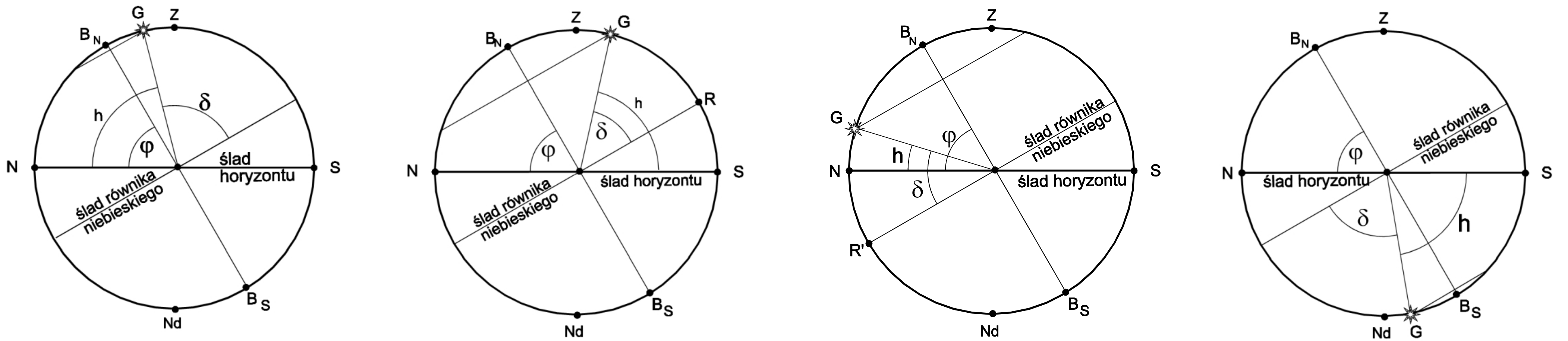


Przejścia obiektów niebieskich przez południk, dnie i noc

Konsekwencją ruchu wirowego Ziemi jest to, że ciała niebieskie dwa razy na dobę przecinają w swej wędrówce po niebie płaszczyznę południka lokalnego. Położenie ciała na południku można określić podając wartość wysokości h w układzie horyzontalnym związanym z obserwatorem. Dla obserwatora umiejscowionego poza biegunami ziemskimi wysokości ciał niebieskich zmieniają się w czasie. Maksymalna i minimalna wartość wysokości odpowiada górowaniu i dołowaniu ciała, czyli momentom, w których ciało przechodzi przez południk. Górowanie obiektu może nastąpić na północ lub na południe od zenitu, a także w samym zenicie. Dołowanie natomiast na północ lub na południe od nadiru, bądź też i w samym nadirze. Poniższe rysunki ilustrują wszystkie możliwości górowań i dołowań i są pomocne przy ustalaniu praktycznych wzorów na wysokości obiektów podczas przejścia przez południk. Wysokości te wyrazimy jako funkcje szerokości geograficznej miejsca obserwacji φ oraz deklinacji obiektu δ . Rysunki 1-4 (licząc od lewej) są rzutami sfery niebieskiej na płaszczyznę południka.



Wysokość górowania północnego (łuk NG na pierwszym rysunku): $HGN = h = \varphi + 90^\circ - \delta$ (jako suma kątów NOB_N i B_NOG , gdzie O jest środkiem sfery).
 Wysokość górowania południowego (łuk SG na drugim rysunku): $HGS = h = 90^\circ - \varphi + \delta$ (jako suma kątów SOR i ROG).
 Wysokość dołowania północnego (łuk NG na trzecim rysunku): $HDN = h = \delta + \varphi - 90^\circ$ (jako różnica kątów $R'OG$ i $R'ON$).
 Wysokość dołowania południowego (łuk SG na czwartym rysunku): $HDS = h = -\varphi - 90^\circ - \delta$ (jako wzięta ze znakiem ujemnym suma kątów SOB_S i B_SOG).

Jeśli obiekt góruje w zenicie, to naturalnie wysokość jego górowania wynosi 90° i wtedy deklinacja obiektu równa jest szerokości geograficznej miejsca obserwacji ($\varphi = \delta$). Jeśli obiekt dołuje w nadirze, to $\delta = -\varphi$, a wysokość dołowania wynosi -90° . Dla danej szerokości geograficznej oraz dla określonej deklinacji obiektu wysokości górowania i dołowania dostaniemy posilając się dwoma spośród czterech wyżej zapisanych wzorów. W przypadku wątpliwości, które dwa wzory wybrać, warto zauważyć, że górowanie jest północne, gdy $HGN < 90^\circ$, czyli gdy $\delta > \varphi$. Gdy mamy relację $\delta < \varphi$, górowanie jest południowe. Podobnie, dołowanie jest północne, gdy $HDN > -90^\circ$, czyli gdy $\delta > -\varphi$. Dla $\delta < -\varphi$ dołowanie jest południowe.

Przykład 1: Jaka jest wysokość górowania i dołowania Wega ($\delta = 38^\circ 47'$) w miejscu położonym dokładnie na antypodach Obserwatorium Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim?
Rozwiązanie: Szerokość geograficzna miejsca wynosi $\varphi = -49^\circ 47'$. Wega góruje tam na północ od zenitu gdyż $\delta > \varphi$, a dołuje na południe od nadiru, bo $\delta < -\varphi$. Szukane wysokości górowania i dołowania otrzymamy ze wzorów:

$$HGN = \varphi + 90^\circ - \delta \quad \text{i} \quad HDS = -\varphi - 90^\circ - \delta$$

Zatem po podstawieniu wartości liczbowych otrzymamy:

$$HGN = 1^\circ 26', \quad HDS = -79^\circ$$

Odpowiedź: Na antypodach Rzepiennika Wega góruje na wysokości $1^\circ 26'$, a dołuje na wysokości -79° .

Uwaga: Rachunek przeprowadziliśmy tu bez uwzględniania refrakcji. W czasie górowania Wega znajduje się tuż nad horyzontem. Refrakcja, która w horyzoncie wynosi około $0^\circ 35'$, spowoduje podniesienie gwiazdy tak, że w rzeczywistości widać by ją było w czasie górowania na wysokości $HGN + 0^\circ 35' = 2^\circ 1'$.

Długość dnia (odstęp czasu od wschodu Słońca do jego zachodu) oraz nocy (odstęp czasu dzielący zachód Słońca od jego najbliższego wschodu) zależy od szerokości geograficznej miejsca obserwacji, a także od deklinacji Słońca w rozważanym okresie. Wobec nachylenia płaszczyzny równika niebieskiego do płaszczyzny ekliptyki pod kątem ε (ok. $23^\circ 27'$) deklinacja Słońca ulega w ciągu roku ciągłej, choć nie jednostajnej, zmianie w granicach od $-\varepsilon$ (przesilenie zimowe na półkuli północnej) do $+\varepsilon$ (przesilenie letnie na półkuli północnej). Długość danego dnia czy nocy dla ustalonej szerokości geograficznej ustala się z pomocą wzoru na kąt godzinny obiektu na sferze niebieskiej (patrz plansza 4).

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

Interwał czasu dzielący moment wschodu Słońca, określony poprzez kąt godzinny t_w , oraz moment zachodu określony przez kąt godzinny t_z , nazywamy dniem. Długość dnia można wyrazić jako $T_D = 24^h - t_w + t_z$ a nocy jako $T_N = t_w - t_z$. Same t_w i t_z otrzymamy z powyższego wzoru wstawiając za wysokość h , wziętą ze znakiem minus, sumę refrakcji w horyzoncie oraz promienia kąтового tarczy słonecznej. W większości obliczeń wystarczy za h wstawić wartość $-0^\circ 51'$ (z czego $35'$ przypada na refrakcję w horyzoncie, a $16'$ na promień tarczy). Używając równania należy pamiętać, że kąt godzinny t po przeliczeniu na stopnie zawiera się w przedziale od 0° do 360° . Nadto trzeba pamiętać, że kąt godzinny wschodu należy do III lub IV, a kąt godzinny zachodu do I lub II ćwiartki. Wartość deklinacji Słońca na daną datę można odczytać z odpowiednich tablic. Posilając się powyższym wzorem możemy również określić czasy trwania świtów i zmierzchów.

Zmierzch rozpoczyna się w momencie zachodu Słońca i trwa do czasu, gdy wysokość Słońca przyjmie określoną, umowną, wartość. Dla zmierzchu astronomicznego wartość ta wynosi $h_0 = -18^\circ$.

Świt to okres poprzedzający wschód Słońca. Świt astronomiczny rozpoczyna się również, gdy $h_0 = -18^\circ$ i kończy się o wschodzie Słońca. Wstawiając do wzoru zamiast h wartość -18° otrzymamy kąty godzinne odpowiadające końcowi zmierzchu i początkowi świtu astronomicznego. [Dla świtu/zmierzchu cywilnego i żeglarskiego zamiast wartości -18° ustalono odpowiednio wartości -6° oraz -12°]. Kąty godzinne odpowiadające początkowi zmierzchu i końcowi świtu to po prostu t_z i t_w .

Może się zdarzyć, że dla danej szerokości geograficznej i dla określonej daty Słońce nie zagłębia się pod horyzont na tyle, aby nastąpiła głęboka noc. Wtedy zmierzch przechodzi bezpośrednio w świt i mamy do czynienia z tzw. **białą nocą**. Warunki na zaistnienie białej nocy zapiszemy używając wzorów na wysokość dołowania. Dla półkuli północnej otrzymamy:

$$-18^\circ < HDN_0 < -0^\circ 51', \quad \text{a dla półkuli południowej} \quad -18^\circ < HDS_0 < -0^\circ 51'$$

co w zapisie jawnym daje:

$$-18^\circ < \varphi - 90^\circ + \delta_0 < -0^\circ 51' \quad \text{oraz} \quad -18^\circ < -\varphi - 90^\circ - \delta_0 < -0^\circ 51'$$

Powyższe układy nierówności możemy rozwiązać ze względu na φ , otrzymując warunki na miejsce występowania zjawiska w danym dniu, albo ze względu na δ_0 i otrzymać warunki na okres występowania zjawiska białych nocy dla ustalonego miejsca (mając warunek na deklinację Słońca δ_0 to poprzez odpowiednią tabelę podającą deklinację Słońca na każdy dzień roku mamy równocześnie warunek na okres występowania zjawiska białych nocy). Warunki zaistnienia białych nocy w sensie astronomicznym dla półkuli północnej będą więc

$$72^\circ - \delta_0 < \varphi < 89^\circ 09' - \delta_0 \quad \text{oraz} \quad 72^\circ - \varphi < \delta_0 < 89^\circ 09' - \varphi$$

a dla półkuli południowej

$$-72^\circ - \delta_0 > \varphi > -89^\circ 09' - \delta_0 \quad \text{oraz} \quad -72^\circ - \varphi > \delta_0 > -89^\circ 09' - \varphi$$

W podobny sposób można podać warunki na **dni i nocie polarne**. Na półkuli północnej będziemy mieć dzień polarny wtedy, gdy wysokość dołowania północnego Słońca $HDN_0 > -0^\circ 51'$, czyli gdy $\varphi - 90^\circ + \delta_0 > -0^\circ 51'$. Noc polarna na półkuli północnej wystąpi natomiast, gdy $HGS_0 < -0^\circ 51'$, czyli gdy $-\varphi + 90^\circ + \delta_0 < -0^\circ 51'$

Dla półkuli południowej podobne warunki będą: dla dnia polarnego $HDS_0 > -0^\circ 51'$, czyli $-\varphi - 90^\circ - \delta_0 > -0^\circ 51'$; dla nocy polarnej $HGN_0 < -0^\circ 51'$, czyli $\varphi + 90^\circ - \delta_0 < -0^\circ 51'$

Rozwiązując powyższe nierówności ze względu na φ lub δ_0 otrzymamy znowu warunki na miejsce występowania (φ) zjawiska dni i nocy polarnych lub warunki na deklinację Słońca, czyli na terminarz występowania zjawiska (sprawdzamy w odpowiedniej tabeli, jaki zakres dat odpowiada otrzymanemu zakresowi deklinacji Słońca).

Przykład 2: Obliczyć dla Częstochowy ($\varphi = 50^\circ 49'$) długość pierwszego dnia (pierwszej nocy) wiosny, lata, jesieni i zimy.

Rozwiązanie: Korzystamy ze wzoru na $\cos t = (\sin h - \sin \delta \sin \varphi) / \cos \delta \cos \varphi$. Prawą stronę wzoru wyliczamy wstawiając: daną wartość φ , w miejsce h wartość $-0^\circ 51'$, a w miejsce δ_0 wartości: 0° (dla pierwszych dni astronomicznej wiosny i jesieni), ε (dla pierwszego dnia lata) i $-\varepsilon$ (dla pierwszego dnia zimy), gdzie $\varepsilon = 23^\circ 27'$, jest nachyleniem równika niebieskiego do ekliptyki.

Odpowiedź: wiosna i jesień: dzień $12^h 10^m 45^s.8$, noc $11^h 49^m 14^s.2$, lato: dzień $16^h 31^m 12^s.8$, noc $7^h 28^m 47^s.2$, zima: dzień $7^h 56^m 30^s.5$, noc $16^h 3^m 29^s.5$

Przykład 3: Gdzie trwa dzień polarny w dniach równonocy? **Rozwiązanie:** Rozwiązujemy nierówności warunkujące zaistnienie dnia polarnego ze względu na φ . W dniach równonocy $\delta_0 = 0^\circ$.

Korzystamy zatem z warunków: Dla półkuli północnej $\varphi - 90^\circ + \delta_0 > -0^\circ 51'$ oraz dla półkuli południowej $-\varphi - 90^\circ - \delta_0 > -0^\circ 51'$. Stąd mamy odpowiednio: $\varphi > 89^\circ 9'$ oraz $\varphi < -89^\circ 9'$.

Odpowiedź: Podczas równonocy dzień polarny trwa w okolicach obydwu ziemskich biegunów. Przy jednym się jeszcze nie skończył, a przy drugim już się zaczął.

