

## Wschody i zachody obiektów

- Trójkąt paralaktyczny – ten sam, „na którym” przeliczaliśmy współrzędne pomiędzy układem horyzontalnym a równikowym
- Wzory: sinusowy, cosinusowy, plus relacje pomiędzy funkcjami trygonometrycznymi... dają nam zależności pomiędzy kątami. Teraz:  $z = 90$  stopni (ciało niebieskie jest dla nas na horyzoncie – wschodzi lub zachodzi)

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \quad \text{wzór kosinusów}$$

$$\sin \delta = \sin \phi \cos z - \cos \phi \sin z \cos A$$

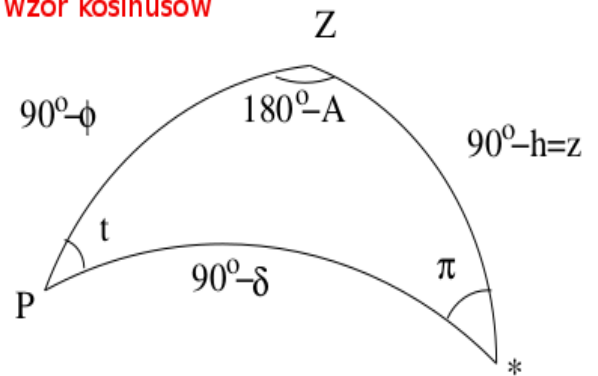
$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

$$\sin t = \sin z \sin A / \cos \delta$$

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t$$

$$\sin A = \cos \delta \sin t / \sin z$$

$$\cos A = \frac{\sin \phi \cos z - \sin \delta}{\cos \phi \sin z}$$



$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B}$$

wzór sinusów

$$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$$

$$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

$$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

$$\cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$$

wschód i zachód obiektu:  $z = 90^\circ$

(wysokość nad horyzontem = 0 stopni, zatem odległość zenitalna - 90 stopni)

- Gdy  $z = 90^\circ$  :

$$\begin{aligned}\sin \delta &= -\cos \phi \cos A \\ \cos t &= -\frac{\sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \\ \sin t &= \sin A / \cos \delta\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0 &= \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t \\ \sin A &= \cos \delta \sin t \\ \cos A &= -\frac{\sin \delta}{\cos \phi}\end{aligned}$$

redukując powtarzające się wzory, pozostaje:

$$\begin{aligned}\cos A &= -\frac{\sin \delta}{\cos \phi} \\ \cos t &= -\operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \delta \\ \sin A &= \cos \delta \sin t\end{aligned}$$

dwa pierwsze, żeby istniało  $A$  lub  $t$  powinny spełniać:

$$\begin{aligned}-1 &\leq -\frac{\sin \delta}{\cos \phi} \leq 1 \\ -1 &\leq -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \phi \leq 1\end{aligned}$$

czyli

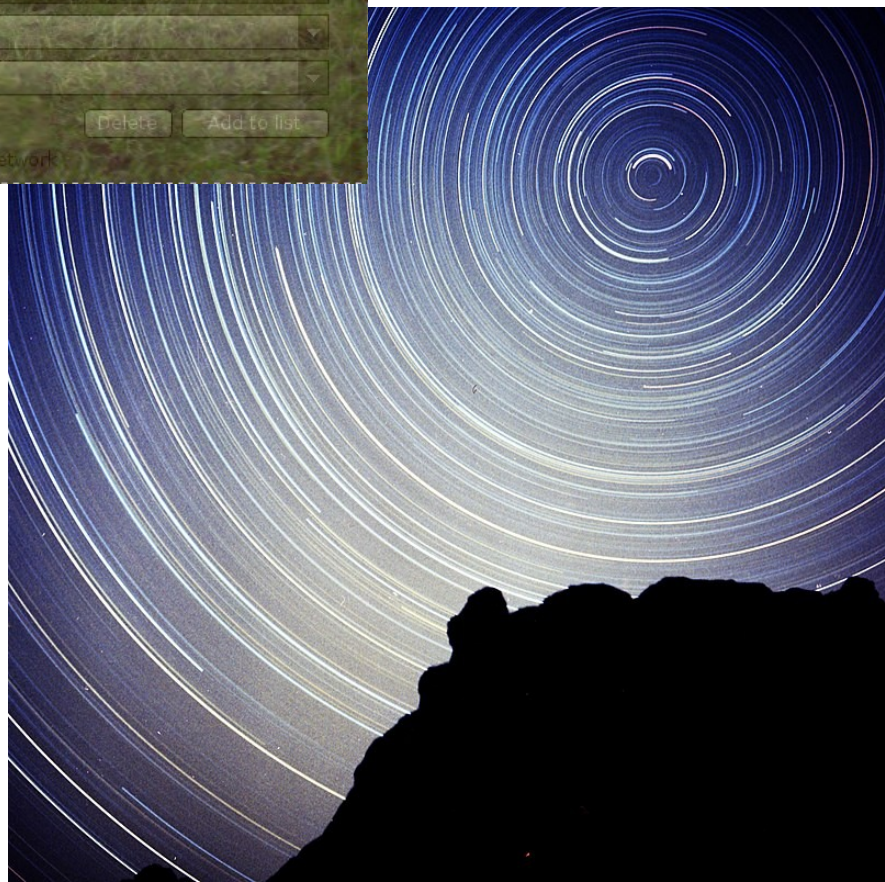
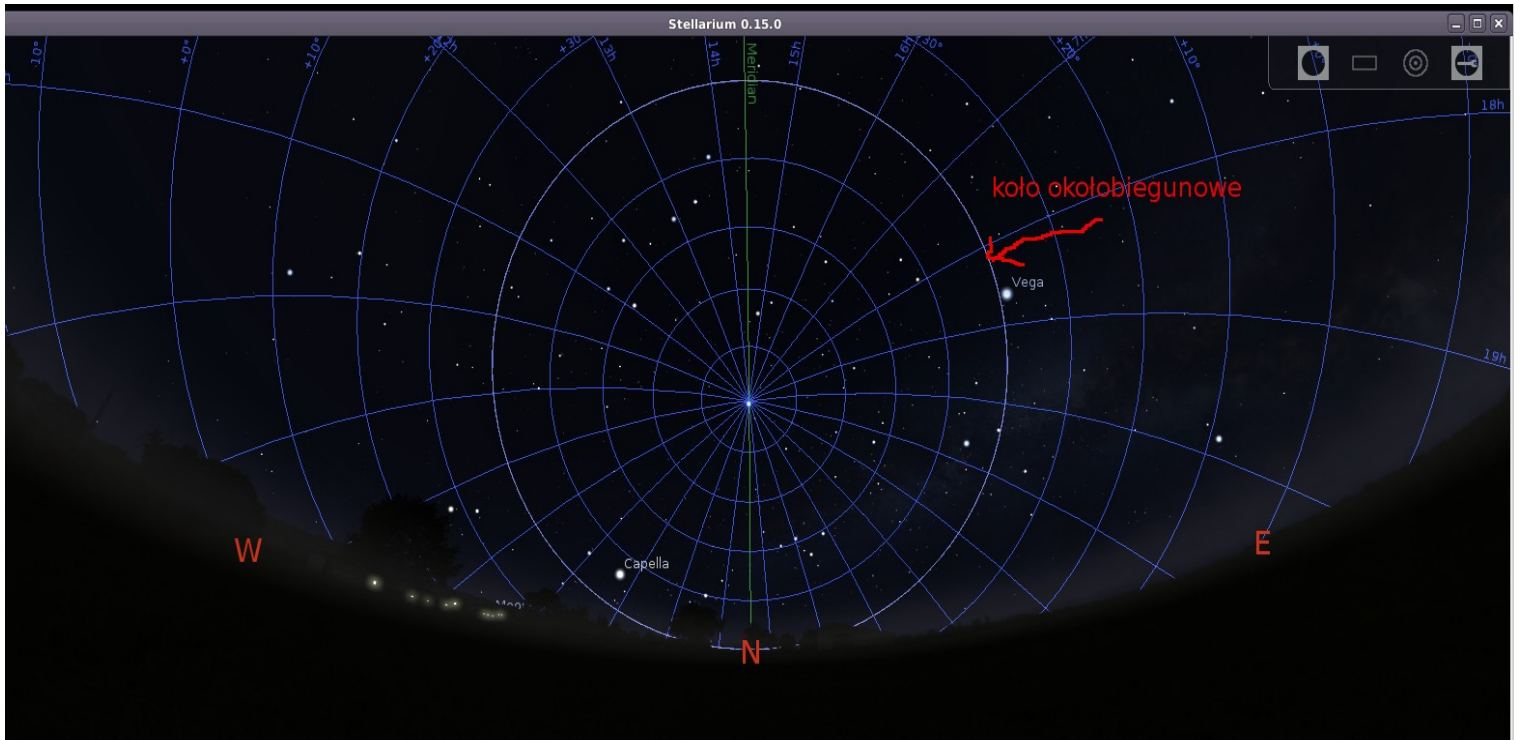
$$\begin{aligned}\sin(\phi - 90^\circ) &\leq \sin \delta \leq \sin(90^\circ - \phi) \\ \operatorname{tg}(\phi - 90^\circ) &\leq \operatorname{tg} \delta \leq \operatorname{tg}(90^\circ - \phi)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin(-\alpha) &= -\sin \alpha \\ \operatorname{tg}(-\alpha) &= -\operatorname{tg} \alpha\end{aligned}$$

obie funkcje  $\sin$  i  $\operatorname{tg}$  są rosnące ( $-90^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$ ), to:

$$\phi - 90^\circ \leq \delta \leq 90^\circ - \phi$$

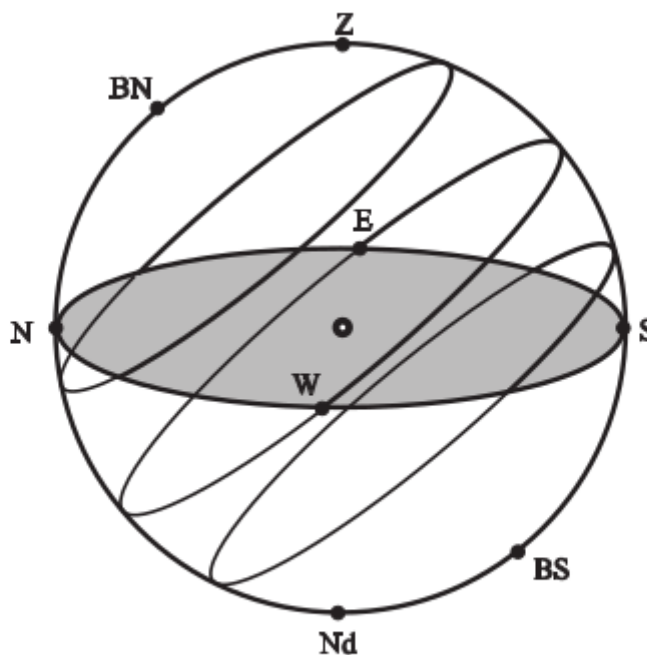
np. dla  $\phi = 50^\circ$  mamy:  $-40^\circ \leq \delta \leq 40^\circ$  – obiekt wschodzi i zachodzi,  $\delta > 40$  – nie zachodzi,  $\delta < -40^\circ$  – nie wschodzi



Rys. 1. Koło okołobiegunowe dla okolic Krakowa.

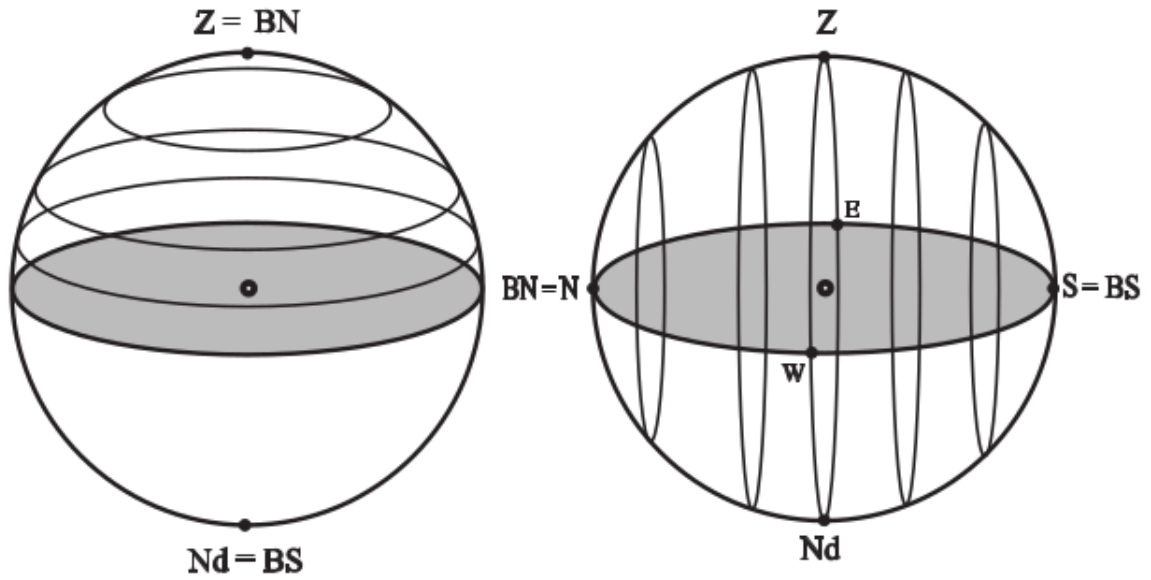
## ***Kulminacje obiektów, wschody i zachody***

- **Wschód:** ciało wynurza się spod horyzontu
- Po wschodzie: zwiększa swoją obserwowaną wysokość nad horyzontem aż do pewnej maksymalnej wartości, którą osiąga w momencie **górowania (kulminacji górnej)**
- Po **górowaniu** - wysokość ciała maleje, w chwili gdy osiąga wartość zero, dochodzi do zjawiska **zachodu**
- Po **zachodzie** wysokość obiektu nadal się zmniejsza (ale teraz po wartościach ujemnych) aż do pewnej wartości minimalnej – czyli **kulminacji dolnej, inaczej: dołowania**
- Po **dołowaniu** wysokość ciała znowu zaczyna wzrastać, aż do kolejnego **wschodu** ( $h = 0$  stopni ponad horyzontem)



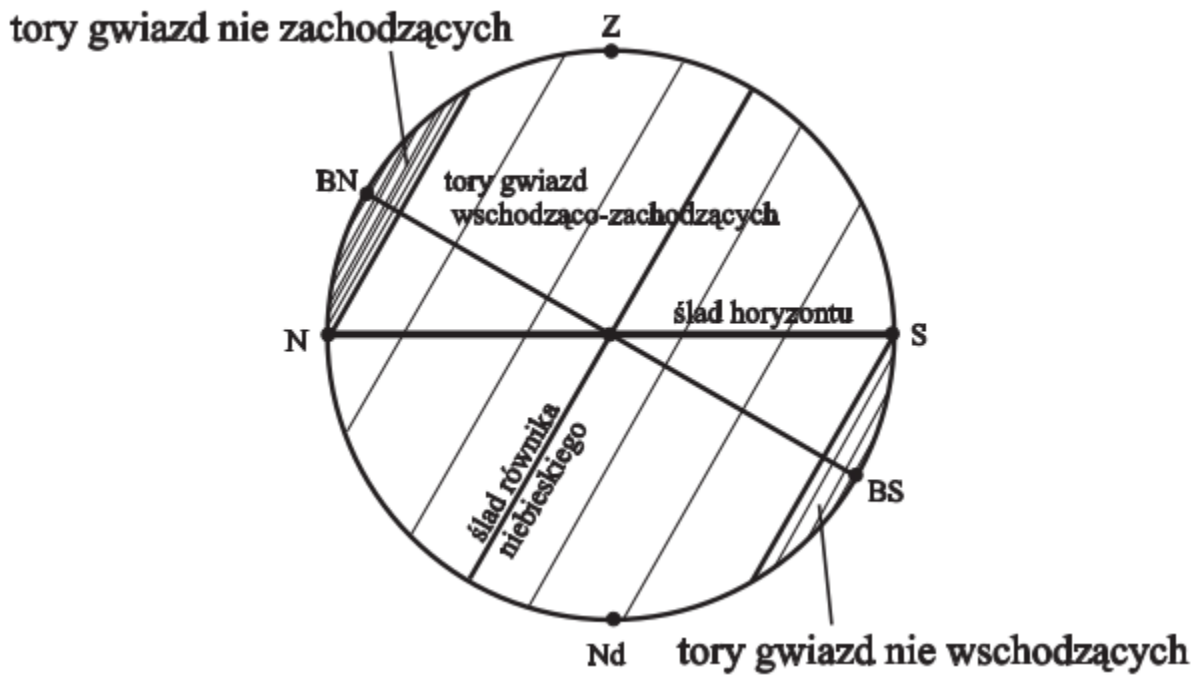
Rys. 2.1. Wędrowki dobowe obiektów na sferze niebieskiej





Rys. 2.2. Wędrówki dobowe obiektów na sferze niebieskiej dla obserwatora umieszczonego na biegunie północnym

Rys. 2.3. Wędrówki dobowe obiektów na sferze niebieskiej dla obserwatora umieszczonego na równiku



Rys. 2. Tory ciał niebieskich widziane z różnych miejsc na Ziemi (źródło: B. Wszolek, Elementy astronomii dla geografów)

- **Górowanie i dołowanie:** momenty przejścia ciał niebieskich przez **południk miejscowy** (lokalny, ang. *Meridian*)
- Na skutek ruchu wirowego Ziemi: wszystkie obiekty na niebie dwa razy na dobę przecinają płaszczyznę południka lokalnego
- Położenie ciała na tym południku można określić podając jego wysokości  $h$  w układzie horyzontalnym. Jest ona zmienna w czasie!
- Maksymalna i minimalna wysokość to momenty górowania i dołowania ciała - momenty, gdy przechodzi ono dokładnie przez południk (inaczej: kulminacja górna i dolna)
- Górowanie może nastąpić na północ lub na południe od zenitu, dołowanie - na północ lub na południe od nadiru
- Gdy ciało góruje w zenicie, dołuje w nadirze – wysokość górowania/dołowania =  $90^\circ$  (- $90^\circ$ ), a deklinacja obiektu równa jest szerokości geograficznej miejsca obserwacji ( $\varphi = \delta$ ).
- Obowiązują zależności, wynikające z poniższych rysunków:

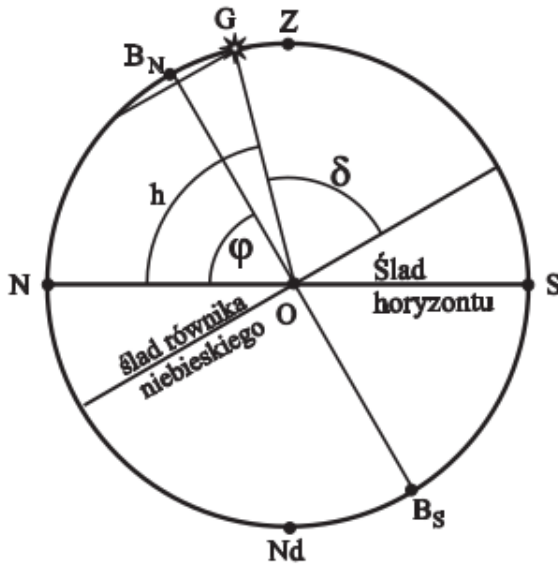
**a) wysokość górowania północnego (łuk NG) (rys. 2.5):**

$$\text{HGN} = \varphi + 90^\circ - \delta \text{ (suma kątów } \text{NOB}_N \text{ i } \text{B}_N\text{OG} \text{ )}$$

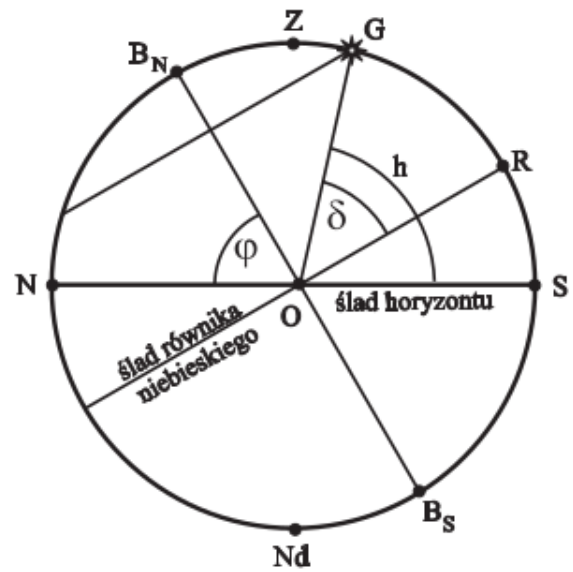
**b) wysokość górowania południowego (łuk SG) (rys. 2.6):**

$$\text{HGS} = 90^\circ - \varphi + \delta \text{ (suma kątów } \text{SOR} \text{ i } \text{ROG} \text{)}$$

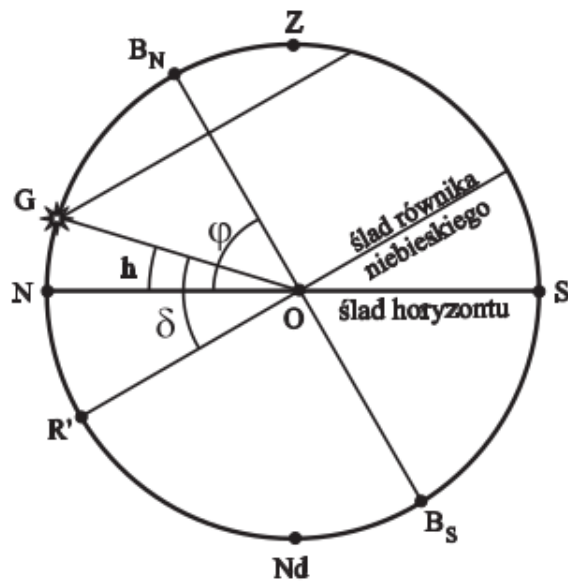
Więcej:  
rozdział 2.2. Przejścia obiektów niebieskich przez południk,  
***Elementy astronomii dla geografów, B. Wszolek***



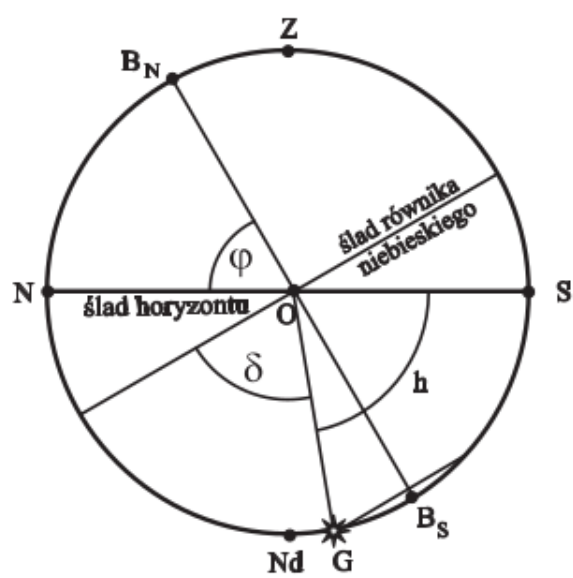
Rys. 2.5. Górowanie obiektu na północ od zenitu



Rys. 2.6. Górowanie obiektu na południe od zenitu



Rys. 2.7. Dołowanie obiektu na północ od nadiru

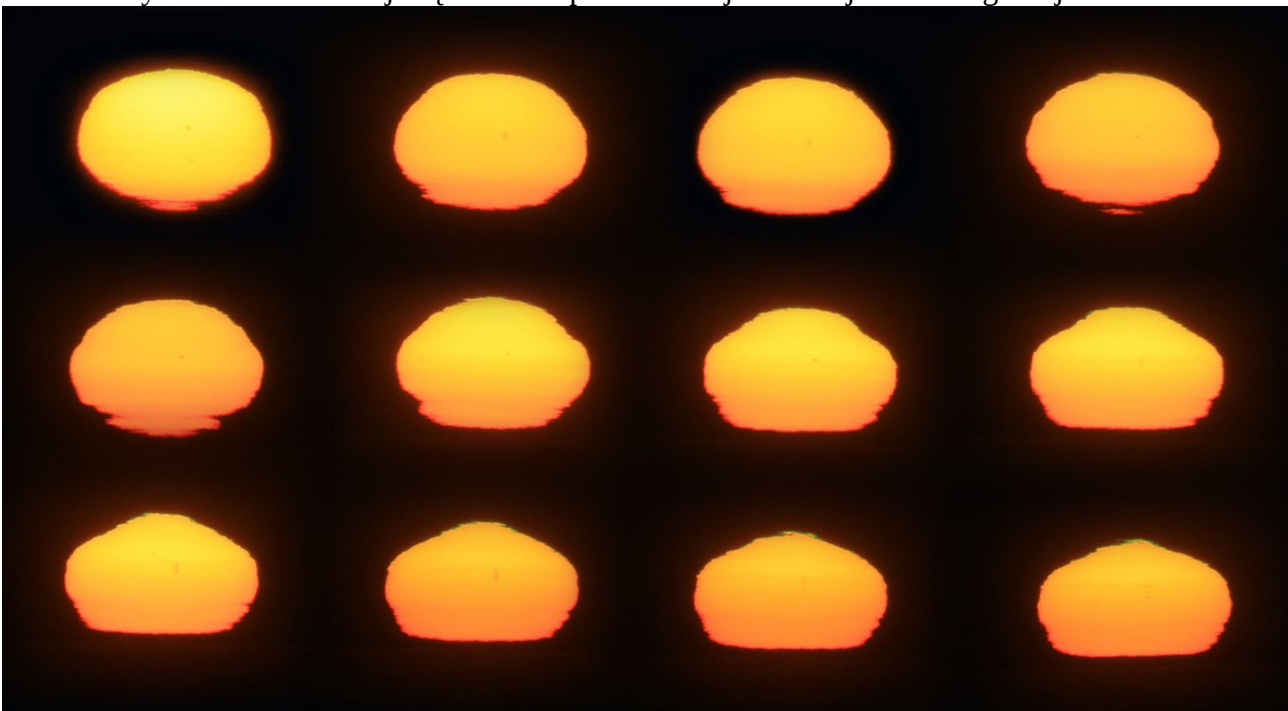


Rys. 2.8. Dołowanie obiektu na południe od nadiru

Rys. 3. Kulminacje ciał na południku lokalnym (źródło: B. Wszolek, *Elementy astronomii dla geografów*)

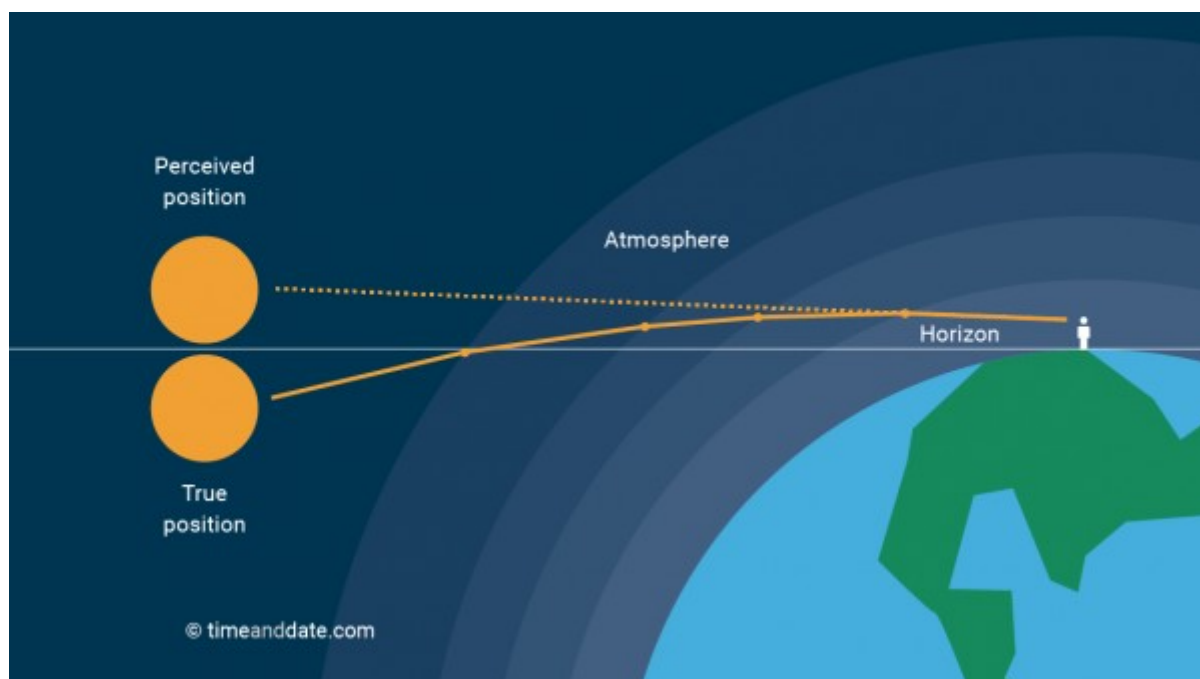
## Refrakcja atmosferyczna

- Poprawka na wysokość ciał ponad horyzontem podczas zachodu/wschodu
- **Refrakcja:** ugięcie promieni świetlnych przy przejściu z bardzo rzadkiego ośrodka pozaatmosferycznego do coraz gęstszych warstw atmosfery
- Pozornie „unoszą” obiekty nad horyzontem, przyspieszając wschody i opóźniając zachody, przesuując pozorne obrazy ciał w stronę zenitu, czyli zmniejszając ich odległość zenitalną
- Poprawka ta - różnica pomiędzy wysokością obserwowaną a rzeczywistą - wynosi dla horyzontu około **35'**
- Wschody i zachody – np. Słońca nad morzem - obserwujemy więc wtedy, gdy ciało znajduje się jeszcze/już pod horyzontem.
- Dla obiektów o większych rozmiarach (Słońce, Księżyc) uwzględnia się dodatkowo rozmiar ich tarczy - np. zachód Słońca to moment, gdy cała jego tarcza chowa się pod horyzont
- Rozmiar tarczy Słońca:  $0^{\circ}32'$  → współrzędne podaje się dla środka tarczy → po uwzględnieniu refrakcji daje to:  $h_s = -35' - 16' = -51'$  → i w momencie równonocy ( $\delta = 0^{\circ}$ ):  $\Delta t = 5' / \cos(\varphi)$
- **Im bliżej ciała jest zenitu, tym mniejszy wpływ refrakcji na obserwację!**
- na biegunach Ziemi refrakcja przyspiesza wschód Słońca o dwie doby, o tyle samo opóźnia jego zachód (rozpoczęcie nocy polarnej)
- refrakcja powoduje też zniekształcenie tarcz dużych ciał (Słońce, Księżyc) - pozorne spłaszczenie, najsilniejsze nisko nad horyzontem, dające w rezultacie pewną asymetrię okrągłej tarczy. Wynika to z silnej zależności refrakcji od wysokości w obszarze ponad horyzontem – w dolnej części ciała spłaszczenie jest silniejsze niż w górnej

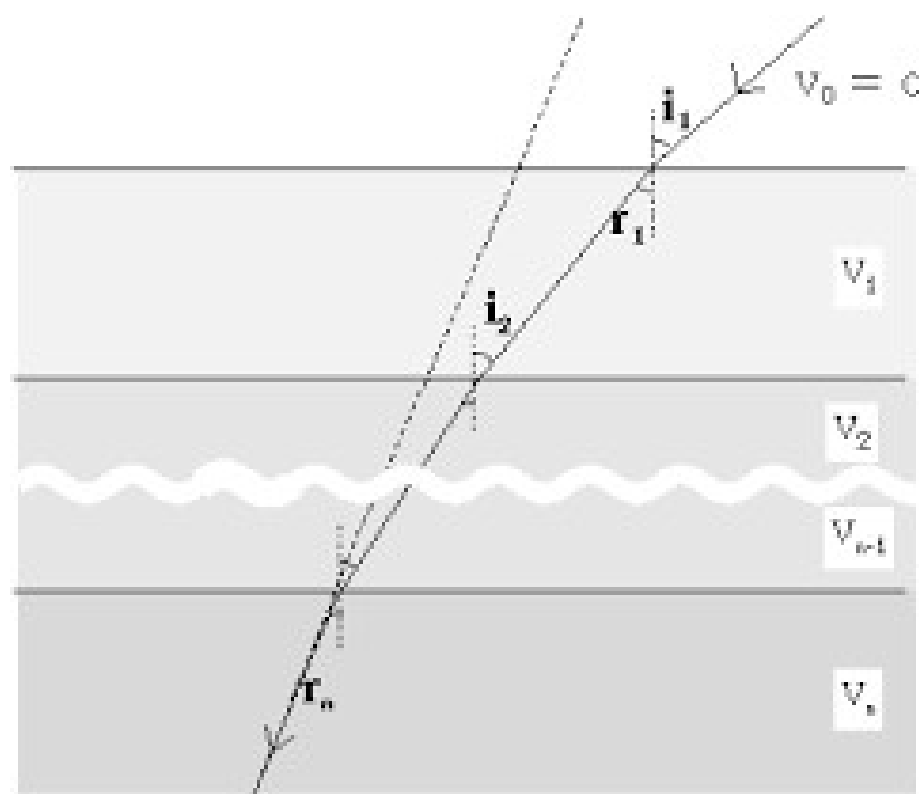


Rys. 4. Zniekształcenie tarczy Słońca na skutek refrakcji. (Źródło: Brocken Inaglory)





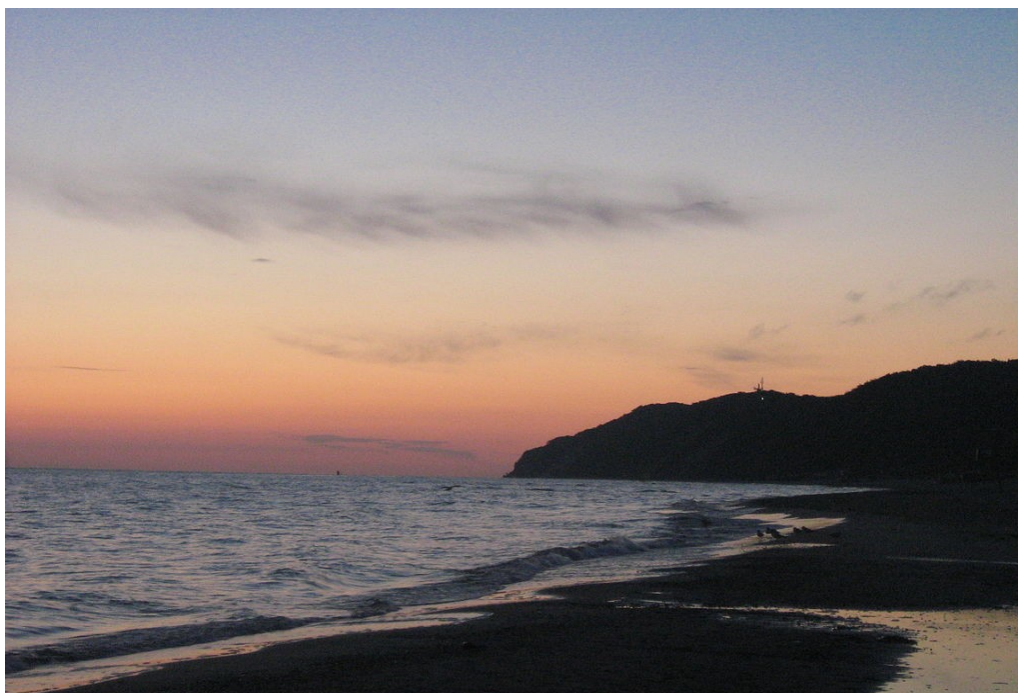
Rys. 5. Schemat zjawiska refrakcji.



## Świty i zmierzchy

Cywilne:

- czas przed wschodem Słońca, gdy środek tarczy Słońca znajduje się  $6^\circ$  lub wyżej poniżej linii horyzontu ( $12^\circ$ - $6^\circ$  poniżej linii horyzontu – wtedy zaczyna się świt żeglarski)
- Dobrze widać typowe obiekty na Ziemi



## Żeglarskie:

- Świt: środek tarczy Słońca znajduje się wyżej niż  $12^\circ$  poniżej linii horyzontu
- horyzont i krajobraz są już na tyle widoczne, że możliwa jest nawigacja na ziemi lub morzu
- na niebie są wciąż widoczne najjaśniejsze gwiazdy, wobec których można określić pozycję



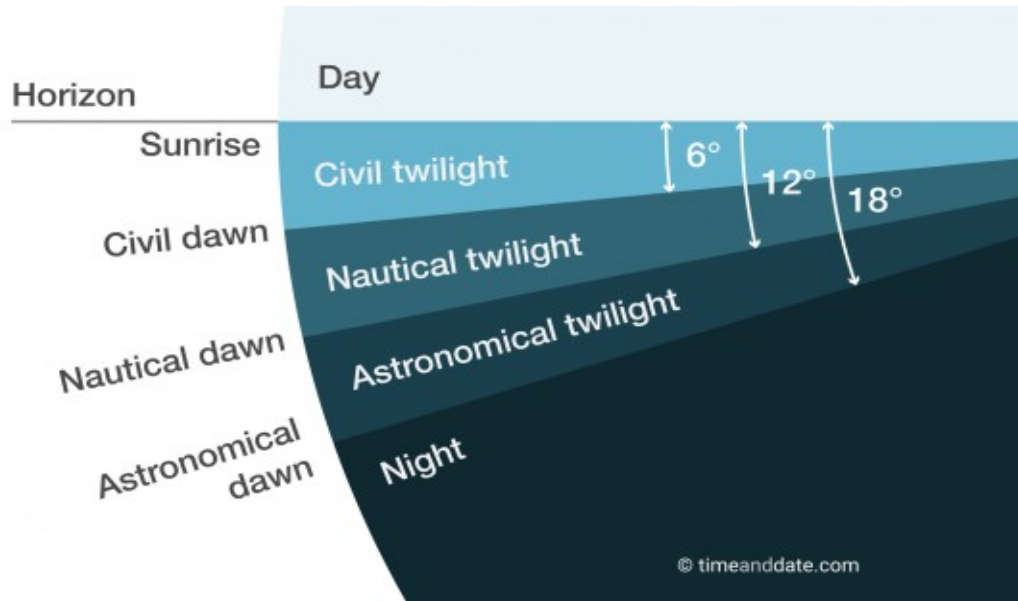


### Astronomiczne:

- promienie Słońca rozświetlają niebo → najśłabsze gwiazdy przestają być widoczne, niebo przestaje być czarne
- instrumenty astronomiczne zaczynają rejestrować wzrost jasności tła nieba!
- świt: początek, gdy środek tarczy Słońca znajduje się wyżej niż  $18^\circ$  poniżej linii horyzontu; trwa do momentu, gdy środek tarczy Słońca przekroczy wysokość  $12^\circ$  poniżej linii horyzontu - wtedy zaczyna się świt żeglarski. Odpowiednio – zmierzch astronomiczny



## Schemat:



## Białe noce

- Zjawisko astronomiczne występujące na dużych szerokościach geograficznych (powyżej  $57^\circ$  N/S), podczas którego w określonych miesiącach roku nie zapadają całkowite ciemności - zmierzch przechodzi bezpośrednio w świt
- Tarcza słoneczna chowa się wówczas płytko pod horyzontem, światło Słońca jest rozpraszane w górnych warstwach atmosfery - niebo zdaje się dość jasne.
- Białe noce: wiosną i latem w strefach podbiegunowych i blisko kół podbiegunowych.
- W Polsce: daleko na północy, np. na Przylądku Rozewie (najdalej wysunięty na północ Polski punkt,  $54^\circ 50'$ ), w okolicach przesilenia letniego: białe noce żeglarskie (Słońce chowa się za horyzontem mniej niż  $12^\circ$ ). Na terenie całej Polski latem - białe noce astronomiczne (Słońce chowa się za horyzontem mniej niż  $18^\circ$ )

