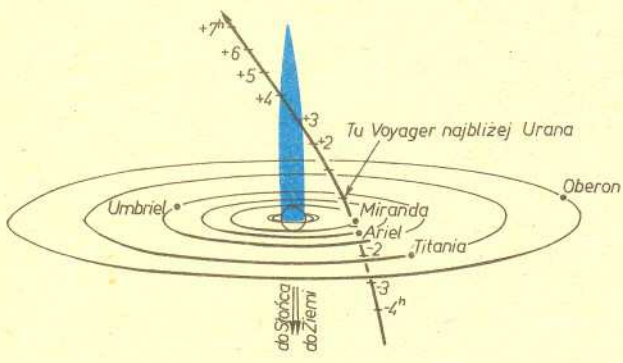


Jak już pisaliśmy (*Delta* 8/1986) — 24 I 1986 amerykańska sonda Voyager 2 minęła Urana (rys. 1). Spotkanie zakończyło się pełnym sukcesem, co jest tym bardziej imponujące, że po spotkaniu z Saturnem w 1981 r. uległy awarii radioodbiorniki Voyagera oraz mechanizm sterujący kamerami telewizyjnymi. Usterki te zostały zdalnie usunięte, tak że przelot koło Urana został w pełni wykorzystany. Zauważmy przy tym, że sygnał radiowy do Saturna leci już ponad 10 minut, do Urana zaś dwukrotnie dłużej.



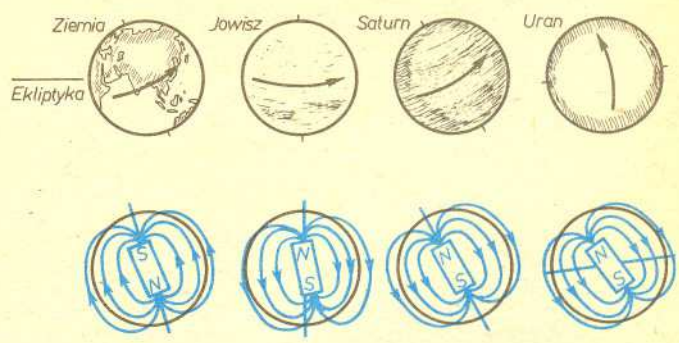
Rys. 1. Trasa przelotu Voyagera 2 w pobliżu Urana.

Obserwacje prowadzone z Ziemi nawet za pomocą najpotężniejszych teleskopów nie są w stanie ujawnić żadnych szczegółów na tarczy Urana. Okazało się, że ta wodorowo-helowa planeta nawet z bliska ma wygląd zielono-niebieskiej, niemal jednolitej kuli, czyli chmur w atmosferze praktycznie nie widać. Za tę barwę odpowiedzialny jest następnym (po wodorze i helu) składnik atmosfery Urana — metan — który szczególnie silnie absorbuje promieniowanie czerwone. Sporadycznie dostrzegalne chmury pozwoliły na bezpośrednie sprawdzenie okresu rotacji Urana, a w każdym razie jego wysokich warstw atmosfery. Okres ten jest rzędu  $-16^h$  i jest różny w różnych szerokościach geograficznych, przy czym różnice sięgają godziny. Dowodzi to istnienia silnych systematycznych wiatrów.

Ujemny okres obrotu oznacza, że planeta wiruje w kierunku wstępnym, czyli przeciwnym do kierunku obiegu wokół Słońca. Północny biegun świata na Uranie ma współrzędne  $\alpha = 17^h09^m$ ,  $\delta = -15^{\circ}05'$  i leży zaledwie  $8^{\circ}$  na północ od płaszczyzny orbity, blisko gwiazdy  $\eta Oph$ . Voyager 2 zbliżając się do Urana „widział” w pełni oświetloną jego południową półkulę.

Osobny problem to wyznaczenie okresu rotacji sztywnego wnętrza planety. Wyznaczono go z obserwacji zmian pola magnetycznego i zmian gęstości uwieczonych w nim cząstek naładowanych, gdyż rozsądnym wydaje się założenie, iż pole magnetyczne jest sztywno związane z „twardym” (prawdopodobnie skalnym) jądrem planety (rys. 2). Jako wynik otrzymano  $-17^h14^m$ . Widać, że atmosfera rotuje szybciej, inaczej mówiąc — wiatry wieją przeważnie w kierunku obrotu Urana. Jak wiadomo na Ziemi również mamy przewagę wiatrów zachodnich, kłopot jednak w tym, że Ziemia jest nagrzewana głównie w strefie równikowej, podczas gdy Uran głównie w strefach polarnych. Badacze związani z misją Voyagera twierdzą zatem, że mechanizm tego zjawiska jest — jak na razie — nieznanym.

Uran jako całość jest w równowadze termodynamicznej z otoczeniem, tzn. z padającym nań promieniowaniem słonecznym. Niemniej jednak sondowania atmosfery planety wykazały pewne jej lokalne osobliwości. Sondowania te polegały na obserwacji krawędzi tarczy Urana w podczerwieni, przesłedzeniu przebiegu zakrycia gwiazdy  $\gamma Peg$  w nadfiolecie oraz obserwacji z Ziemi promieniowania radiowego nadajników sondy, gdy zniknęła za tarczą Urana, a następnie pojawiała się ponownie. Okazało się, że najwyższe warstwy atmosfery na oświetlonej stronie mają temperaturę 750 K, podczas gdy na stronie ciemnej 1000 K. Przepuszcza się, że nieoświetlone, a bardzo rozrzedzone górne warstwy atmosfery po prostu bardzo powoli stygną. Niżej



Rys. 2. Ustawienie dipola i schemat pola magnetycznego Ziemi, Jowisza, Saturna i Urana. Zwraca uwagę wyjątkowa niezgodność osi dipola magnetycznego i osi rotacji Urana — kąt między nimi wynosi około  $60^{\circ}$ .

temperatura dość gwałtownie spada i na poziomie ciśnienia 0,1 bara osiąga minimum równe 51 K. Głębiej znowu rośnie. Temperatury równika i bieguna są tam praktycznie jednakowe. Osobliwość stanowią pierścieniowe obszary wokół obu biegunów z temperaturą o kilka stopni niższą (w szerokościach  $\pm 30^{\circ}$ ).

Obszerna magnetosfera Urana obejmuje wszystkie jego pierścienie i większość satelitów. Skład chemiczny plazmy wewnątrz magnetosfery okazał się zdecydowanie inny niż na zewnątrz, mianowicie wewnątrz stwierdzono niedobór ciężkich jonów helu, węgla i tlenu. Liczba protonów i elektronów natomiast jest nie zmieniona. Ponieważ ciężkie jony pochodzą z wiatru słonecznego, widać, że magnetosfera skutecznie osłania Urana przed jego wpływem. Protony i elektrony znajdujące się wewnątrz magnetosfery muszą zatem pochodzić z samego Urana, z wysokich warstw jego atmosfery. Nie mogą natomiast pochodzić z lodowych powierzchni księżyców, bowiem obfitość protonów klóci się tu z niedoborem jonów tlenu.

Od 1977 r. znanych było dziewięć pierścieni otaczających Urana w płaszczyźnie jego równika (patrz tabela i rys. 3). Voyager 2 odkrył dziesiąty pierścień oznaczony 1986U1R. W tej chwili jest zupełną zagadką, jaki mechanizm powoduje, że są one tak wąskie i mają tak ostre brzożki, np. pierścień  $\gamma$  ma zaledwie 700 m szerokości. Analiza obditego od nich światła dowodzi, że składają się one z bryłek o rozmiarach rzędu metra. Struktura pierścieni wygląda inaczej, gdy ogląda się je na tle samego Urana, a inaczej — odtworzona na podstawie zakrycia gwiazdy lub przy patrzeniu ostro „pod Słońce”. Okazało się, że przestrzeń między dziesięcioma dobrze widocznymi pierścieniami wypełniona jest wieloma innymi, bardziej rozmytymi i zbudowanymi z mniejszych cząstek. Przy korzystnym oświetleniu cały układ pierścieni Urana przypomina wręcz pierścienie Saturna.

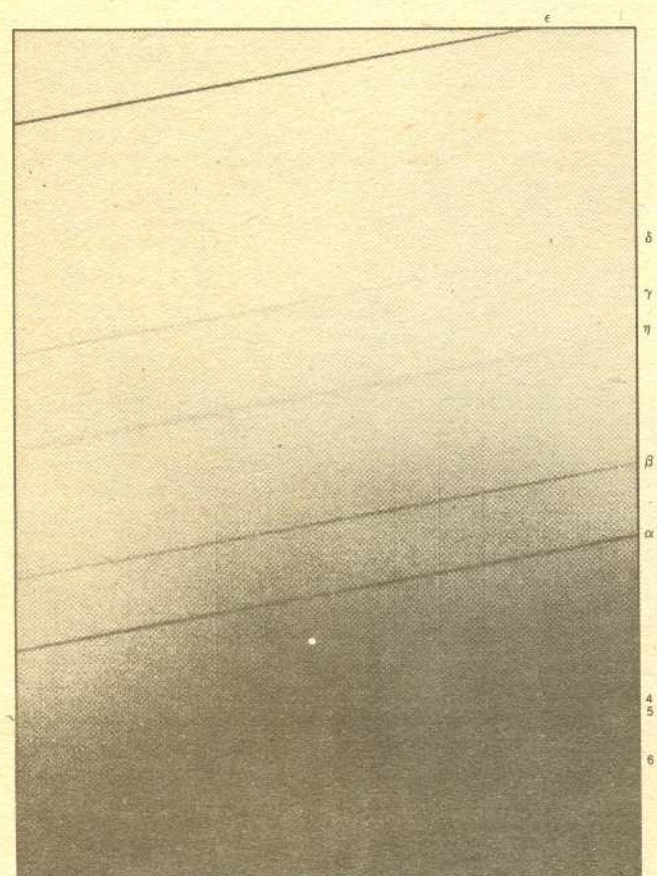
Osobny wreszcie rozdział „uranologii” to jego satelity (patrz tabela). Dotychczas wiadomo było o nich właściwie tylko tyle, że ich rozmiary zawierają się między 500 a 1600 km oraz że ich powierzchnie pokrywa lód. Zupełnym zaskoczeniem okazało się wykrycie przejawów geologicznej aktywności na tych zamrożonych globach. Otóż np. na Oberonie, na białym, a więc pokrytym rozkruszonym lodem, dnie niektórych kraterów uderzeniowych zaobserwowano ciemne plamy zinterpretowane jako osady pochodzące z brudnej wody wyciekającej z tych kraterów. Jest to jakby lodowy odpowiednik działalności wulkanicznej. Powstanie niektórych rowów na Titanii (rys. 4) i Arielu przypisuje się rozszadaniu zewnętrznej skorupy przez wodę zamarzającą w głębi gruntu. Niestety, nie bardzo przy tym wiadomo, jakie mogłyby być przyczyny okresowego topnienia zamarzliny. Umbriel, najmniejszy z pięciu wielkich satelitów, pozbawiony jest „promieni” pokruszonego lodu rozchodzących się od kraterów uderzeniowych; nie wiadomo w tej chwili, dlaczego tak jest. Ściśle mówiąc, tylko jeden jego krater ma białe dno, tzn. tylko jeden krater ukazuje czysty lód spod ciemnej warstwy pyłu pokrywającego całego satelitę. Najbardziej zagadkowe formacje geologiczne znaleziono na Mirandzie (rys. 5). Szeregi równoległych wałów i rowów układają się tam w jakies dość



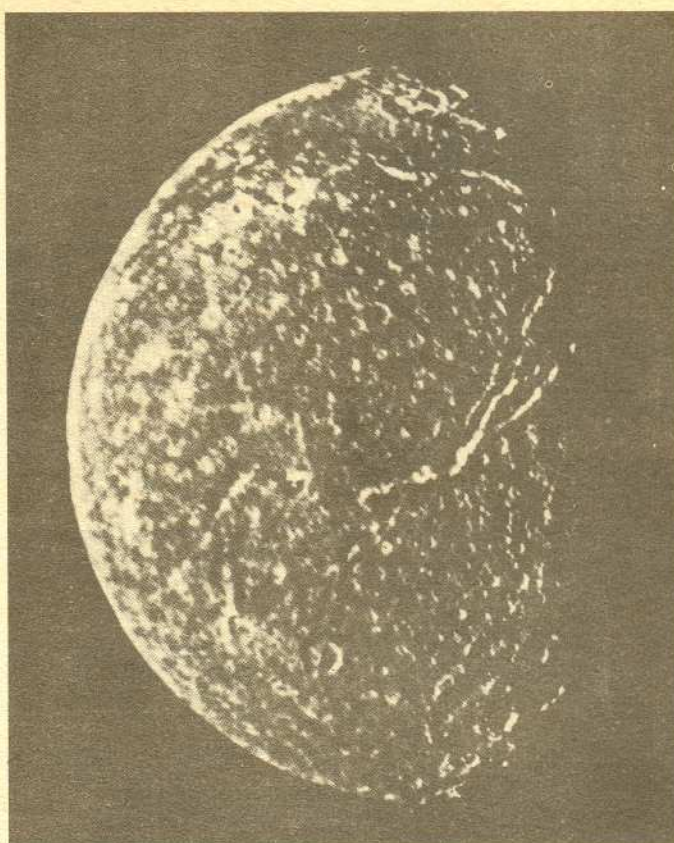
regularne figury. Przypuszcza się, że Miranda powstała ze zlepiania się wielkich brył skalnych i lodowych i owe geometryczne wzory są wynikiem tonięcia brył skalnych w bardziej plastycznym lodzie.

### Satelity i pierścienie Urana

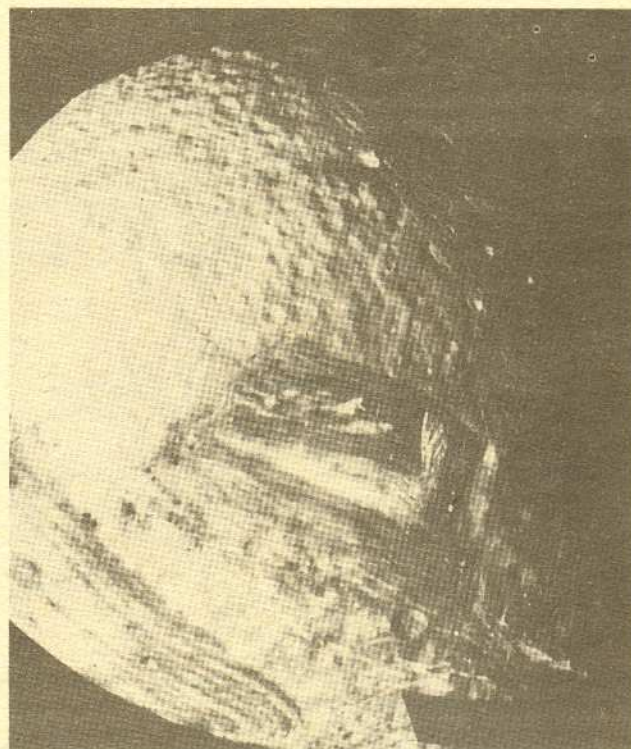
Nazwa lub oznaczenie (R oznacza pierścień)	Promień orbity lub promień pierścienia (km)
R 6	41 837
R 5	42 235
R 4	42 571
R $\alpha$	44 717
R $\beta$	45 659
R $\eta$	47 174
R $\gamma$	47 622
R $\delta$	48 296
1986U7	49 284
R $\epsilon$	51 145
1986U8	53 290
1986U9	59 080
1986U3	61 740
1986U6	62 690
1986U2	64 340
1986U1	66 080
1986U4	69 910
1986U5	75 080
1985U1	85 970
Miranda	129 400
Ariel	191 000
Umbriel	266 300
Titania	435 900
Oberon	583 400



Rys. 3. Dziewięć pierścieni widocznych na tle tarczy Urana.



Rys. 4. Titania widziana z odległości 370 000 km.



Rys. 5. Osobliwe formacje geologiczne na Mirandzie.

Misja Voyagera 2 dostarczyła wiele nowych informacji o siódmej planecie Układu Słonecznego, ale oczywiście nie wyjaśniła wszystkich zagadek. Ciągłe np. nie wiemy rzeczy chyba najważniejszej, mianowicie dlaczego Uran ma tak osobliwe ustawioną płaszczyznę równika, w dodatku zgodną z płaszczyzną orbit satelitów. Tak zresztą najczęściej jest, że nowe obserwacje stawiają badaczowi nowe pytania. Z całą pewnością powtórzy się to przy okazji spotkania Voyagera z Neptunem w 1989 r.