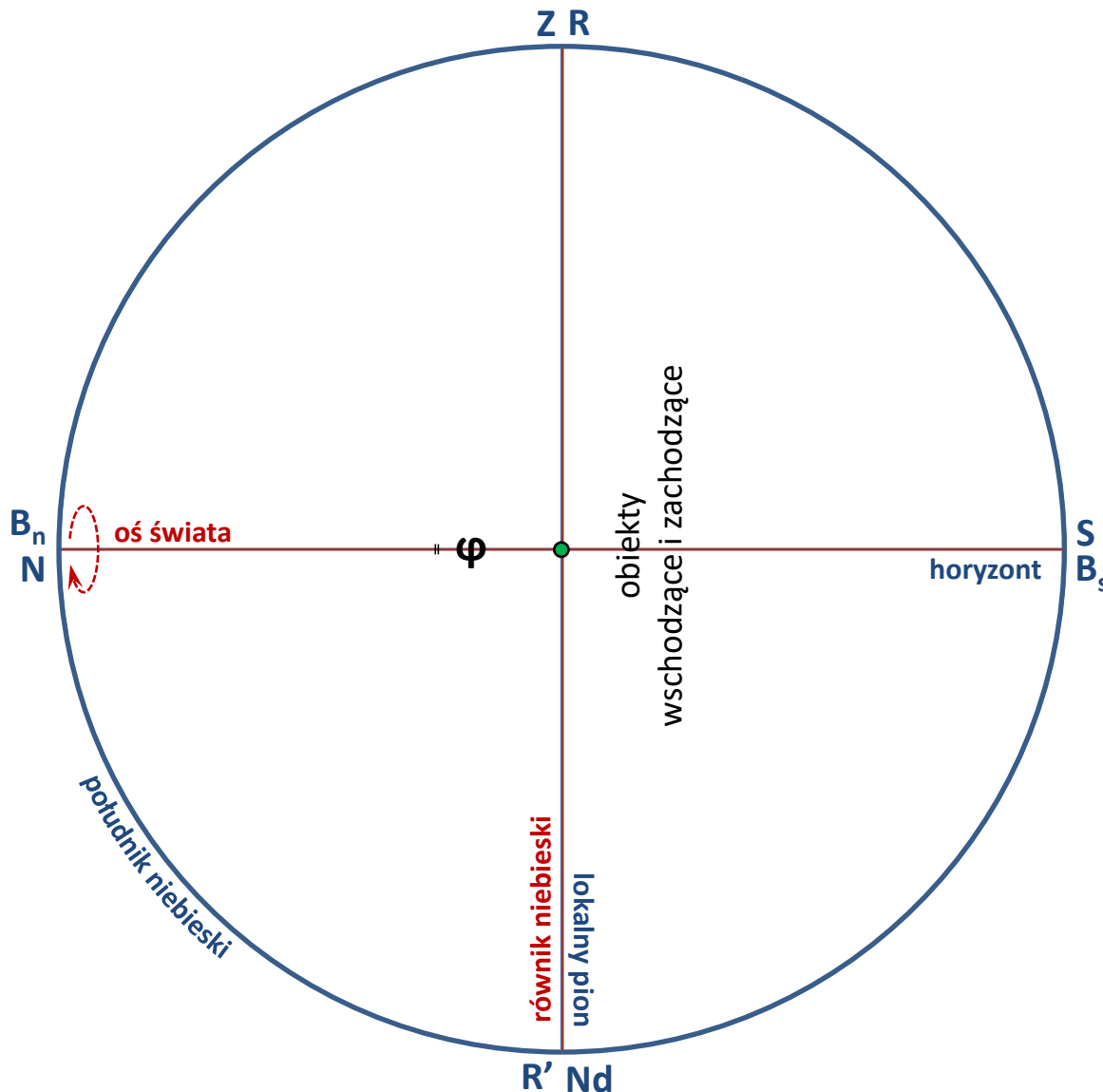
- **objekty wschodzące i zachodzące**

$$90^\circ - \varphi > \delta > -(90^\circ - \varphi)$$

Rozmiar tych obszarów zależy od szerokości geograficznej φ .

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



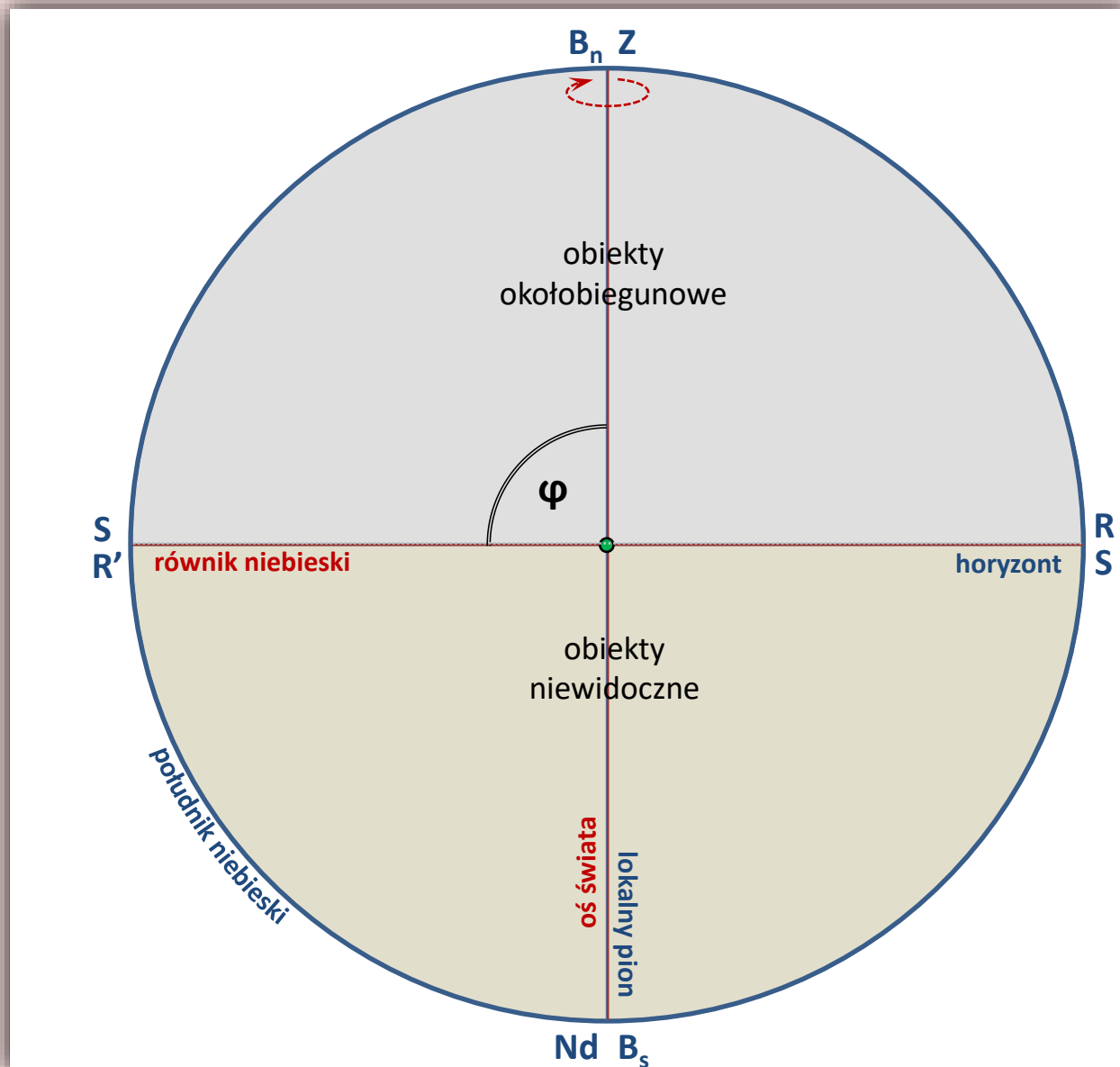
Szczególny przypadek –
**obserwator na równiku
geograficznym $\varphi = 0^\circ$:**

- równik niebieski prostopadły do horyzontu
- oś świata leży na horyzoncie
- wszystkie obiekty są wschodzące i zachodzące
- nie ma obiektów okołobiegunowych (niezachodzących) i niewidocznych (niewschodzących)
- w ciągu doby obiekty poruszają się po kołach prostopadłych do horyzontu

sprawdź to na Stellarium

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



Szczególny przypadek –
**obserwator na biegunie
geograficznym $\varphi = 90^\circ N$:**

- równik niebieski leży na horyzoncie
- oś świata pokrywa się z lokalnym pionem
- niebo podzielona na dwie równe części: obiekty okołobiegunowe i obiekty niewidoczne
- nie ma obiektów wschodzących i zachodzących
- w ciągu doby obiekty poruszają się po kołach równoległych do horyzontu

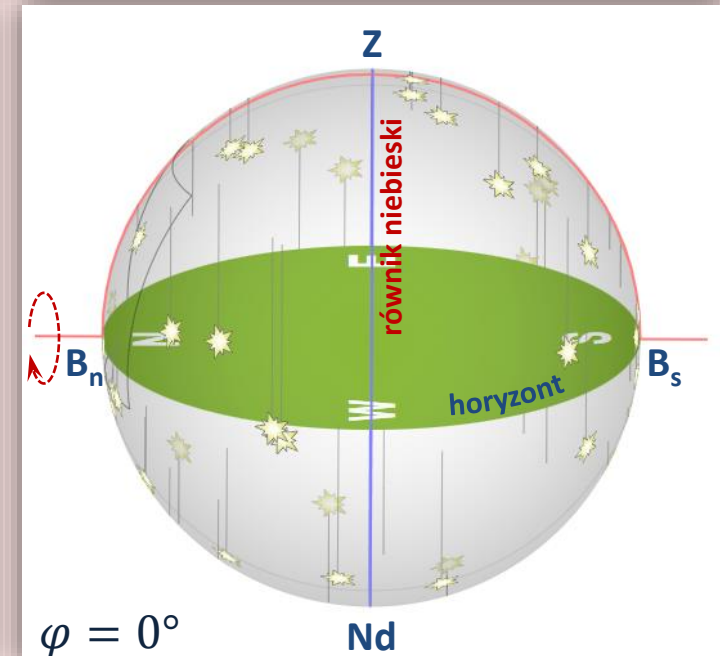
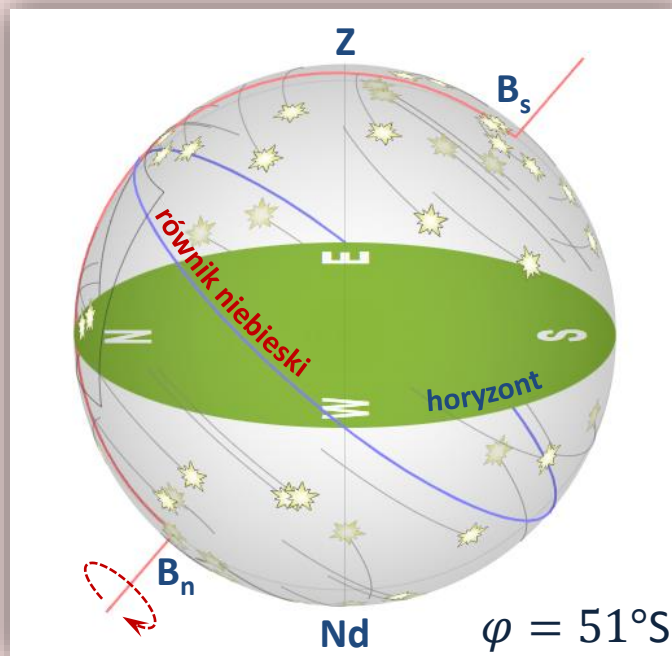
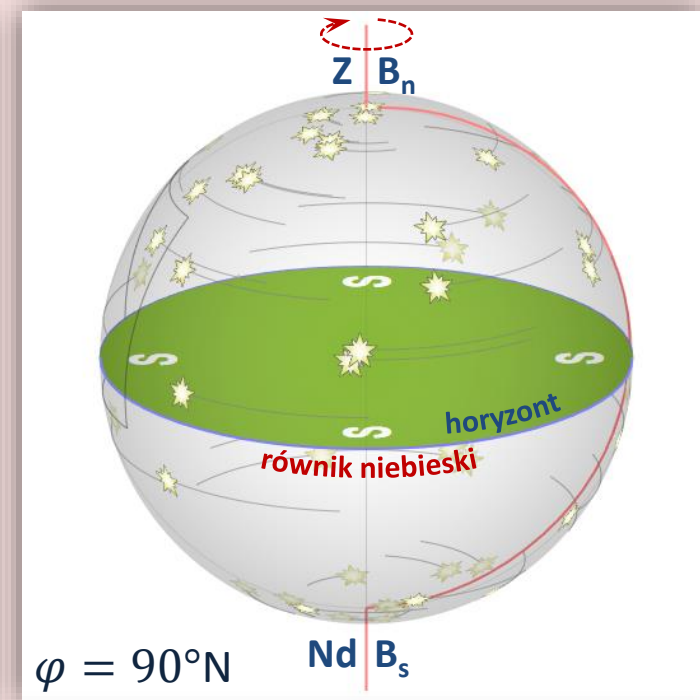
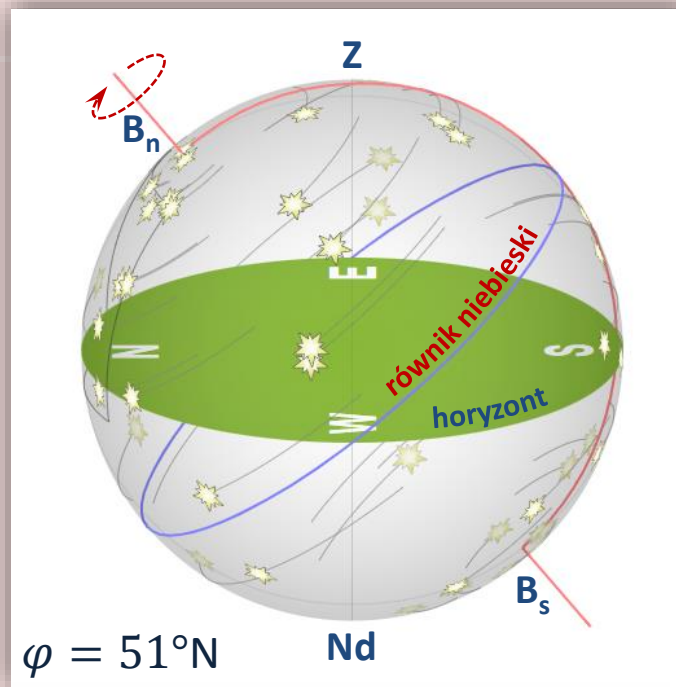
sprawdź to na Stellarium

widok w płaszczyźnie południka lokalnego – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska

Wracamy do pełnego widoku sfery niebieskiej 3D.

Zależność widoku i obrotu sfery niebieskiej od szerokości geograficznej obserwatora



zobacz animację tych rysunków:
astro.unl.edu/smartphone/StarTrails

sfera niebieska

Obrót sfery niebieskiej – pomoce dla wyobraźni

Stellarium

stellarium.org/pl

University of Nebraska-Lincoln astronomy education

astro.unl.edu/video/demonstrationvideos

astro.unl.edu/smartphone

astro.unl.edu/smartphone/Switch

astro.unl.edu/smartphone/StarTrails



Obejrzy filmy pokazujące obrót nieba

www.youtube.com/watch?v=JmCNNHQ86NE

www.youtube.com/watch?v=t57DPnH06V0

sfera niebieska

Użycie współrzędne (t, δ) w obserwacjach

- teleskopy na montażu paralaktycznym



sfera niebieska



photopills.com

zobacz więcej zdjęć „star trails” i poradnik jak wykonać takie zdjęcia
www.photopills.com/articles/star-trails-photography-guide

sfera niebieska



sfera niebieska

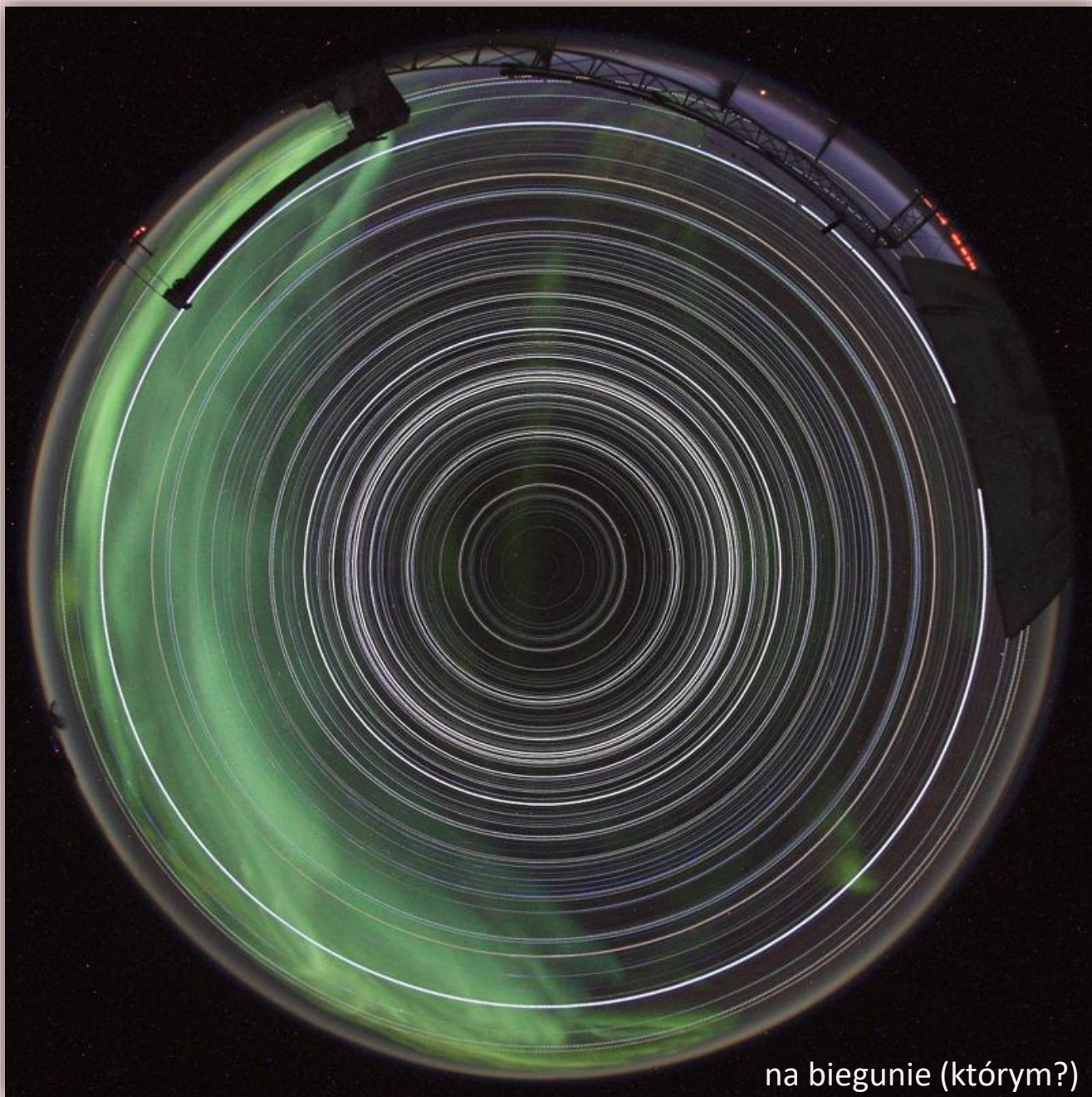


sfera niebieska



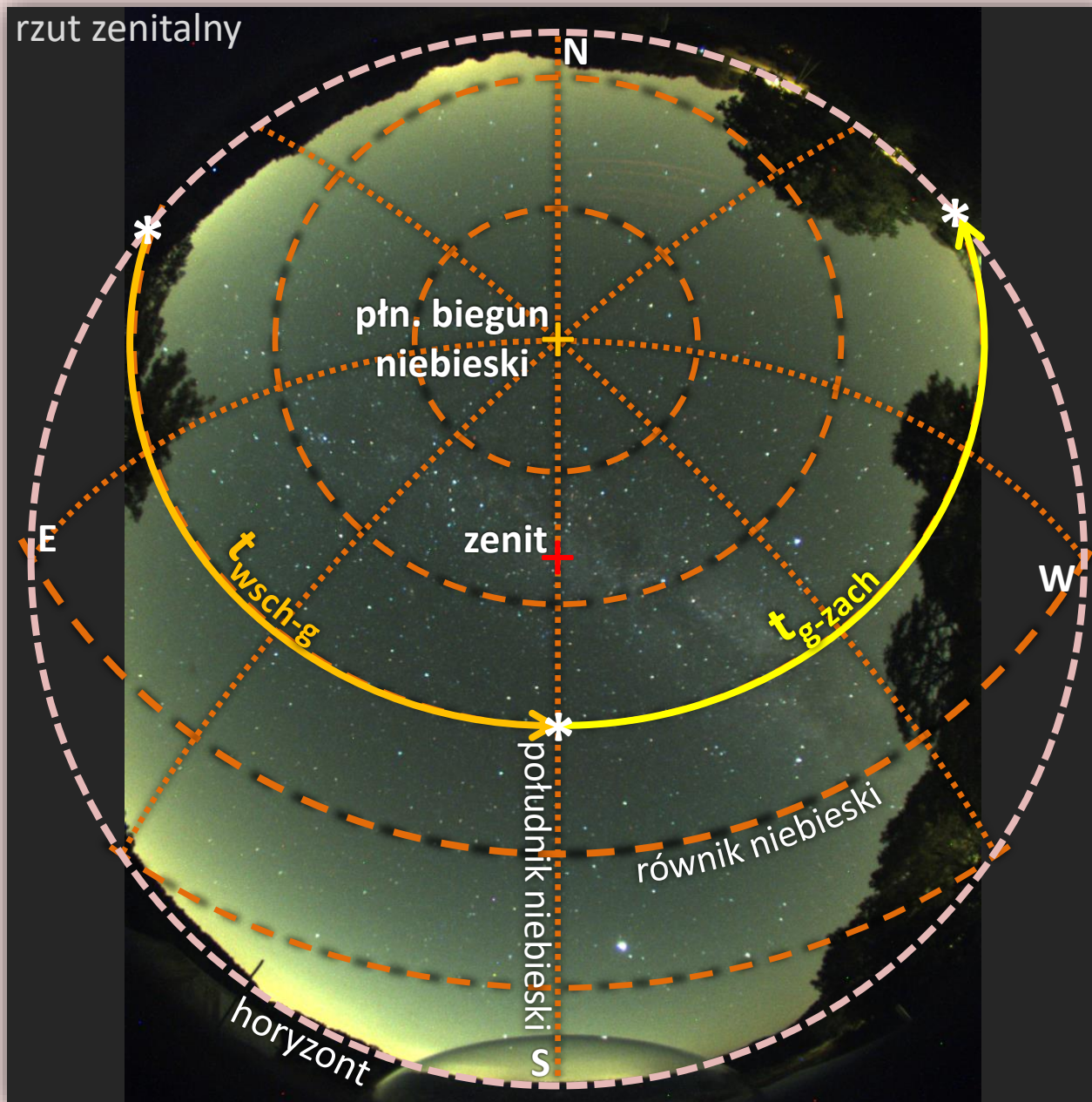
kąt jaki tworzy tor ruchu obiektu z horyzontem w momencie wschodu i zachodu
zawiera się w przedziale $\langle 0^\circ, 90^\circ - \varphi \rangle$

sfera niebieska



na biegunie (którym?)

sfera niebieska



Dla obiektów wschodzących i zachodzących

Łuk, który gwiazda zakreśla nad horyzontem, jest dzielony na dwie równe części przez południk niebieski.

Kąty:

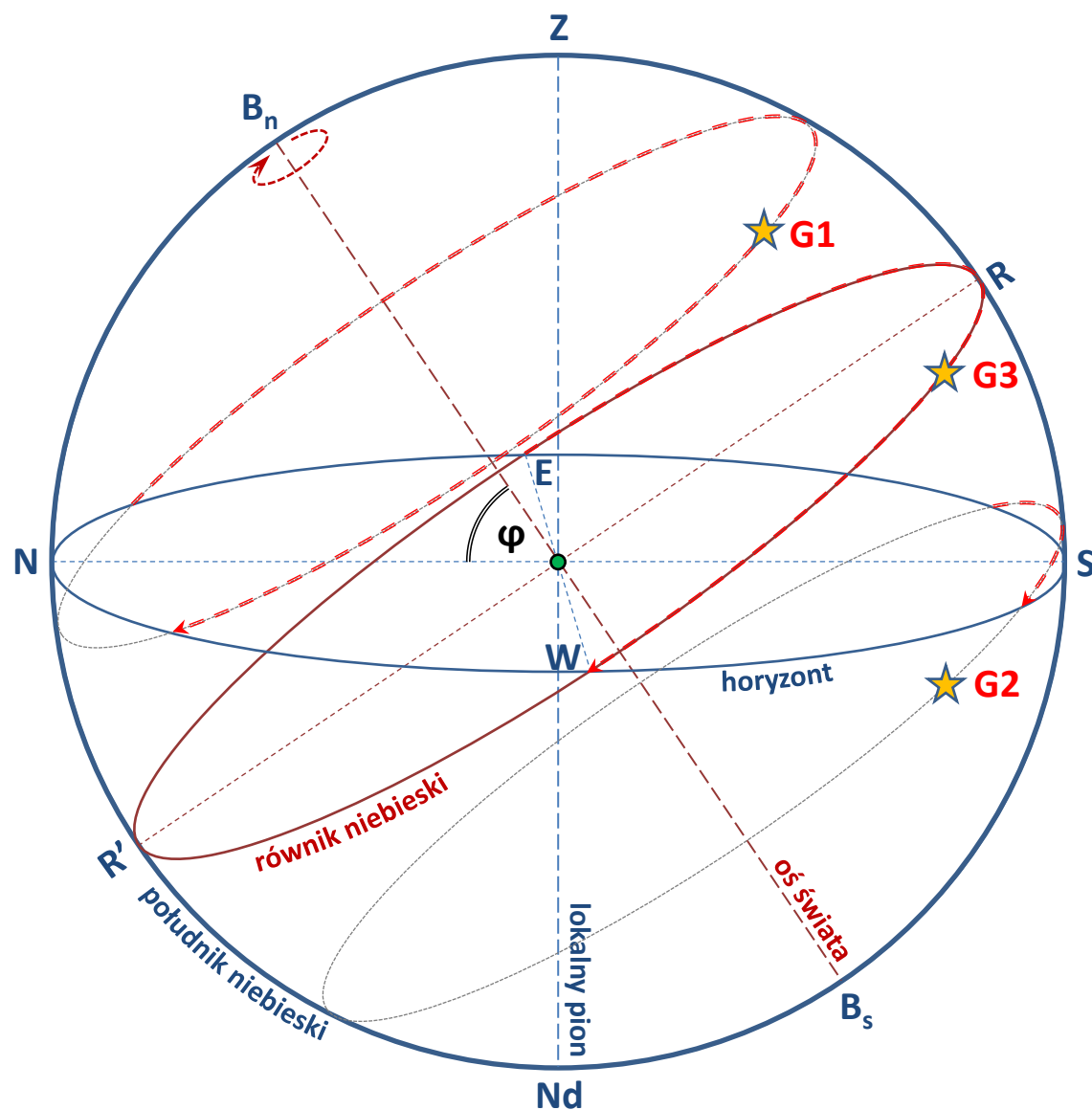
- t_{g-zach} – kąt zakreślany od górowania do zachodu (czyli kąt godzinny w momencie zachodu)
- t_{wsch-g} – kąt zakreślany od wschodu do górowania

są sobie równe.

Czas przez jaki obiekt znajduje się nad horyzontem $t_{h>0}$ wynosi więc dwukrotność kąta godzinnego w momencie zachodu:

$$t_{h>0} = 2 \times t_{g-zach}$$

sfera niebieska



Dla obiektów wschodzących i zachodzących

Przez jaką część doby obiekt widoczny jest nad horyzontem?

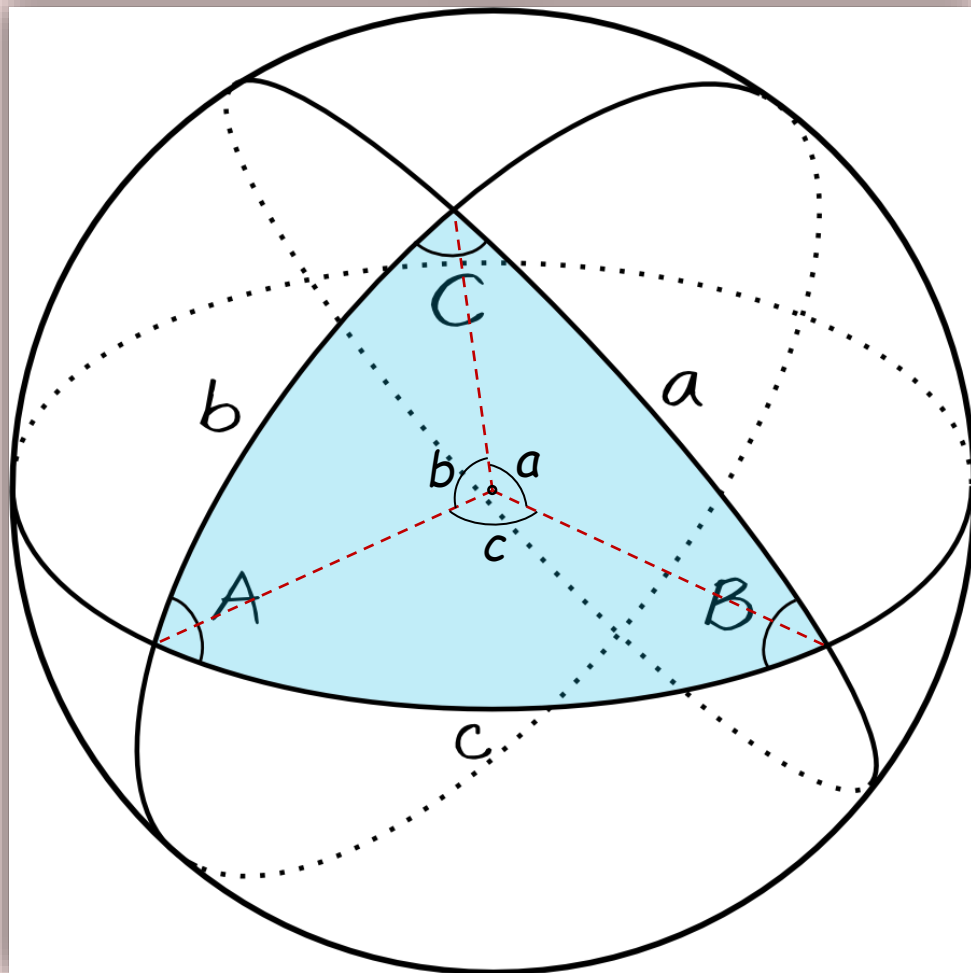
- obiekt G1 jest nad horyzontem przez większą część doby
- obiekt G2 jest nad horyzontem przez mniejszą część doby
- obiekt G3 (położony na równiku niebieskim) jest nad horyzontem przez dokładnie pół doby *

$t_{h>0}$ zależy to od δ i φ
(jak? zadanie na ćwiczenia)

* zanedbujemy na razie efekty atmosferyczne

widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie E

sfera niebieska



Trójkąt sferyczny – figura tworzona przez trzy łuki kół wielkich.

- a, b, c – boki trójkąta sferycznego (łuki trzech kół wielkich)
- A, B, C – kąty trójkąta sferycznego

Wzory do trójkątów sferycznych (jeden zestaw):

$$\sin a \sin B = \sin b \sin A$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Dokonując zmian kątów

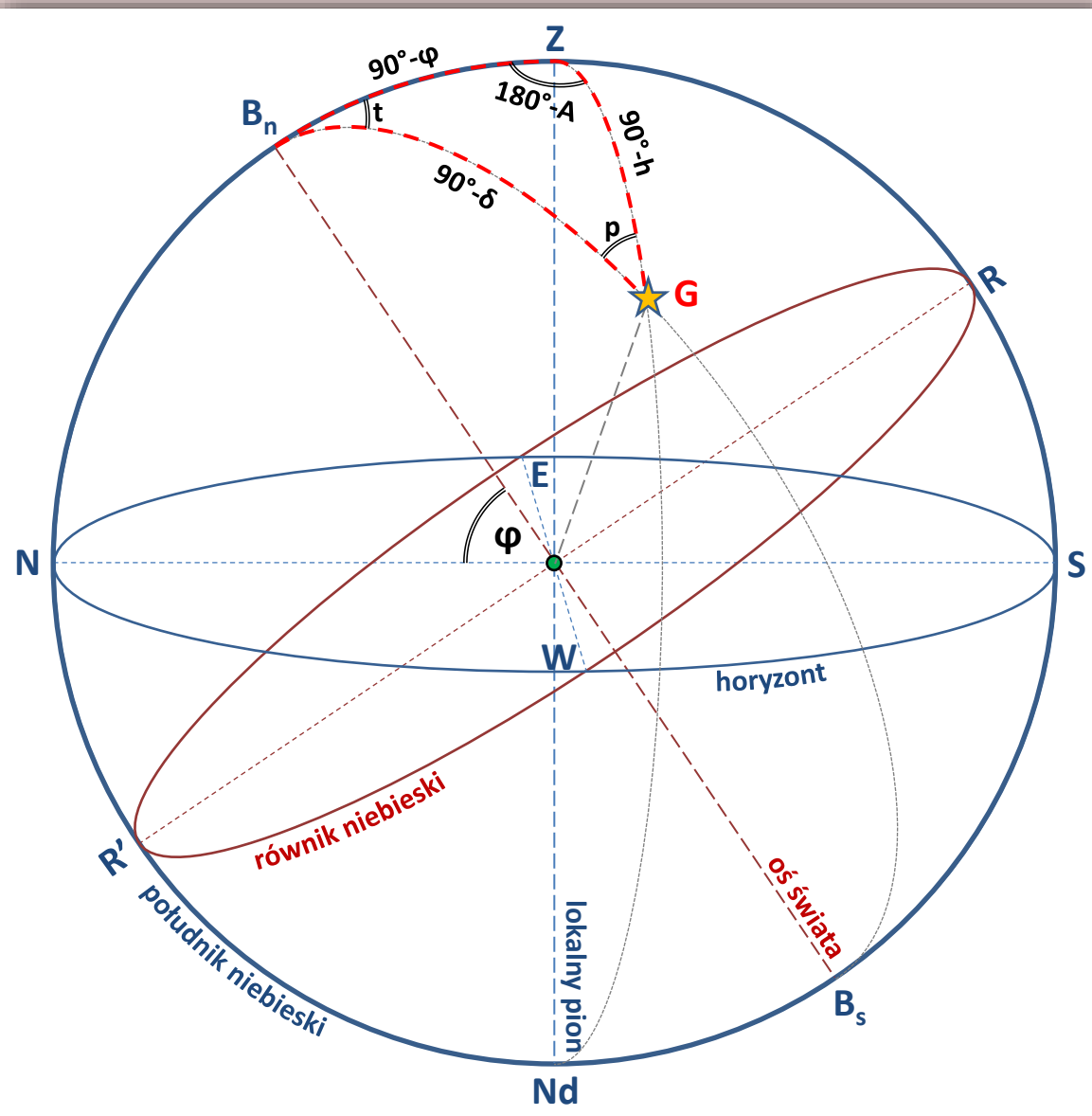
$$\begin{array}{c} B, b \\ \nearrow \quad \searrow \\ A, a \leftarrow C, c \end{array}$$

można otrzymać pozostałe dwa zestawy równań.

Ponadto:

- Jeśli jeden z kątów A, B, C ma 90° to mamy **trójkąt sferyczny prostokątny**
- W trójkącie sferycznym możemy mieć dwa lub trzy kąty proste.

sfera niebieska



Trójkąt paralaktyczny – trójkąt sferyczny wyznaczony przez punkty: zenit **Z**, biegun niebieski **B_n** i obiekt **G**.

Boki trójkąta paralaktycznego:

- $B_n Z: 90^\circ - \varphi$
- $ZG: 90^\circ - h$
- $B_n G: 90^\circ - \delta$

Kąty trójkąta paralaktycznego:

- przy punkcie Z: $180^\circ - A$ (A - azymut)
- przy punkcie B_n : t (kąt godzinny)
- przy punkcie G: p (kąt paralaktyczny)

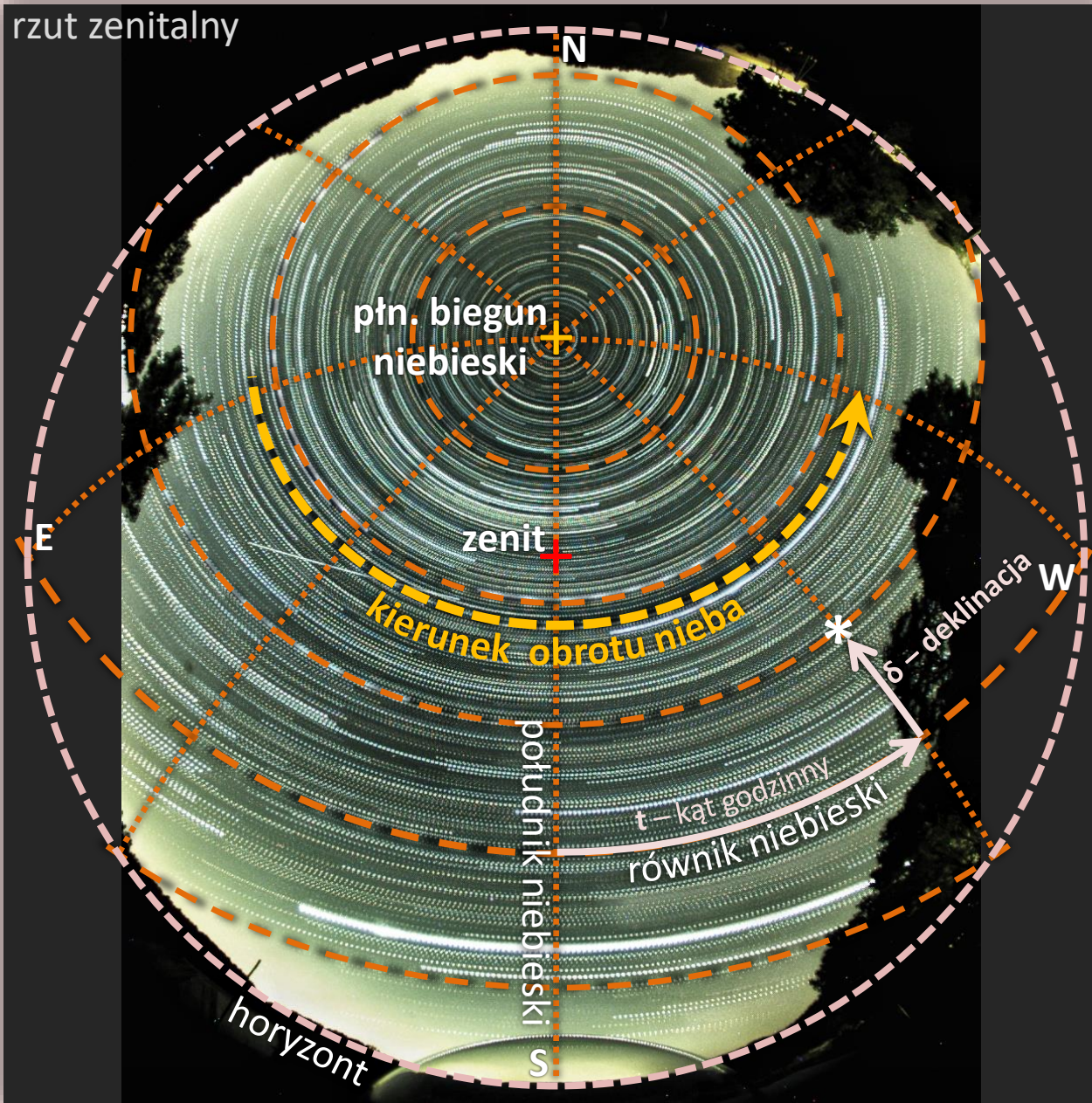
Trójkąt paralaktyczny pozwala:

- przeliczyć współrzędne (A, h) na (t, δ) lub na odwrót
- obliczyć kąt godzinny obiektu w momencie zachodu (wschodu)
- ...

wskazówka: do obliczeń użyj wzorów z poprzedniego slajdu

widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

sfera niebieska



Cechy współrzędnych w pierwszym układzie równikowym:

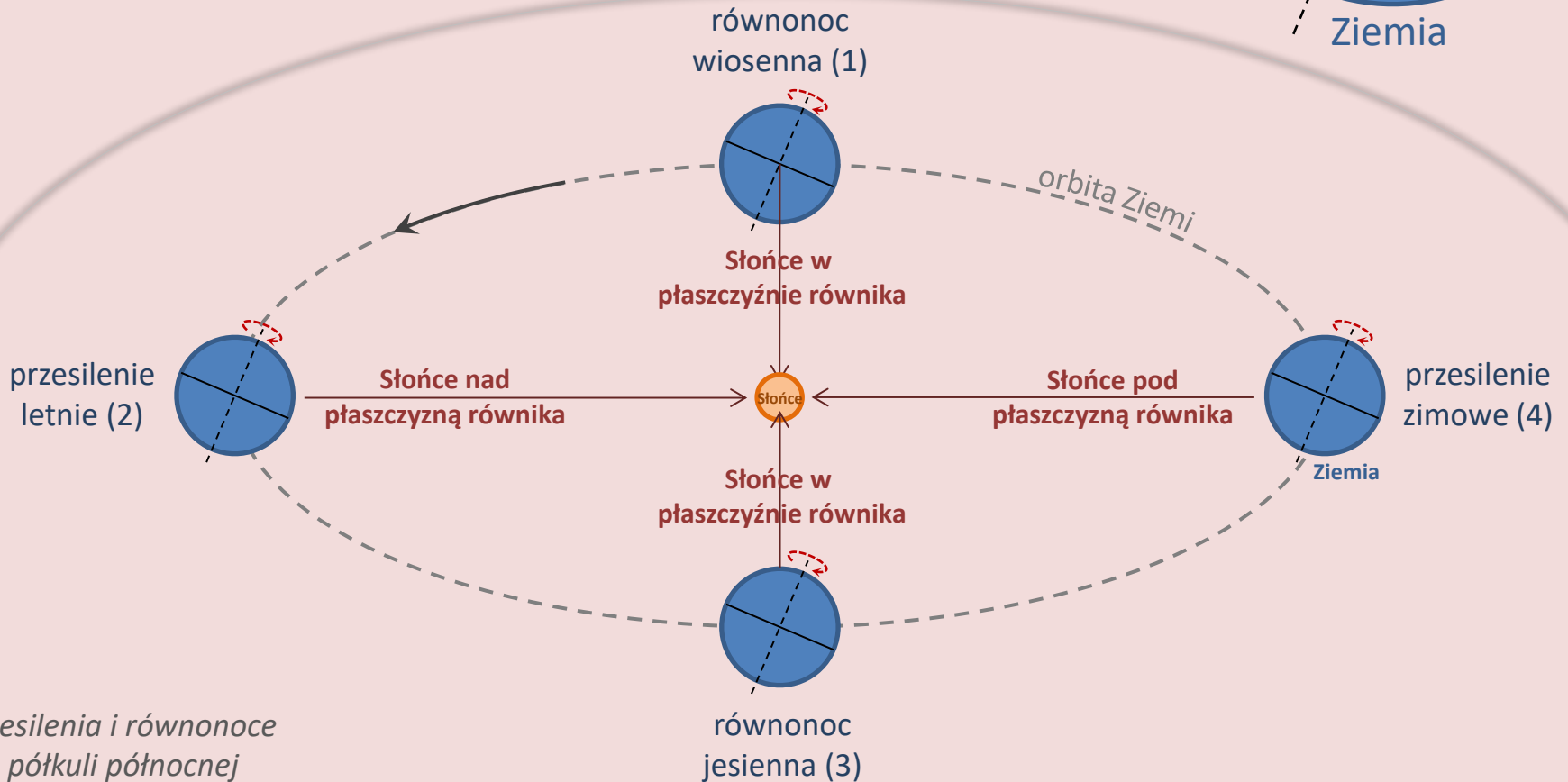
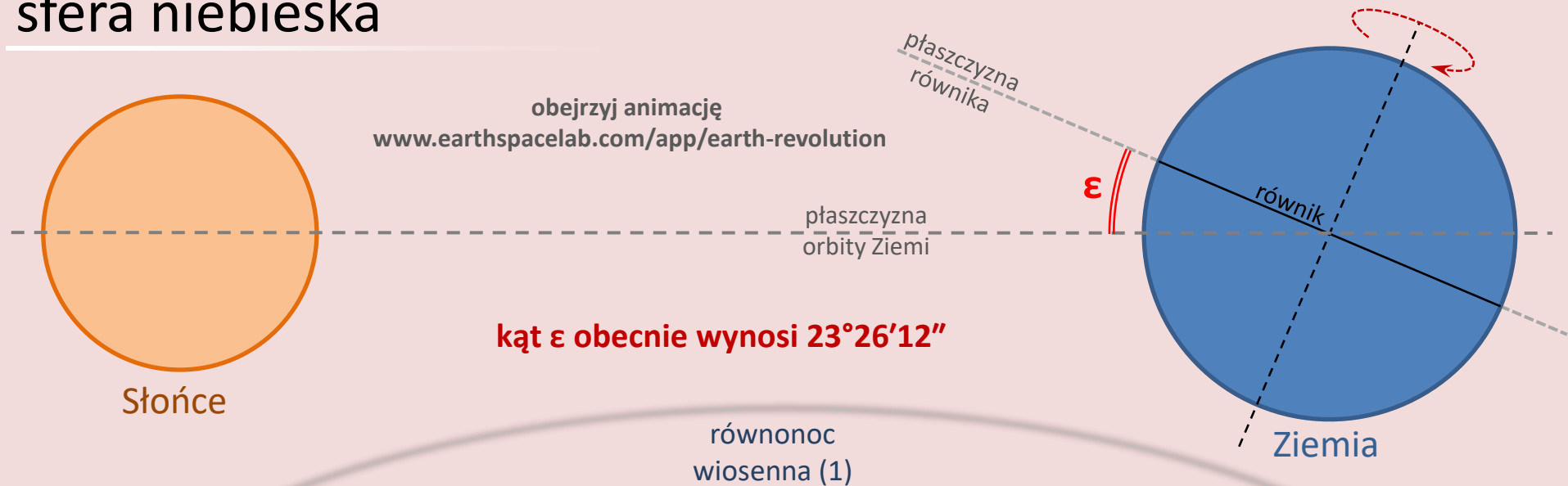
- deklinacja stała w czasie, nie zależy od miejsca obserwacji*
- kąt godzinny zależny od czasu i miejsca obserwacji

Potrzebujemy układu sferycznego, w którym obie współrzędne są stałe w czasie.

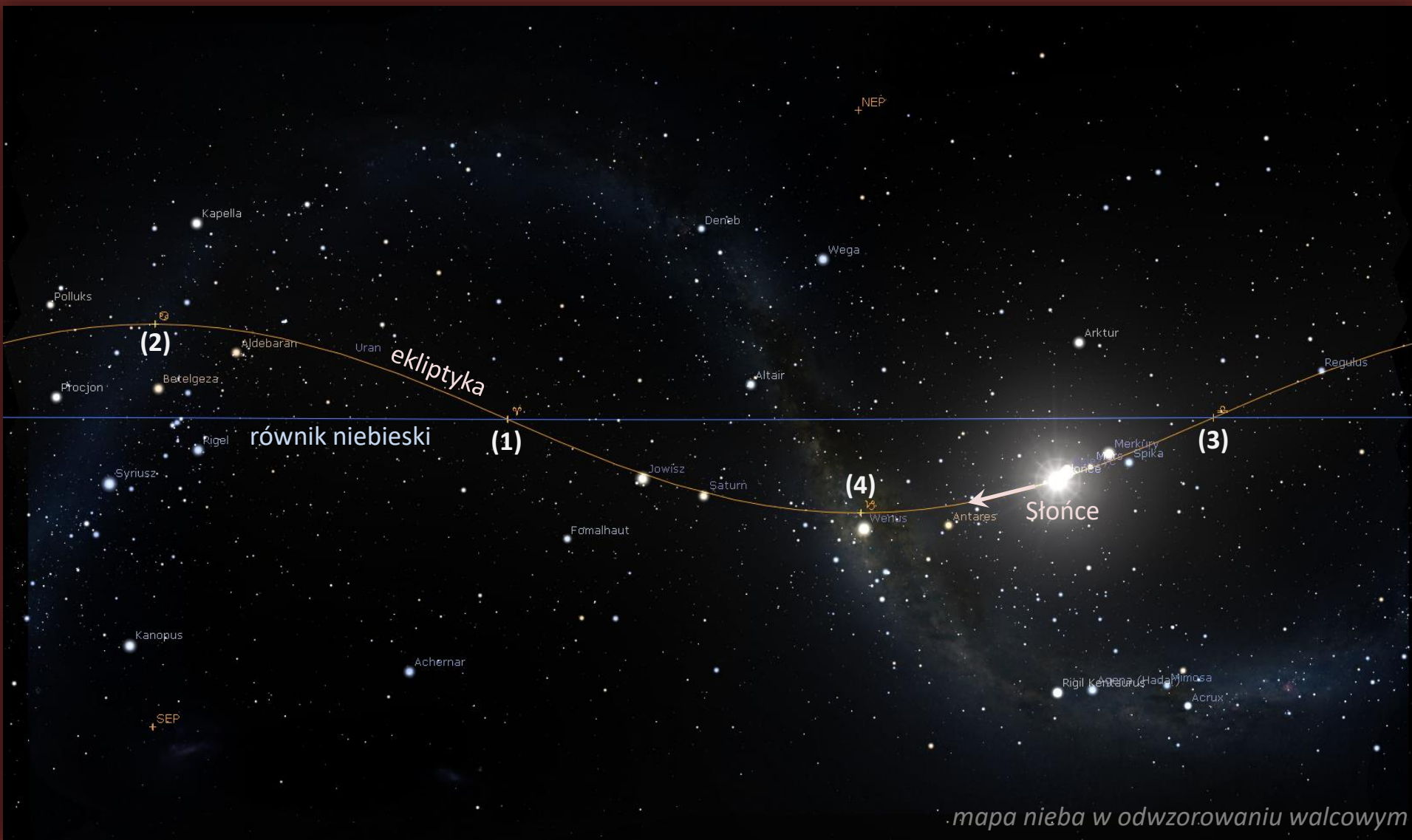
Czy możemy mieć „Greenwich” na sferze niebieskiej, który zdefiniuje nam „południk zerowy”?

sfera niebieska

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



sfera niebieska

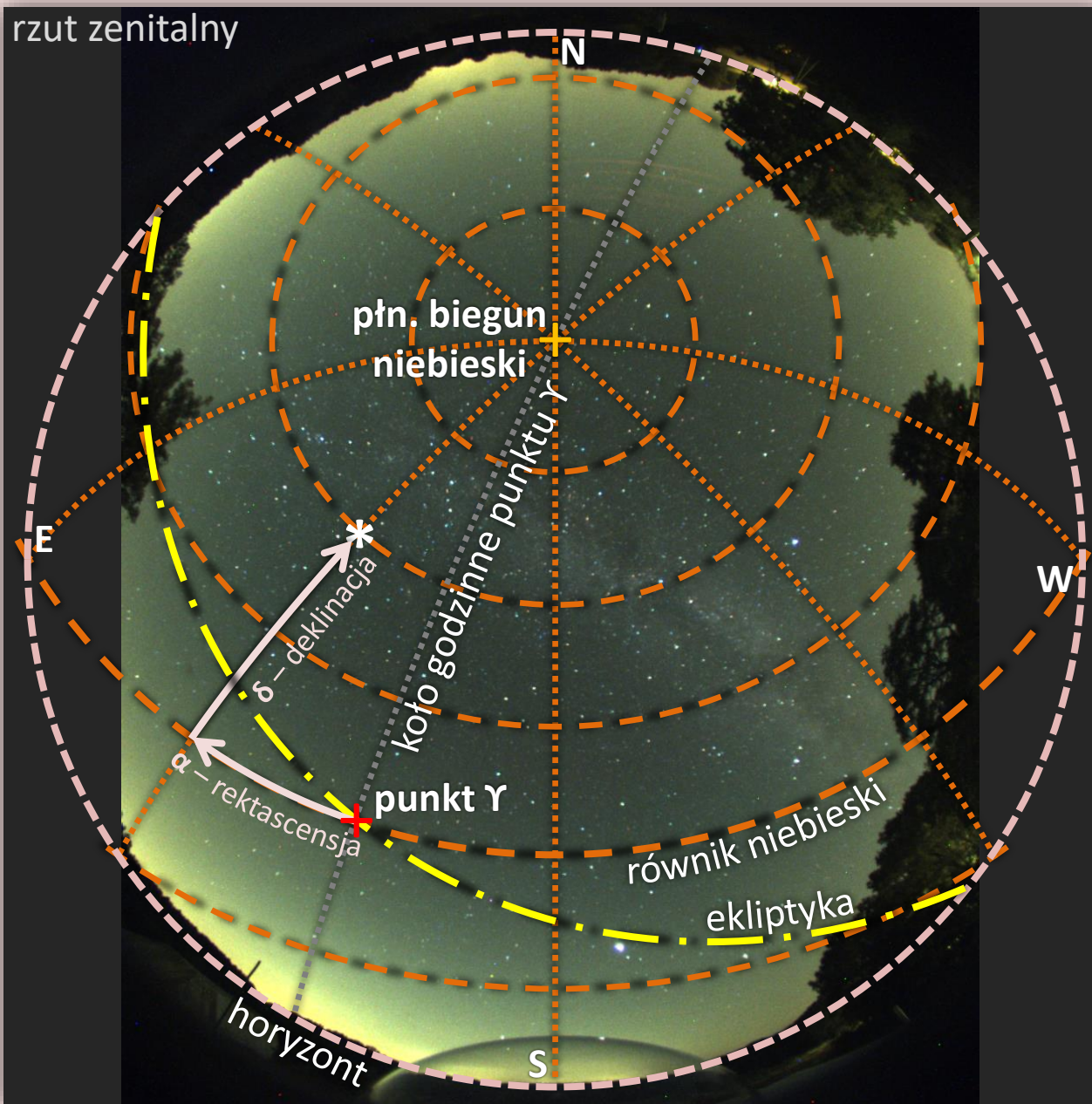


eekliptyka – rzut orbity Ziemi na sferę niebieską, tor zakresłany przez Słońce na niebie w ciągu roku (dla obserwatora na Ziemi)

(1) punkt Barana Υ – Słońce (eekliptyka) przechodzi z pod równika niebieskiego nad równik niebieski

sfera niebieska

rzut zenitalny



Podejście nr 2: do konstrukcji układu współrzędnych wykorzystamy:

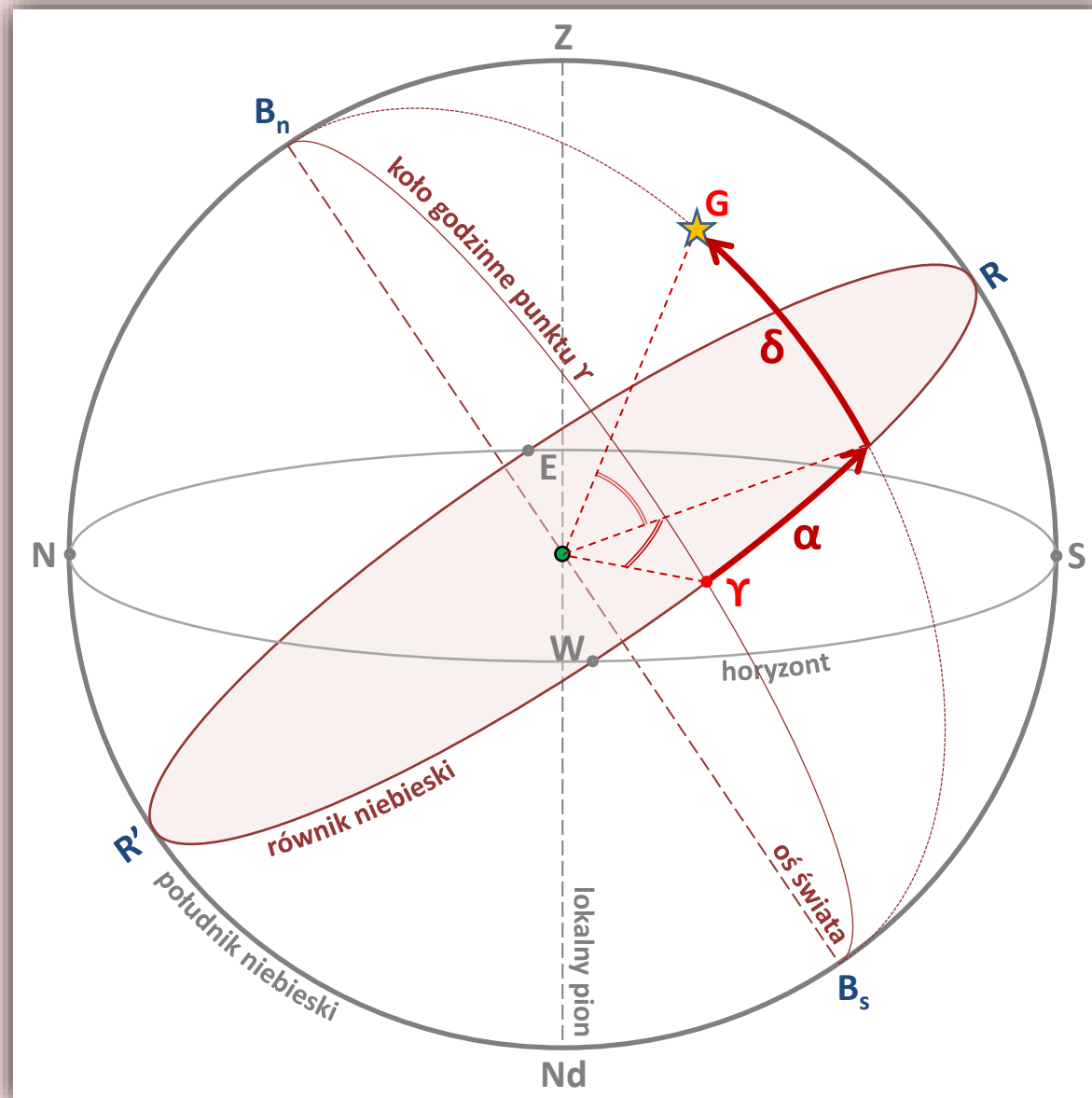
- bieguny niebieskie (oś świata)
- równik niebieski
- punkt Barana („Greenwich” na sferze niebieskiej)

W układzie tym mamy dwie współrzędne:

- **deklinacja, δ** – położenie obiektu względem równika niebieskiego
- **rektascensja, α** – położenie obiektu względem półkola godzinnego punktu Barana

Układ ten nosi nazwę **układu równikowego drugiego** lub **układu równikowego równonocnego**

sfera niebieska



widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

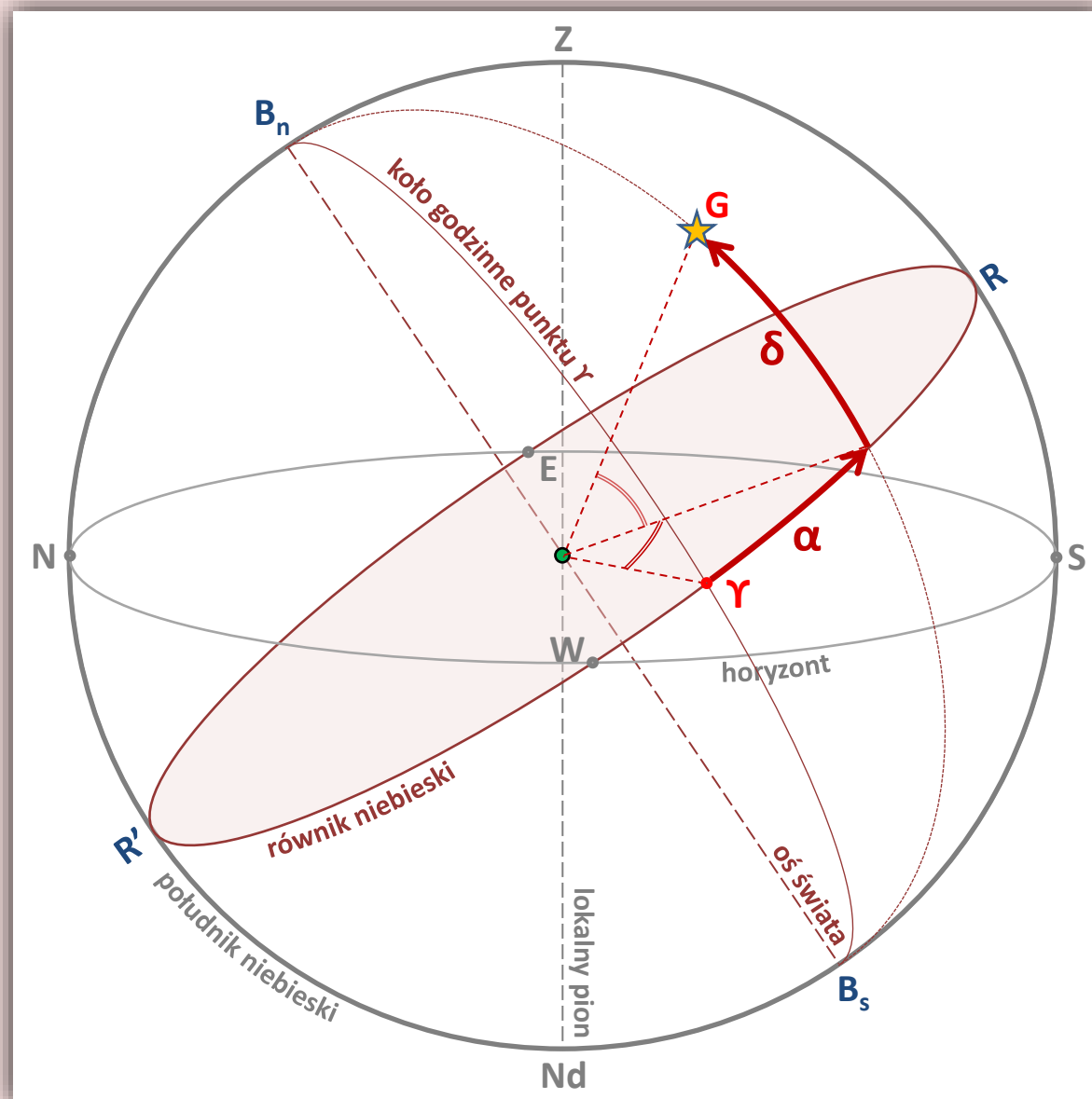
Elementy układu równikowego drugiego:

- **równik niebieski** – koło podstawowe układu (prostopadłe do osi świata)
- **oś świata** – oś główna układu wyznaczona przez oś obrotu Ziemi
- **bieguny niebieskie B_n, B_s** – wyznaczone przez kierunek osi świata
- **półkoło godzinne punktu Y** – półkoło początkowe przechodzące przez punkt równonocy wiosennej
- **koło godzinne** – dowolne koło wielkie przechodzące przez bieguny niebieskie
- **równoleżnik niebieski** – dowolne koło małe prostopadłe od osi świata

Współrzędne (α , δ):

- **rektascensja (α)** – kąt dwuścienny między półkołem godzinnym punktu Y a półkołem godzinnym przechodzącym przez obiekt
- **deklinacja (δ)** – kąt pomiędzy płaszczyzną równika niebieskiego a kierunkiem na obiekt

sfera niebieska



widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

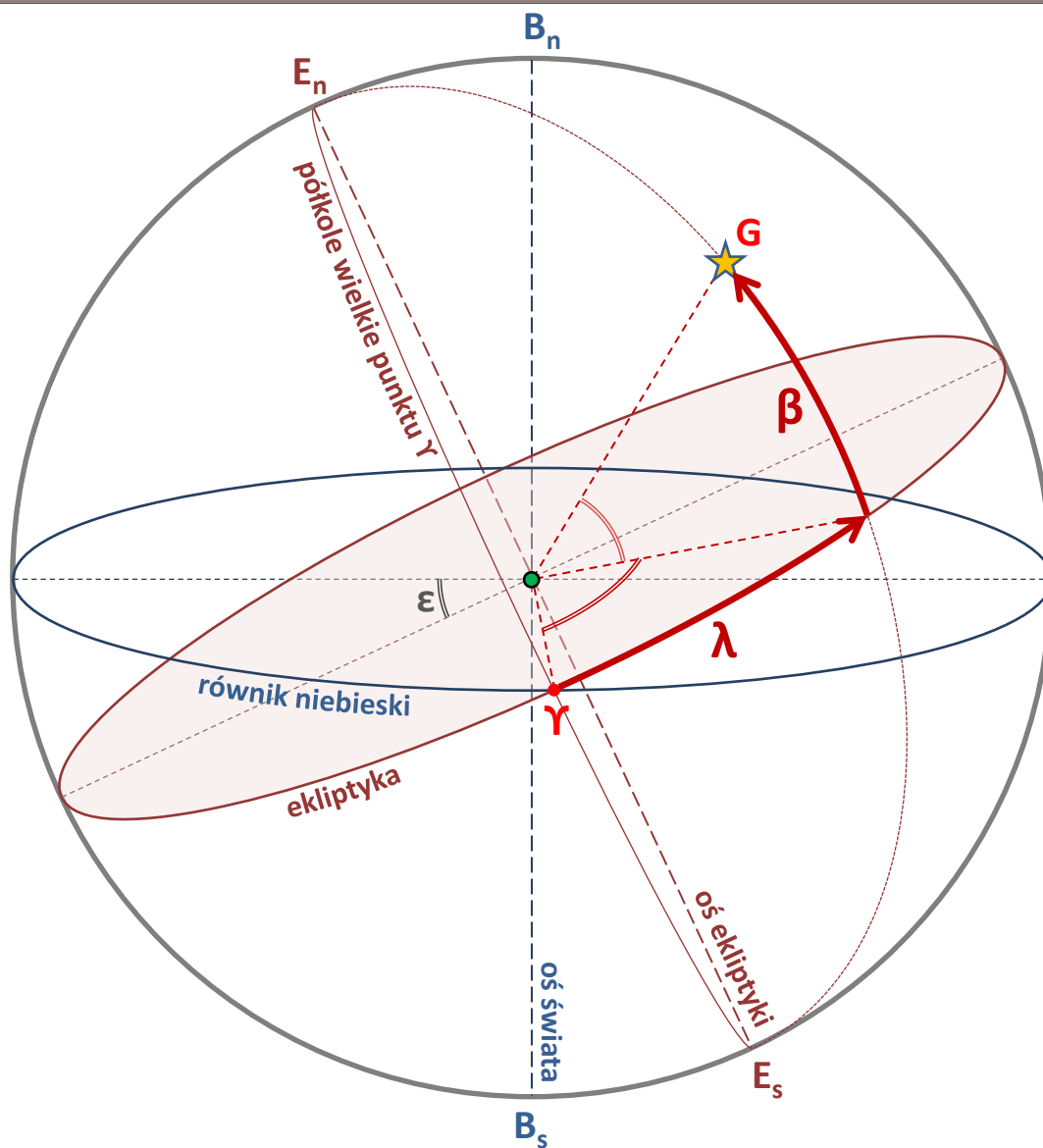
Jak są liczone współrzędne?

- δ : od 0° do $+90^\circ$ (nad równikiem niebieskim)
od 0° do -90° (pod równikiem niebieskim)
 $\delta = 0^\circ$ na równiku niebieskim
- α : od 0^h do 24^h (liczony w kierunku rocznego ruchu Słońca)
 $\alpha = 0^h$ na półkolu godzinnym punktu γ

Współrzędne (α, δ) odgrywają w astronomii rolę podobną do współrzędnych geograficznych w geografii (mapy nieba, atlasy), ale nie są całkowicie stałe w czasie. Pewne zjawiska powodują ich zmianę w różnych skalach czasowych:

- precesja i nutacja
- ruchy własne obiektów
- paralaksa
- aberracja światła
- atmosfera (refrakcja)

sfera niebieska



widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

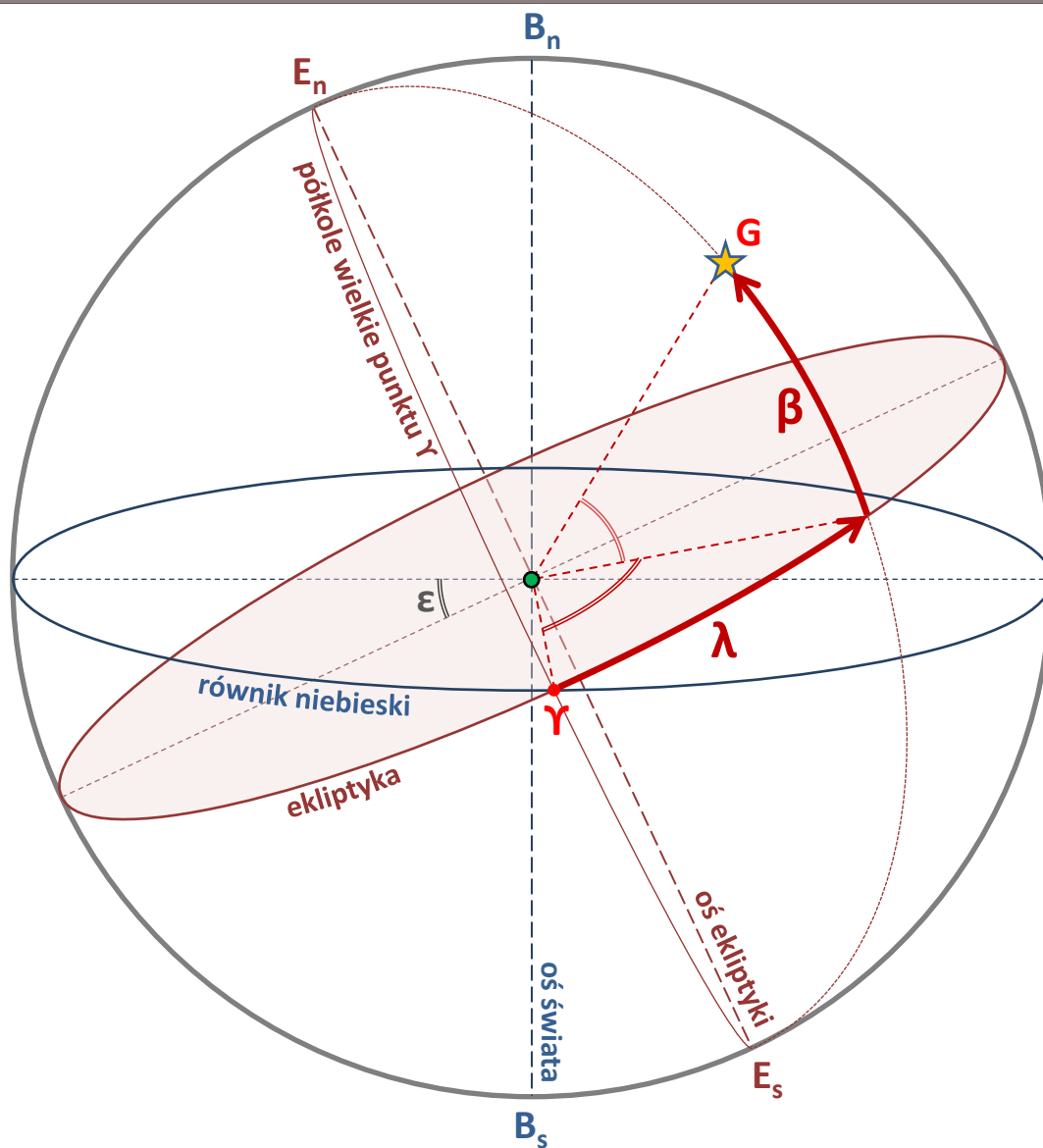
Elementy układu ekliptycznego:

- **ekliptyka** – koło podstawowe układu (płaszczyzna wyznaczona przez orbitę Ziemi)
- **półkole wielkie punktu γ** – półkole początkowe przechodzące przez punkt równonocy wiosennej
- **„południk ekliptyczny”** – dowolne półkole wielkie przechodzące przez bieguny ekliptyki
- **bieguny ekliptyki E_n , E_s** – wyznaczone przez kierunek osi ekliptyki (oś prostopadła do płaszczyzny ekliptyki)

Współrzędne (λ, β) :

- **długość ekliptyczna (λ)** – kąt dwuścienny między półkolem wielkim punktu γ a półkolem wielkim przechodzącym przez obiekt
- **szerokość ekliptyczna (β)** – kąt pomiędzy płaszczyzną ekliptyki a kierunkiem na obiekt

sfera niebieska



widok z zewnątrz sfery – obserwator jest w punkcie ●

Jak są liczone współrzędne?

- β : od 0° do $+90^\circ$ (nad ekliptyką)
od 0° do -90° (pod ekliptyką)
 $\beta = 0^\circ$ na ekliptyce
- λ : od 0° do 360° (liczony w kierunku rocznego ruchu Słońca)
 $\lambda = 0^\circ$ na półkole wielkim punktu γ

Współrzędne (λ, β) używane są najczęściej do opisu położenia obiektów Układu Słonecznego. Stosowane już w starożytności.

Dla Słońca zawsze $\beta = 0^\circ$

Dla planet β zawiera się w wąskim przedziale około $(-8^\circ, +8^\circ)$