



mała delta

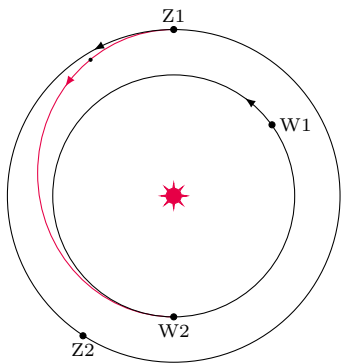
Jednostka Astronomiczna (j.a.), po angielsku AU (*Astronomical Unit*), to jednostka stosowana w pomiarach odległości, głównie w naszym Układzie Słonecznym. Wynosi ona 149 597 870 700 m, czyli tyle, ile wynosi średnia odległość Ziemi od Słońca.

W tym miesiącu nachylenie ekliptyki ziemskiej jest bardzo korzystne do obserwacji Wenus. Więcej na ten temat w artykule *Niebo w listopadzie*.

Wycieczka na Wenus

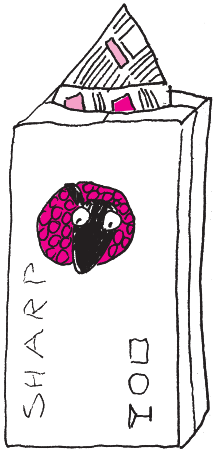
Zaraz po Słońcu i Księżycu Wenus jest najjaśniejszym obiektem widzianym na niebie. Oglądana nocą, przez wielu ludzi traktowana jest omyłkowo jako bardzo jasna gwiazda. Okrąży Słońce w odległości 0,723 j.a., więc jest planetą wewnętrzną (znajdującą się bliżej Słońca niż Ziemia). Dlatego z punktu widzenia obserwatora ziemskiego znajduje się ona na niebie w pobliżu Słońca – czasem bliżej, a czasem dalej. Jej największe oddalenie kątowe (elongacja) od Słońca dochodzi do około 48°. Gdy jest w elongacji zachodniej, wschodzi wcześniej niż Słońce i po wschodzie Słońca przestaje być widoczna. Przy maksymalnej zachodniej lub wschodniej elongacji widoczna jest na niebie tylko przez około 4 godziny. Kiedy jest w elongacji wschodniej, w ciągu dnia niewidoczna podąża na niebie za Słońcem. Dopiero po zachodzie Słońca staje się widoczna na południowo-zachodniej części nieba, świecąc jako Gwiazda Wieczorna. Odstęp czasowy pomiędzy największymi elongacjami – zachodnią i wschodnią – wynosi 440 dni ziemskich.

W starożytności Wenus wyróżniana była obok Słońca i Księżycy jako szczególne ciało niebieskie i kojarzona z boginią. U Greków była to bogini Jutrzenki Eos, która u schyłku nocy wyjeżdżała na niebo swoim rydwanem i rozpraszała mroki nocy. Dopiero po niej wyjeżdżał na niebo jej brat Helios, wioząc na rydwanie Słońce, i na Ziemi rozpoczynał się dzień. Gdy do obserwacji ciał niebieskich zaczęto używać lunet i teleskopów zwierciadłowych, astronomowie przyglądali się Wenus z uwagą. W XVII wieku odkryto, że planeta ma gęstą atmosferę, która nie pozwala dostrzec jej powierzchni. „Bogini” ukryła swe piękno pod nieprzezroczystą szatą, odbijającą około 76% światła słonecznego. Po odkryciu atmosfery przez długi czas wielu astronomów przypuszczało, że na powierzchni Wenus, pod ciepłą powłoką chmur znajduje się życie. Wyobrażano sobie, że pokryta jest egzotyczną roślinnością, drzewami, a wszystko to w ciepłym klimacie – wspaniały, planetarny raj. W czasach współczesnych planetę badały sondy kosmiczne: niektóre jedynie przy okazji „przelotu” obok planety, ale były i takie, które zostały wysłane z misją lądowania i zbadania powierzchni planety. O Wenus wiemy dużo, jednak nadal nie wszystko. Wybierzmy się zatem w podróż ku tej planecie, by jej się przyjrzeć. W tym celu po pierwsze należy wyznaczyć orbitę, po której popędzi nasz statek kosmiczny. Wśród kilku możliwych orbit wybieramy taką, przy której zużycie energii będzie najmniejsze – to obniży koszty podróży. Takie orbity obliczył w XX w. niemiecki uczoney Walter Hohmann.



Orbita transferowa Hohmanna umożliwia manewr zmiany orbity kołowej statku kosmicznego na wyższą lub niższą, przez dwukrotne użycie silników. W centrum znajduje się Słońce. W1 oraz W2 oznaczają położenia Wenus w stosunku do Słońca, natomiast Z1 i Z2 analogiczne położenia Ziemi.

Orbita Hohmanna, którą wybraliśmy ze względów ekonomicznych, przedstawiona jest na rysunku obok. Początkowo nasz statek kosmiczny okrąży Ziemię jak satelita po tzw. orbicie parkingowej (bez napędu). Czekamy na moment, w którym przejdziemy na eliptyczną orbitę Hohmanna. Gdy Ziemia znajdzie się w punkcie Z1, a Wenus w punkcie W1, włączamy silniki przyspieszające ruch, wchodzimy na orbitę Hohmanna i wyłączamy silniki. W tym momencie rozpoczynamy beznapędowy ruch po eliptycznej orbicie. Po upływie około 146 dni ziemskich dotrzemy w pobliże Wenus, która znajdzie się w tej chwili w punkcie W2. Wenus podczas naszej podróży dokonała około 0,65 obiegu wokół Słońca, a Ziemia 0,40 obiegu (144°).



Wykorzystana przez nas orbita jest połową elipsy, której peryhelium jest w pobliżu punktu W2, natomiast aphelium w punkcie Z1. Teraz włączamy silniki, by uregulować prędkość i wejść na orbitę parkingową wokół Wenus. Przygotowujemy się do lądowania. Będzie to zadanie niebezpieczne, ale pod względem technicznym jesteśmy przygotowani do lądowania i pobytu na planecie. Wiemy już, że napotkamy wysokie temperatury i olbrzymie ciśnienia. Nasz lądownik i jego wyposażenie wykonane są w większości ze znanych, bardzo wytrzymałych materiałów pochodzących od węgla – fulerenów węglowych. Mają one niezwykle właściwości mechaniczne, elektryczne i termiczne. Nanorurki węglowe są około 13 razy lżejsze od stali, a przy tym ich mechaniczna wytrzymałość na odkształcenia jest ponad 50 razy większa niż wspomnianej już stali. Dzięki temu nasz lądownik nie jest zbyt ciężki, a równocześnie jest wytrzymały na wysokie ciśnienia.

Lądownik opuszcza statek kosmiczny i zanurza się w atmosferę planety. Statek kosmiczny z resztą załogi nadal krąży wokół planety. Pomiędzy lądownikiem, statkiem i Ziemią zachowana jest łączność radiowa i telewizyjna. Lądownik opada na specjalnym spadochronie. Na wysokości około 70 km wchodzimy w kilkukilometrową warstwę chmur utworzonych z mgieł i aerozoli. Są tu cząsteczki CO₂ i aerozol kwasu siarkowego. Kolejna warstwa chmur znajduje się na wysokości około 55 km. Tu atmosfera jest niespokojna, porywista i zakłóca opadanie lądownika, który zaczął się kołysać, gwałtownie przeniósł się w bok, to znów na chwilę zawisł. W chmurach dominuje CO₂. Na wysokości około 50 km nad gruntem jest trzecia – najniższa warstwa chmur. Odkąd lądownik zanurzył się w atmosferę, Słońce przestało być widoczne. Obłoki oprócz CO₂ zawierają kwas siarkowy o stężeniu ponad 70%, ponadto mamy tu też trochę kwasu solnego i fluorowodorowego. Gdy lądownik znajduje się kilka kilometrów nad gruntem, „obmywa” go gorący deszczyk – mżawka z kropelek kwasu siarkowego.



Rozwiązanie zadania F 1011.

Optymalne warunki poziomego lotu odpowiadają sytuacji, gdy energia potrzebna do podtrzymania lotu jest możliwie mała. Oznacza to, że prędkość powinna być jak najmniejsza, ale wystarczająca do wytworzenia siły nośnej równoważącej ciężar ptaka. Otrzymujemy warunek:

$$mg = \frac{1}{2} c_L \rho_p S v^2,$$

gdzie m jest całkowitą masą ptaka, a g przyspieszeniem ziemskim. Wewnątrz jednego rzędu ptaki mają bardzo podobną budowę i upierzenie, ale mogą znacznie różnić się rozmiarami. Za miarę wielkości ptaka przyjmijmy jedną z charakterystycznych długości l – np. rozpiętość skrzydeł. Zachodzi wówczas skalowanie: $m \propto l^3$ oraz $S \propto l^2$, gdzie znak „ \propto ” oznacza proporcjonalność. Podstawienie tych relacji do podanego wyżej równania na siłę nośną prowadzi do oszacowania: $v^2 \propto l$ i dalej do:

$$v \propto \sqrt{l} \propto m^{1/6}.$$

Wykonane bardzo trudne pomiary prędkości lotu ptaków względem powietrza (patrz: *PLoS Biology* 5, 1656 (2007)) prowadzą do empirycznego wzoru:

$$v \approx a m^\alpha$$

z $a \approx 16 \text{ ms}^{-1}$ oraz $\alpha = 0,13$. Podawane są też wyniki pomiarów prowadzące do oszacowania $v \propto l^{0,55}$, skąd wynika $v \propto m^{0,18}$ (Knut Schmidt-Nielsen, *Dlaczego tak ważne są rozmiary zwierząt*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994).

Lądowanie było udane. Dokonujemy oględzin okolicy, mierzymy parametry atmosfery, za pomocą wysięgników pobieramy próbki materiałów geologicznych, które będą badane na Ziemi. Nie wolno wychodzić z lądownika. Temperatura w otaczającej atmosferze wynosi 470°C. Ta gorąca atmosfera składa się w 97% z CO₂ i jest bardzo gęsta. Ciśnienie atmosferyczne jest olbrzymie, 90 razy większe niż na Ziemi. Gdyby człowiek wyszedł z lądownika w skafandrze, zostałby natychmiast zmiażdżony. Gęstość atmosfery przy takich jej parametrach wynosi około 64 kg/m³. Jest to około 46 razy więcej niż gęstość powietrza przy powierzchni Ziemi. Przyczyną wysokiej temperatury atmosfery jest efekt cieplarniany. Poprzez gęstą atmosferę dochodzi do powierzchni mała, ale wystarczająca do ogrzania planety część światła słonecznego. Uzyskaną w ten sposób energię Wenus wysyła do atmosfery w formie promieniowania podczerwonego. Jednak nie przechodzi ono poprzez atmosferę do przestrzeni kosmicznej, ponieważ CO₂ jest dla tych fal nieprzezroczysty. Promieniowanie to ogrzewa atmosferę nad gruntem i stąd taka wysoka temperatura. Lądownik powoli przemieszcza się. Na postojach dokonujemy badań. Powierzchnia planety ma bogatą rzeźbę. Ukształtowała się pod wpływem aktywności wulkanicznej, która przed milionami lat była bardziej nasiloną. Teraz wulkany rzadziej dają znać o sobie. Rozległe równiny w większej części pokrywa zastygła magma. Tam, gdzie magma nie dotarła, widać więcej skał różnych wielkości oraz rumowiska. Równiny mają swoje nazwy zaznaczone na mapach, np. „Ziemia Afrodyty”, „Ziemia Isztar”. Ponad poziomy równin wznoszą się płaskowyże. Na Ziemi Isztar wznoszą się największe łańcuchy górskie, np. Maxwell Montes. Ich wulkaniczne szczyty są ogromne, niektóre sięgają około 11 km wysokości, a ich średnice nawet 100 km. Dużo tu wulkanów tarczowych.

W atmosferze ziemskiej prędkość dźwięku wynosi około 340 m/s. Na Marsie, gdzie też jest atmosfera z CO₂ – lecz zimna i bardzo rozrzedzona – prędkość dźwięku wynosi około 220 m/s.



Planeta jest tylko nieco mniejsza od Ziemi – jej średnica to 12 104 km. Natężenie pola grawitacyjnego na jej powierzchni jest mniejsze niż na Ziemi i wynosi około 8,9 N/kg, co stanowi około 90% przyspieszenia grawitacyjnego mierzonego na powierzchni Ziemi. Oznacza to, że na Wenus ważymy 90% tego co na Ziemi. Znając parametry atmosfery Wenus, obliczamy tamtejszą prędkość dźwięku: $V = 423,3$ m/s. Piszczalka jednostronnie otwarta o długości 19,3 cm na Ziemi wydaje ton a¹ o częstotliwości 440 Hz. Na Wenus identyczna piszczałka wydaje ton o częstotliwości 548,3 Hz. Jest to ton pośredni pomiędzy tonami c² i d².

Będąc na powierzchni Wenus, nigdy nie ujrzymy nieba usianego gwiazdami, nie ujrzymy też Słońca ani innych planet. Niebo planety jest wiecznie zakryte przez trzy grube warstwy chmur, powodujące panujący tu półmrok. Promieniowanie słoneczne w zakresie podczerwonych długości fal jest mocno rozpraszane na atomach CO₂ i mamy wrażenie, jakby ten półmrok był lekko zaczerwieniony. Znajdujemy obszar obłoku odrobinę jaśniejszy od otoczenia i domyślamy się, że to jest kierunek do Słońca. Jesteśmy w miejscu, które bynajmniej nie jest rajem, jak to sobie dawniej wyobrażano. To raczej piekło z wysoką temperaturą, przy wielkim ciśnieniu, które próbuje nas zgnieść, i jeszcze do tego ta złowieszczą czerwoną emanacją piekła zawieszona w atmosferze.

W niedalekiej odległości od nas odezwał się wulkan i wyrzucił z siebie rozpaloną lawę. Czym prędzej oddalamy się od wulkanu, aby uniknąć śmierci. Mijamy szerokie szczeliny, z których wydostaje się siarkowodor. Tam, gdzie byliśmy wcześniej, już dotarła lava. Wulkan jeszcze gwałtowniej wybuchł, przez co sytuacja stała się wysoce niebezpieczna. Wzmogły się błyskawice. Na Wenus są one częste, długotrwałe i przebiegają pomiędzy obłokami. Niemal zawsze najwięcej jest ich w pobliżu wulkanów. Wygląda na to, że Wenus jest niegościnną planetą, próbującą wszelkimi sposobami pozbyć się intruzów. Teraz jeszcze na dodatek „umila” nam pobyt opadem deszczowym z gorącego kwasu siarkowego. Decydujemy się na ucieczkę. Łądownik włączył silniki i startujemy ku obłokom. Mijamy trzy warstwy chmur i jesteśmy już na satelitarnej orbicie, krążąc wokół planety.

Połączyliśmy się z naszym statkiem kosmicznym. Wreszcie widzimy czarne niebo, na nim Słońce i przy nim Merkurego. Widać już też jasną planetę – to Ziemia, a obok niej Księżyc. Jesteśmy na orbicie parkingowej Wenus. Musimy poczekać na moment dogodny do startu ku Ziemi. W tym czasie dokonujemy dalszych badań planety, wysyłając fale radarowe ku jej powierzchni. Okazuje się, że jeden obrót Wenus wokół jej osi trwa 243 doby ziemskie. Ponadto, w odróżnieniu od innych planet Wenus obraca się wokół Słońca w przeciwną stronę. W wyniku złożenia się tych dwóch ruchów długość doby słonecznej na Wenus wynosi prawie 117 dni ziemskich. Jeden obieg planety wokół Słońca trwa 225 dni ziemskich – krócej niż obrót wokół osi. Jeden rok wenusjański ma 1,92 wenusjańskich dób słonecznych. Orbita tej planety jest niemal dokładnie okręgiem. Wenus nie ma księżyca, a nasz statek kosmiczny jest chwilowo jej jedynym sztucznym satelitą.

Gdy nadszedł odpowiedni moment, włączone zostały silniki i nasz statek wprowadzony został na orbitę eliptyczną Hohmanna. Orbita nasza jest drugą – symetryczną – częścią elipsy, po której pędziliśmy ku Wenus. Teraz rozpoczynamy powrotną, beznapędową podróż z peryhelium tej orbity do aphelium w okolicy Ziemi, która znów będzie trwała prawie 5 miesięcy. Pobyt na Wenus był wartościową misją badawczą i także wielką przygodą. Teraz jednak pędzimy ku Ziemi po torze o długości około 2,7 j.a., aby jak najszybciej znaleźć się w błękitnej kolebce ludzkości.

Zobacz też: „Wycieczka na Marsa”, Δ_{15}^8 .

Lech FALANDYSZ