

# Dzień i noc na planetach Układu Słonecznego

Grzegorz DERFEL

Wędrowkę Słońca po sklepieniu niebieskim traktujemy jako dobrze znany rys codzienności. Jej osobliwości, takich jak wielomiesięczny „dzień polarny” lub fakt, że w południe Słońce znajduje się w północnej części nieba, nie da się wprawdzie doświadczyć na naszych szerokościach geograficznych, lecz zdajemy z nich sobie doskonale sprawę. Bardziej subtelne szczegóły ruchu pozornego Słońca (opisane np. w *Delcie* 3/1987 i 3/1989), a związane z eliptycznością orbity Ziemi, wymagają już uważnych obserwacji i pomiarów.

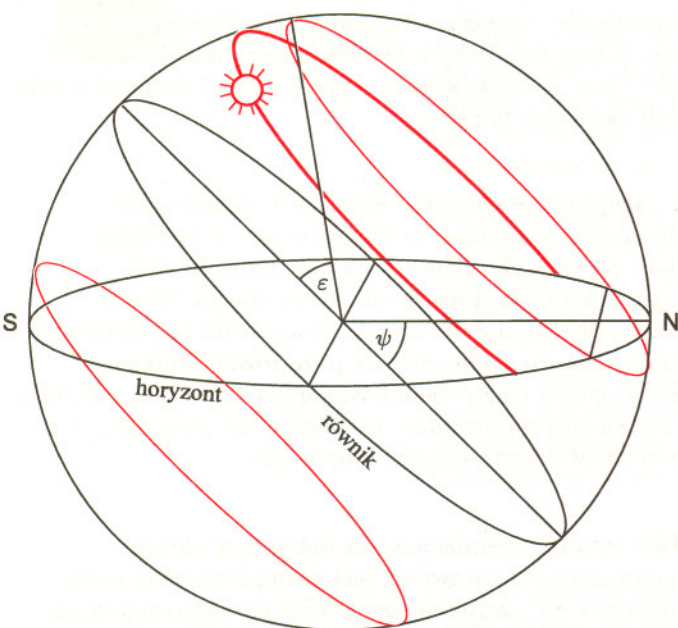
W artykule tym zastanowimy się nad tym, jak ruch Słońca wyglądałby z punktu widzenia obserwatorów przebywających na innych planetach Układu Słonecznego. Przedstawimy go w sposób przybliżony, wystarczający dla zaznaczenia różnic i podobieństw w stosunku do naszych ziemskich doświadczeń. W tym celu założymy, że planety krążą po orbitach kołowych ruchem jednostajnym. (W odniesieniu do Merkurego zrezygnujemy z tego założenia.)

W przypadku czterech gazowych olbrzymów musimy wyobrazić sobie, że obserwator znajduje się w górnych partiach ich atmosfer, skąd Słońce może być widoczne. Pominiemy też różnice w prędkościach obrotu na różnych szerokościach geograficznych tych planet.

W przypadku Wenus przedstawiony niżej opis ma charakter raczej teoretyczny, gdyż tarcza słoneczna nie jest widoczna z powierzchni planety spowitej grubą warstwą chmur.

Pojęcie dnia i nocy traci też swój potoczny charakter w odniesieniu do najdalszych mrocznych globów, Neptuna i Plutona, z których Słońce widoczne jest jako gwiazda (jednak wystarczająco jasna, aby jej światło odbite przez te planety, było dostrzegalne przez ziemskie teleskopy).

Pozorny ruch Słońca po sferze niebieskiej wynika ze złożenia dobowego ruchu obrotowego sfery niebieskiej z ruchem obrotowym związanym z okążaniem Słońca przez planetę. W ogólności Słońce odbywa ten ruch po zawilej linii spiralnej „nawiniętej” na sferę niebieską. Spirala ta mieści się w całości między okręgami wyznaczonymi przez maksymalną i minimalną wartość deklinacji Słońca  $\delta = \pm \epsilon$ , gdzie  $\epsilon$  jest kątem nachylenia płaszczyzny równika planety względem płaszczyzny jej orbity. (W szczególnym przypadku, gdy  $\epsilon = 0$ , spirala staje się okręgiem.) Widoczne za dnia łuki zakreślane przez Słońce są fragmentami tej linii wystającymi nad horyzont. Rysunek 1 pokazuje, jak te łuki powstają z przecięcia sfery niebieskiej płaszczyzną nachyloną pod kątem  $\psi$  względem równika, czyli płaszczyzną horyzontu na szerokości geograficznej  $\phi = 90^\circ - \psi$ . Osobliwy – bo niepodobny do ziemskiego – ruch Słońca ma miejsce wtedy, gdy kąt nachylenia  $\epsilon$  przyjmuje wartość znacznie odbiegającą od swojskich  $23^\circ$  lub gdy okresy obu składowych ruchów obrotowych są porównywalne.

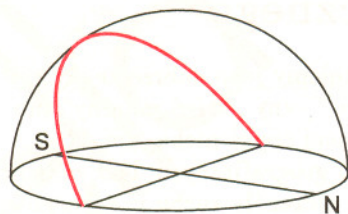


Rys. 1

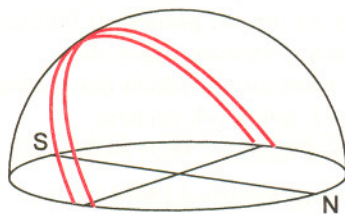
Na powierzchni planety można wyróżnić rejony polarne wyznaczone kołami podbiegunowymi, złożone z miejsc, w których dzień lub noc mogą trwać dłużej niż dobę. Ruchy Słońca widziane z takich punktów różnią się jakościowo od ruchów ograniczonych codziennymi wschodami i zachodami, jakie obserwuje się z miejsc położonych między kręgami polarnymi.

Na kolejnych rysunkach są pokazane tory, jakie Słońce zatacza na niebie kolejnych planet, obliczone dla dni wybranych tak, aby dać przykłady co ciekawszych przypadków. Parametry planet, brane pod uwagę, zgromadzone są w tabelce.

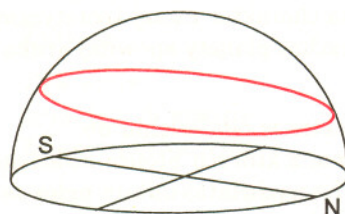
Planeta	Okres obrotu	Okres obiegu	Kąt $\epsilon$ między płaszczyzną orbity i płaszczyzną równika
Merkury	58 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	88,027 <sup>d</sup>	0,00°
Wenus	243 <sup>d</sup> 27 <sup>m</sup>	224,6 <sup>d</sup>	177,36°
Ziemia	23 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	365,26 <sup>d</sup>	23,44°
Mars	24 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	687,05 <sup>d</sup>	25,19°
Jowisz	9 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	4332,7 <sup>d</sup>	3,13°
Saturn	10 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	10759 <sup>d</sup>	25,07°
Uran	17 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	30685 <sup>d</sup>	97,86°
Neptun	16 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup>	60187 <sup>d</sup>	28,31°
Pluton	6 <sup>d</sup> 9,3 <sup>h</sup>	90474 <sup>d</sup>	122,51°



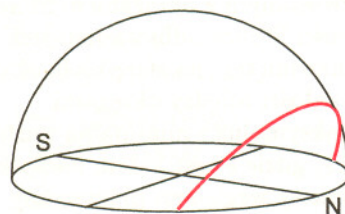
Rys. 2



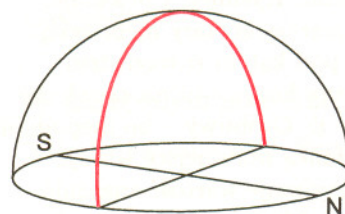
Rys. 3



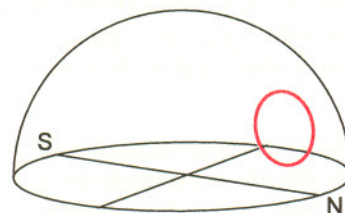
Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7

### 1. Merkury

Ponieważ oś obrotu jest prawie dokładnie prostopadła do płaszczyzny orbity, na Merkurym nie ma pór roku. Słońce wschodzi dokładnie na wschodzie i zachodzi dokładnie na zachodzie (rys. 2,  $\phi = 40^\circ$ ). Na każdej szerokości geograficznej dzień i noc trwają tyle samo. Z powodu działania sił przyptywowych ustalil się rezonans między okresem obrotu planety wokół osi a okresem jej obiegu wokół Słońca, wyrażający się stosunkiem 2 : 3. Doba gwiazdowa Merkurego liczy nieco ponad 58 dób ziemskich, podczas gdy jego rok gwiazdowy – 88. Wskutek tego dzień i noc zajmują następujące po sobie lata merkuriańskie na przemian i doba słoneczna na Merkurym trwa dwa takie lata. Orbita Merkurego ma największy mimośród spośród wszystkich planet Układu Słonecznego, wynoszący  $e = 0,206$ . Wiąże się z nim znacząco niejednostajny ruch planety po orbicie. W peryhelium prędkość kątowna w ruchu orbitalnym jest większa niż prędkość kątowna w ruchu wirowym. Konsekwencją takiej relacji jest niezwykle anomalia w pozornym ruchu Słońca po sklepieniu niebieskim. W okresie, gdy Merkury zbliża się do peryhelium, Słońce zatrzymuje się, zawraca w swoim ruchu po niebie, znów zatrzymuje się i podejmuje dalszą wędrówkę w zwykłym kierunku. Odcinek ruchu wstecz jest niewielki – jego rozmiar kątowny wynosi około 1 stopnia, a cała ewolucja trwa około dwóch ziemskich tygodni.

### 2. Wenus

Osobliwością Wenus jest nachylenie płaszczyzny równika do płaszczyzny orbity. Jego wartość – bliska  $180^\circ$  – oznacza, że Wenus wiruje w kierunku przeciwnym niż „normalne” planety. Obrót wokół osi jest najwolniejszy w Układzie Słonecznym: jego okres jest dłuższy od okresu obiegu. Słońce przesuwa się po niebie Wenus powoli: doba słoneczna trwa około 117 ziemskich dni. Kręgi polarne ograniczają bardzo małe obszary poza równoleżnikami  $\pm 87,36^\circ$ . Zdarzają się okresy, gdy w ciągu wielu następujących po sobie dni łuki, zataczane przez Słońce, przechodzą na przemian raz wyżej, raz niżej (rys. 3,  $\phi = 50^\circ$ ). Jest to efekt porównywalnych długości doby i roku.

### 3. Ziemia

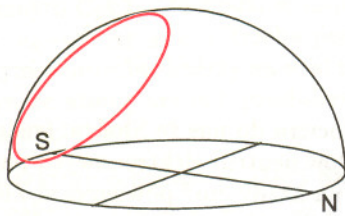
Rysunki 4 i 5 ilustrują dwie sytuacje wymienione na wstępie, w okresie przesilenia letniego. Na pierwszym przedstawiony jest okrąg zataczany przez Słońce w ciągu doby, widoczny z  $85^\circ$  szerokości geograficznej północnej, a na drugim łuk, widoczny z  $40^\circ$  szerokości geograficznej południowej ze Słońcem przemierzającym północną połowę nieba.

### 4. Mars

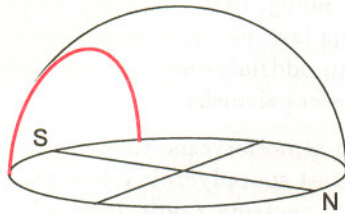
Kąt  $\epsilon$  Marsa jest bliski kątowni dla Ziemi. Z jego powierzchni widzielibyśmy bardzo „ziemski” w charakterze ruch Słońca.

### 5. Jowisz

Małe nachylenie płaszczyzny równika względem płaszczyzny orbity i najszybszy w Układzie Słonecznym ruch wirowy to dwie cechy decydujące o charakterze ruchu Słońca na niebie Jowisza. Nawet w okresie przesileni punkty wschodów i zachodów nie są znacząco odsunięte od kierunków E i W (rys. 6,  $\phi = 0^\circ$ ).



Rys. 8



Rys. 9

## 6. Saturn i Neptun

Planety te charakteryzują się kątami  $\epsilon$  nieco tylko większymi od ziemskiego. Rozkład łuków zakreślanych przez Słońce jest więc podobny, lecz cała linia spiralna jest „nawinięta” znacznie ściślej.

## 7. Uran

Uran wyróżnia się kątem nachylenia  $\epsilon$  bliskim  $90^\circ$ . Kręgi polarne nie odpowiadają swojej nazwie, ponieważ są nimi równoleżniki  $\pm 7,86^\circ$ , a więc bliskie równika. Oznacza to, że na prawie całej planecie mogą występować dnie i noce polarne. Rysunki 7 i 8 przedstawiają przykłady okręgów zataczanych przez Słońce w ciągu doby podczas trwających kilkadziesiąt ziemskich lat dni polarnych, odpowiednio dla  $20^\circ$  szerokości północnej i  $40^\circ$  szerokości południowej. Zwrotniki Urana przesunięte są w okolice biegunów. Dzięki temu nad przeważającymi obszarami zdarza się górowanie Słońca w zenicie.

## 9. Pluton

W przypadku Plutona kręgi polarne wypadają na nieco mniejszej szerokości niż na Ziemi. Doba jest stosunkowo długa. Rysunek 9 pokazuje widok z równika w okresie przesilenia „zimowego”.



## Zadania

Redaguje Łukasz WIECHECKI

Wbrew pozorom, w tym miesiącu wszystkie zadania są o jednokładności.

**M 871.** Niech  $R$  i  $r$  będą promieniami okręgu opisanego i wpisanego w dany trójkąt  $ABC$ . Udowodnić, że  $R \geq 2r$  i równość zachodzi wtedy i tylko wtedy, gdy  $\triangle ABC$  jest równoboczny.

Rozwiązanie na str. 10

**M 872.** Niech  $K$  będzie okręgiem opisanym na trójkącie równoramiennym  $ABC$ , w którym  $|AB| = |BC|$ , a  $S$  – okręgiem stycznym do boków  $AB$  i  $BC$  w punktach  $P$  i  $Q$  odpowiednio, oraz wewnątrz do okręgu  $K$  w punkcie  $D$ . Wykazać, że środek odcinka  $PQ$  jest środkiem koła wpisanego w  $\triangle ABC$ .

Rozwiązanie na str. 11

**M 873.** Niech czworokąt  $ABCD$  będzie kwadratem. Punkty  $P$  i  $Q$  leżą na bokach  $AB$  i  $BC$  odpowiednio, przy czym  $|BP| = |BQ|$ . Niech  $H$  będzie spodkiem wysokości trójkąta  $PBC$  opuszczonej z  $B$ . Wykazać, że  $\angle DHQ = 90^\circ$ .

Rozwiązanie na str. 11

Redaguje Ewa CZUCHRY

**F 493.** Przewrócony stożkowy lejek postawiono na równej poziomej płaszczyźnie. Węższy otwór lejka zakończony jest cienką rurką, przez którą można do wnętrza nalewać wodę. Okazuje się, że woda zaczyna wyciekać spod lejka, gdy wysokość jej poziomu w rurce wynosi  $h$ . Znaleźć masę  $m$  lejka, jeśli pole przekroju jego szerszego otworu wynosi  $S$ , a wysokość lejka równa jest  $H$ .  
Rozwiązanie na str. 8

**F 494.** Dwie kulki jednakowej wielkości, jedną lekką, a drugą ciężką, przymocowano do cienkiego pręta. Cięższa kulka znalazła się w środku pręta, a lekka na jednym z jego końców. Po zanurzeniu w niezbyt głębokiej wodzie swobodny koniec pręta opiera się o dno, a z wody wystaje tylko  $n$ -ta część lekkiej kulki. Czy układ ten będzie pływał, czy też utonie po przeniesieniu do głębszego miejsca? Można zaniedbać masę lżejszej kulki oraz pręta.

Rozwiązanie na str. 16

