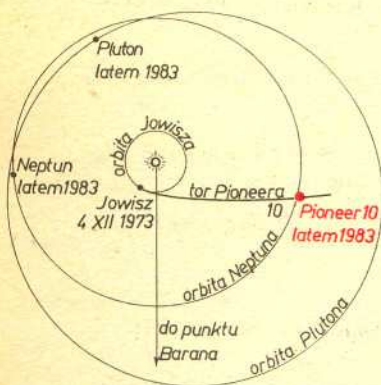


Pioneer 10 opuścił Układ Słoneczny

Dr Tomasz KWAST



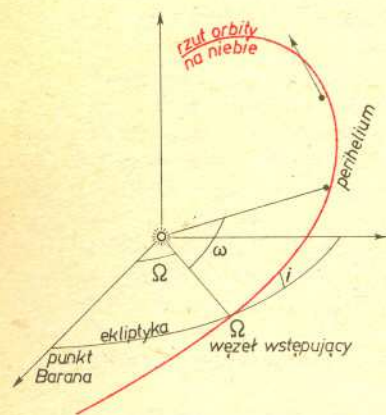
Rys. 1

Już dość dawno, bo w kwietniu 1983 r., prasa doniosła, że „amerykański próbnik kosmiczny Pioneer 10 dotarł poza orbitę Plutona i znalazł się 3 mld km od Ziemi”. Wprawdzie przytoczona tu liczba nie odpowiada rzeczywistości (Pluton zbliża się do Słońca, a więc praktycznie i do Ziemi, nie bardziej niż na ok. 4,5 mld km), ale faktem pozostaje, że pierwszy aparat zbudowany przez człowieka formalnie opuścił Układ Słoneczny. Dokładniej sytuacja wygląda następująco. Pluton obiega Słońce w średniej odległości $a_P = 39,8$ j.a. (tzw. jednostek astronomicznych; 1 j.a. = 150 mln km jest średnią odległością Ziemi od Słońca i przez to jest wygodną i powszechnie stosowaną jednostką odległości w obrębie Układu Słonecznego). Wskutek silnego spłaszczenia orbity (jej mimośród wynosi $e_P = 0,255$) zbliża się do Słońca w perihelium na odległość $a_P(1 - e_P) = 29,7$ j.a., a więc bywa bliżej Słońca, niż Neptun obiegający je po orbicie niemal kołowej o promieniu $a_N = 30,3$ j.a. Sytuacja taka trwa obecnie już prawie od początku 1979 r. i potrwa jeszcze kilka lat. Opuszczenie Układu Słonecznego przez sondę należy więc rozumieć w ten sposób, że znalazła się ona dalej od Słońca niż Pluton (w kwietniu) i dalej niż Neptun (w czerwcu 1983 r.) (rys. 1). Nawiasem mówiąc zarówno Neptun, jak i Pluton znajdowały się w tym czasie w zupełnie innych obszarach Układu Słonecznego niż sonda.

Warto też może przypomnieć, że Pioneer 10 wystartował z Ziemi 3 III 1972 i jako pierwsze urządzenie zbudowane przez człowieka dokonał ciasnego zbliżenia do Jowisza 4 XII 1973 przesyłając na Ziemię m.in. liczne obrazy tej planety. Po tym zbliżeniu próbnik leci już tylko pod wpływem grawitacji słonecznej po torze hiperbolicznym zmierzając ku gwiazdozbiorowi Bliźniąt.

Właśnie, a jak można się dowiedzieć, po jakiej orbicie porusza się interesujący nas obiekt? Na początek sprecyzujmy, co w ogóle rozumiemy przez „znajomość orbity” — oczywiście będziemy mieli na myśli zawsze krzywą stożkową. Intuicja podpowiada, że chcielibyśmy znać rozmiary, kształt i usytuowanie orbity w przestrzeni po to, aby móc obliczać położenia naszego obiektu w dowolnej chwili. Skądinąd wiemy, że położenie obiektu w dowolnym momencie może zostać obliczone w wyniku rozwiązania jego równań ruchu (różniczkowych) z konkretnymi warunkami początkowymi. Te właśnie warunki początkowe (trzy składowe położenia i trzy składowe prędkości ciała w chwili umownie uznanej za początkową) całkowicie określają dalszy jego ruch, mogą więc formalnie być używane jako parametry charakteryzujące orbitę. Jednak właściwie nic one nie mówią o jej mierzalnych parametrach i dlatego w astronomii stosuje się równoważne im inne sześć tak zwanych elementów orbity, mających bardzo przejrzysty sens geometryczny.

Tak więc rozmiary orbity w naturalny sposób reprezentuje jej duża półoś a , kształt zaś — mimośród e . Z kolei usytuowanie płaszczyzny orbity w przestrzeni określa się przy pomocy dwóch kątów: i — nachylenia jej do płaszczyzny ekliptyki oraz Ω — długości ekliptycznej wstępującego węzła orbity. Orientację samej orbity w jej płaszczyźnie określa tzw. długość orbitalna perihelium ω (rys. 2). Wreszcie szóstym elementem jest moment t_0 przejścia ciała przez perihelium.



Rys. 2

Wyznaczanie elementów orbit ciał niebieskich na podstawie ich obserwacji na niebie było kiedyś głównym problemem mechaniki nieba. Obecnie zeszło na dalszy plan, gdyż wykonywane jest standardowo i z reguły za pomocą komputerów. My jednak wyznaczmy orbitę Pioneer 10 niemal w pamięci, za to oczywiście tylko w przybliżeniu i nie z obserwacji, lecz z dość skąpych i mało dokładnych danych. Mamy mianowicie o nim następujące informacje:

— Leci prawie w płaszczyźnie ekliptyki, czyli $i = 0$.

— Znamy czas i miejsce jego „startu” z Jowisza, przy czym punkt ten jest zarazem w przybliżeniu perihelium orbity. Oznacza to, że $t_0 = 4$ XII 1973, zaś w stosownym roczniku astronomicznym odczytujemy, że Jowisz (a więc i próbnik) znajdował się wtedy w odległości $q = 5,1$ j.a. od Słońca i w długości ekliptycznej $\Omega + \omega = 318^\circ$.

— Z publikacji dowiadujemy się, że prędkość Pioneer 10 „w nieskończoności” wynosi $v_\infty = 11$ km/s. Stąd od razu obliczamy dużą półoś orbity $a = -GM_\odot/v_\infty^2 \approx -1,1 \times 10^{12} \text{ m} = -7,3$ j.a. (G jest tu stałą grawitacji, M_\odot masą Słońca, zaś ujemne a oznacza, że orbita jest hiperboliczna) oraz mimośród $e = 1 - q/a = 1,7$.

W ten sposób elementy orbity mamy wyznaczone. Niestety, są one tylko orientacyjne, ponieważ we wszystkich danych mieliśmy bardzo mało „miejsz po przecinku”. Położenia sondy obliczane na podstawie tych elementów będą, siłą rzeczy, obciążone sporymi błędami. Niemniej jednak zarówno obliczone przez nas elementy, jak i stosowne publikacje przedstawiają dość zgodnie orbitę Pioneer 10 w przybliżeniu jak na załączonym rysunku. Ocenia się ponadto, że średnią odległość Plutona osiągnie on gdzieś w 1986 r., 50 j.a. od Słońca w 1993, a 100 j.a. w 2013 r.

Ciekawe, z jakiej maksymalnej odległości prześle jeszcze na Ziemię informacje naukowe.