

# Orientacja na sferze niebieskiej. Dobowy ruch sfery niebieskiej

Obserwator, który znajduje się w dowolnym miejscu na powierzchni Ziemi odnosi wrażenie, że znajduje się w środku półkulistej czaszy usianej gwiazdami, a czasza ta wydaje się mu nieco spłaszczona. Okazuje się, że niektóre rozważania astronomiczne wygodnie jest omawiać wykorzystując to złudzenie optyczne obserwatora.

Marcin **Wesołowski**

Przyjmijmy więc, że ciała niebieskie położone są na powierzchni kuli, w środku której znajduje się obserwator. Powierzchnię takiej hipotetycznej kuli nazywamy sferą niebieską, która stanowi złudzenie wynikające z ograniczonej możliwości percepcji odległości przez obserwatora (umiejętności te nie sięgają dalej niż klasyczny zasięg widnokregu). Skala odległości w jakiej znajdują się obiekty astronomiczne jest tak duża, że obserwacje wizualne nieba nocnego nie dostarczają informacji o ich rzeczywistej odległości. Wszystkie ciała niebieskie, które obserwujemy wydają się być równoodległe, inaczej mówiąc jakby były przymocowane do wnętrza kuli o dużym, ale nie znanym promieniu. Jednocześnie ciała niebieskie położone są na powierzchni sfery niebieskiej, której środkiem jest obserwator.

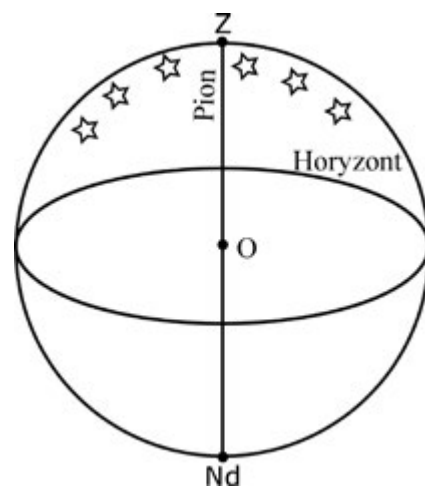
Aby ułatwić orientację na sferze niebieskiej wyróżniamy następujące punkty oraz linie:

**Zenit** (oznaczenie Z) – jest to punkt znajdujący się na maksymalnej wysokości na sferze niebieskiej nad pozycją obserwatora (nad jego głową).

**Nadir** (oznaczenie Nd) – jest to przeciwny punkt względem zenitu, który położony jest najniżej pod obserwatorem na sferze niebieskiej. Punkt ten jest niewidoczny, gdyż przesłania go powierzchnia Ziemi.

Linia łącząca zenit z nadirem to pion, inaczej mówiąc zenit i nadir to punkty, w których linia pionowa przecina sferę niebieską. Kąt pomiędzy osią lokalnego pionu a kierunkiem, w którym obserwujemy wybrane ciało niebieskie określamy jest kątem zenitalnym.

**Płaszczyzna pozioma** – jest to płaszczyzna prostopadła do pionu, która przechodzi przez miejsce obserwacji, czyli środek sfery niebieskiej. Ponadto płaszczyzna ta



Rys. 1. Zależność geometryczna między zenitem, nadirem i horyzontem. W punkcie O znajduje się obserwator.

dzieli sferę niebieską na dwie półkule: górną (widoczną dla obserwatora) i dolną (niewidoczną dla obserwatora).

**Horyzont** – jest to okrąg, wzdłuż którego płaszczyzna pozioma przecina sferę niebieską (Rys. 1).

Dokonując obserwacji sfery niebieskiej przez dłuższy czas (np. kilka godzin) dochodzimy do wniosku, że gwiazdy nie zmieniają swojego położenia względem siebie, lecz wykonują ruch kolisty po drogach, które określamy równoleżnikami niebieskimi wokół jednego punktu na sferze niebieskiej (Rys. 2). Punkt ten określamy jako biegun północny niebieski (oznaczenie B1). Zauważmy, że relatywnie blisko bieguna niebieskiego północnego znajduje się Gwiazda Polarna. Często biegun niebieski północny utożsamiany jest z Gwiazdą polarną, jednakże takie przybliżenie nie jest poprawne.

Obecnie północną Gwiazdą polarną jest najjaśniejsza gwiazda Małej Niedźwiedzicy (Małego Wozu) czyli Alfa Ursae Minoris (zwana też Polaris), której jasność wynosi 1.97 magnitudo i pod względem jasności wizualnej zajmuje ona dopiero 46 pozycję. Jej odległość od Ziemi wynosi 430 lat świetlnych (rok świetlny to jednostka odległości stosowana w astronomii i oznacza odległość, jaką pokonuje światło w próżni w ciągu jednego roku juliańskiego). Cechą charakterystyczną Gwiazdy Polarnej jest to, że praktycznie w ciągu nocy nie zmienia swojego położenia, podczas gdy pozostałe gwiazdy krążą wokół bieguna (tzw. gwiazdy okołobiegunowe) lub wschodzą i zachodzą. Dlatego też Gwiazdę Polarną od wieków wykorzystywano do określenia kierunków świata. Dodajmy, że na to która z rzeczywistych gwiazd jest Gwiazdą Polarną wpływa precesja osi Ziemi, czyli zmiana kierunku osi obrotu obracającego się ciała. Orientacja osi zmienia się cyklicznie w ciągu tzw. roku platońskiego, trwającego około 26 tysięcy lat. W 2000 roku Polaris znajdowała się w odległości około 44 minut kątowych od północnego bieguna niebieskiego, powoli zbliża się do niego i najbliższej znajdzie się 24 marca 2100 roku.



Rys. 2. Ślad ruchu kolistego wykonywanego przez gwiazdy położone na sferze niebieskiej. Fotografię wykonano uwzględniając długi czas naświetlania.

- **Oś świata** jest prostą przechodzącą przez północny biegun niebieski, miejsce obserwacji oraz drugi punkt, w którym oś świata przebija sferę niebieską nazywamy biegunem niebieskim południowym (oznaczenie B<sub>2</sub>). W przypadku Polski biegun ten jest niewidoczny.

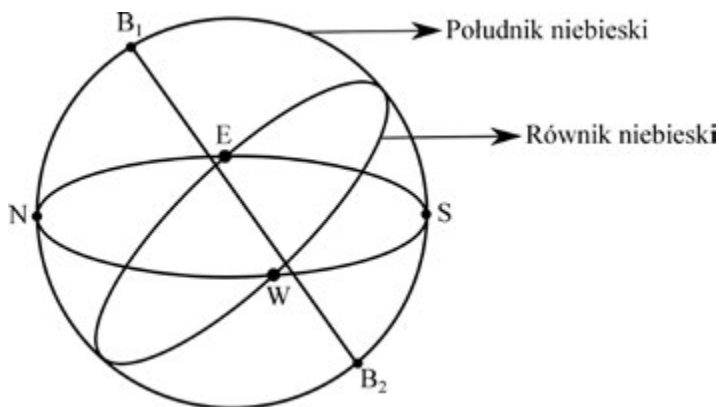
- **Płaszczyzna równika niebieskiego** jest to płaszczyzna prostopadła do osi świata i przechodząca przez miejsce obserwacji.

- **Równik niebieski** jest to okrąg, wzdłuż którego płaszczyzna równika niebieskiego przecina sferę niebieską. Równoleżniki niebieskie to okręgi, po których poruszają się gwiazdy w swoim ruchu dobowym. Płaszczyzny równoleżników są równoległe do płaszczyzny równika niebieskiego, a więc prostopadłe do osi świata. Koła wielkie to koła, które przechodzą przez środek sfery niebieskiej. Wynika stąd, że płaszczyzny horyzontu astronomicznego i równika niebieskiego są kołami wielkimi.

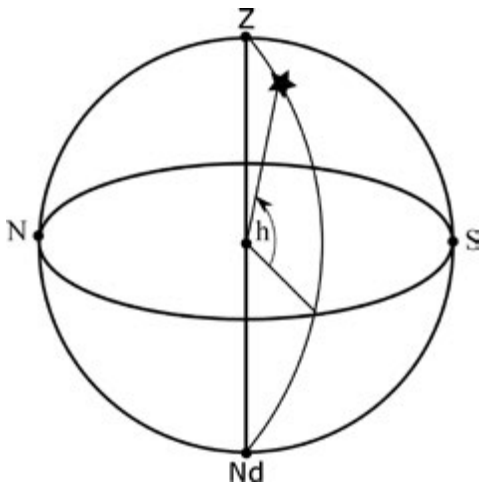
- **Południk niebieski** (południk lokalny) jest to koło wielkie przechodzące przez zenit, nadir i bieguny niebieskie. Południk niebieski to miejsce, w którym zachodzą kulminacje ciał niebieskich. Poprzez kulminację należy rozumieć górowania (osiągnięcie maksymalnej wysokości w czasie obrotu sfery niebieskiej) i dołowania (osiągnięcie minimalnej wysokości w czasie obrotu sfery niebieskiej) danego ciała niebieskiego np. gwiazdy. Dodajmy, że te dwa rodzaje kulminacji zachodzą na tym samym okręgu wielkim (południk lokalny, południk niebieski).

Punkty przecięcia południka z horyzontem określamy jako **punkt północny N** i **punkt południowy S**, przy czym punkt N położony jest bliżej północnego bieguna niebieskiego. Linię N-S czyli prostą, wydłuż której południk niebieski przecina płaszczyznę horyzontu nazywamy południkiem geograficznym miejscowym. Punkty przecięcia równika niebieskiego z horyzontem to punkty **wschodu E** i **zachodu W**. Przy czym punkt wschodu E położony jest po tej samej stronie horyzontu, po której wschodzi Słońce. Punkty N, S, E i W są określane jako kardynalne punkty horyzontu (Rys. 3).

- Wysokość horyzontalna gwiazdy to kąt, jaki tworzy kierunek ku gwiazdzie z płaszczyzną horyzontu (Rys. 4).



Rys. 3. Wzajemne położenie biegunów niebieskich (B<sub>1</sub> i B<sub>2</sub>), równika i południka niebieskiego oraz punktów kardynalnych horyzontu.



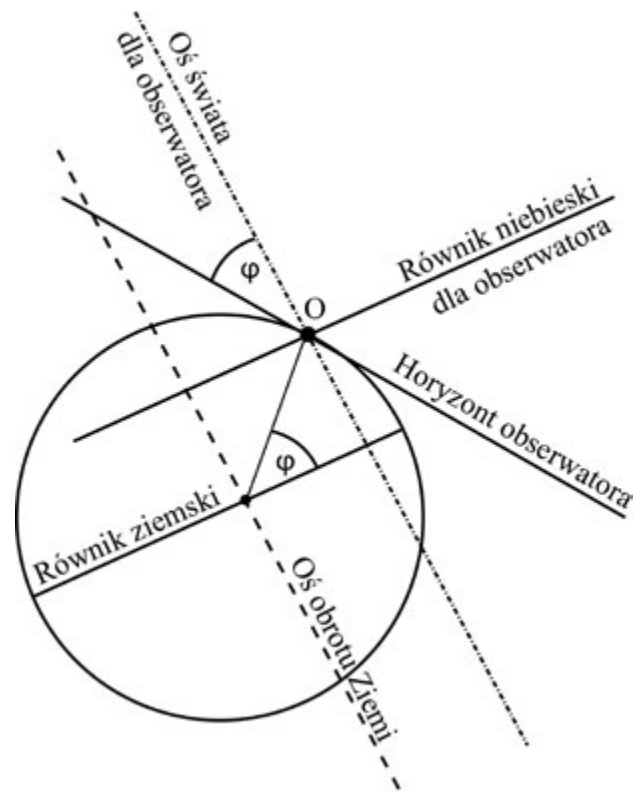
Rys. 4. Wysokość horizontalna gwiazdy.

### Dobowy ruch sfery niebieskiej

Widomy ruch całej sfery niebieskiej w astronomii sferycznej określany jest mianem ruchu dziennego (dobowego) nieba. Ponieważ obserwator znajduje się na powierzchni Ziemi, która wiruje z zachodu na wschód, więc odnosi wrażenie, że to on jest nieruchomy a otoczenie, czyli sfera niebieska wiruje w kierunku przeciwnym. Jest to złudzenie podobne do tego, jakiemu ulegamy jadąc np. pociągiem lub samochodem wydaje się nam, że otoczenie (drzewa, domy, itp.) przemieszczają się do tyłu.

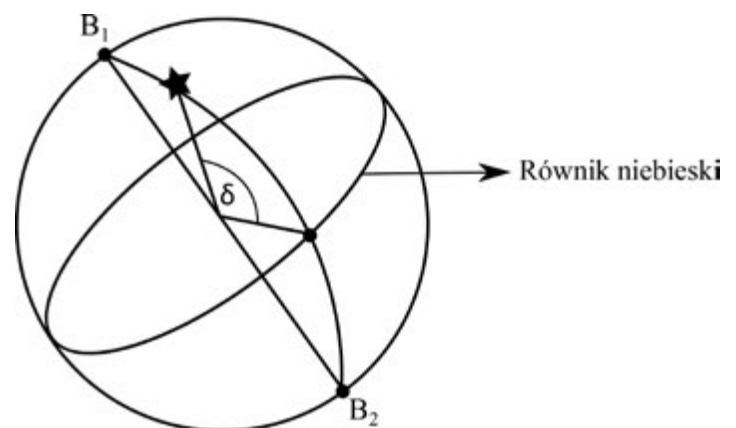
Konsekwencją tego, iż odzwierciedleniem ruchu wirowego jest ruch dobowy sfery niebieskiej jest fakt, że oś świata jest równoległa do osi rotacji Ziemi, a równik niebieski jest równoległy do równika ziemskiego. Kąt jaki tworzy oś świata z płaszczyzną horyzontu obserwatora jest równy szerokości geograficznej miejsca obserwacji (kąty o ramionach wzajemnie prostopadłych, jak na Rys. 5). Tak więc pełny obrót sfery niebieskiej następuje w czasie równym obrotowi Ziemi wokół własnej osi, to znaczy w ciągu jednej doby gwiazdowej, która jest około 4 minuty krótsza od doby używanej w życiu codziennym (doby słonecznej).

Gwiazda poruszając się w ruchu dobowym po równoleżniku przechodzi dwukrotnie w ciągu doby gwiazdowej przez południk; raz gdy znajduje się najwyżej nad horyzontem (górowanie) i drugi raz gdy znajduje się najniżej względem horyzontu (dołowanie). Gwiazdy, które znajdują się blisko bieguna północnego niebieskiego są zawsze nad horyzontem, a gwiazdy znajdujące się blisko bieguna niebieskiego południowego znajdują się zawsze pod horyzontem, czyli są one niewidoczne dla obserwatora. Natomiast równoleżniki, po których poruszają się gwiazdy wschodzące i zachodzące zgrupowane są w pobliżu równika niebieskiego i przecinają horyzont w dwóch punktach. Gdy gwiazda wylania się spod horyzontu mówimy wówczas o wschodzie gwiazdy, gdy chowa się za linią horyzontu mówimy wówczas o zachodzie gwiazdy. Dodajmy, że wszystkie gwiazdy wschodzą po wschodniej stronie sfery niebieskiej a zachodzą po zachodniej stronie sfery niebieskiej. Punkty wschodu lub zachodu obserwowanej gwiazdy nie należy mylić z punktami kardynalnymi E i W.



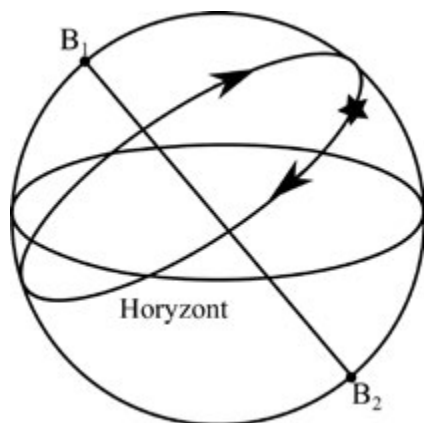
Rys. 5. Zależność ustawienia sfery niebieskiej od szerokości geograficznej  $\phi$  miejsca obserwacji.

Obserwując ruch różnych gwiazd można dojść do wniosku, że wysokość gwiazdy w chwili kulminacji górnej oraz długość łuku równoleżnika widoczna nad horyzontem zależą od odległości kątowej jej równoleżnika od płaszczyzny równika. Tą odległość kątową w astronomii określamy jako deklinację gwiazdy. Inaczej mówiąc jest to kąt, jaki tworzy kierunek do gwiazdy z płaszczyzną równika niebieskiego (Rys. 6). Natomiast gwiazdy, które są położone nad równikiem w kierunku bieguna niebieskiego północnego mają deklinację dodatnią, na równiku mają deklinację równą zero, a pod równikiem mają deklinację ujemną. Ponadto biegun niebieski północny ma deklinację równą  $+90^\circ$ , a biegun niebieski południowy ma deklinację równą  $-90^\circ$ . Każda gwiazda odbywa ruch dobowy po



Rys. 6. Deklinacja gwiazdy.





Rys. 7. Ruch dobowy sfery niebieskiej.

właściwym równoleżniku w każdym dniu w ciągu roku (z wyjątkiem Słońca, Rys. 7).

Słońce jest gwiazdą najbliższą Ziemi i do jego ruchu dobowego po sferze niebieskiej stosujemy przedstawione w tym artykule prawidłowości. Słońce wylania się spod horyzontu po stronie wschodniej sfery niebieskiej a zachodzi po stronie zachodniej. Wschód Słońca to moment, w którym górny punkt tarczy słonecznej przekracza linię horyzontu, natomiast zachód Słońca to moment, w którym Słońce chowa się poniżej horyzontu.

Wydawać by się mogło, że Słońce „wschodzi” znad horyzontu, to tak naprawdę ruch Ziemi powoduje, że Słońce się pojawia. Iluzja poruszającego się Słońca wynika z faktu, że obserwatorzy ziemscy znajdują się w ruchomym układzie odniesienia. Ten pozorny ruch jest tak przekonujący, że wiele kultur zbudowało mitologie i religie wokół modelu geocentrycznego, który panował, dopóki Mikołaj Kopernik nie sformułował swojego modelu heliocentrycznego w XVI wieku.

W ciągu dnia wysokość Słońca nad horyzontem wzrasta do momentu górowania, a następnie maleje do chwili zachodu. Moment, w którym Słońce znajduje się w czasie górowania na południku niebieskim określamy jako południe słoneczne, a moment dołowania to północ słoneczna. W czasie górowania Słońce położone jest najwyżej nad linią horyzontu więc przedmioty na powierzchni Ziemi rzucają najkrótszy cień. Śledząc długość cienia rzucanego przez pionowo ustawiony pręt (gnomon) możemy prze-



Rys. 8. Zachód Słońca na Marsie – fotografia wykonana przez łazik Spirit (Foto. NASA).

konać się, że cień jest najkrótszy w chwili, gdy Słońce znajduje się najwyżej nad horyzontem. Cień gnomonu wskazuje wtedy kierunek N-S, a więc gnomon może służyć do wyznaczenia południka miejscowego (geograficznego). Część równoleżnika, po którym porusza się Słońce nad horyzontem nazywamy łukiem dziennym. Natomiast dzień to okres od wschodu do zachodu Słońca, a noc to okres od zachodu do wschodu Słońca. Okres czasu między dwoma kolejnymi górowaniami Słońca nazywamy dobą słoneczną.

dr hab. Marcin Wesołowski, prof. UR

Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych,  
Centrum Innowacji i Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej  
Uniwersytetu Rzeszowskiego.

#### LITERATURA:

- [1] Rybka, E., 1976, *Astronomia ogólna*, PWN, Warszawa.
- [2] Stodólkiewicz J. S., 1978, *Astrofizyka ogólna z elementami geofizyki*, PWN Warszawa.
- [3] Gronkowski P., Wesołowski M., 2014, *Podstawy astronomii sferycznej*, *Fizyka w Szkole z Astronomią*, nr 2, str. 10 – 16.
- [4] Gronkowski P., Wesołowski M., 2014, *Astronomia sferyczna w przykładach*, cz. I, *Fizyka w Szkole z Astronomią*, nr 4, str. 11 – 15.
- [5] Gronkowski P., Wesołowski M., 2014, *Astronomia sferyczna w przykładach*, cz. II, *Fizyka w Szkole z Astronomią*, nr 5, str. 16 – 18.

### W następnym wydaniu polecamy m.in.

- **CREDO-Maze: promieniowanie kosmiczne – zapomniani odkrywcy**

Za odkrywcę promieniowania kosmicznego uważa się Victora Franza Hessa, co niejako oficjalnie przyklepano nagrodą Nobla. Jeśli jednak zagłębić się w historię, okaże się, że sprawa wcale nie jest tak oczywista. W fizyce kwestia pierwszeństwa nie zawsze daje się ustalić ponad wszelką wątpliwość.