

# Cassini–Huygens – misja na Saturna

Paweł PIETRUKOWICZ

Saturn – szosta według odległości od Słońca planeta Układu Słonecznego była znana już w starożytności, ale dopiero skonstruowane w XVII wieku układy optyczne, jak luneta czy teleskop zwierciadlany, ukazały prawdziwe oblicze planety z pierścieniami. We wczesnych badaniach Saturna wstawili się Holender Christian Huygens (1629–1695), odkrywca największego księżyca planety Tytana oraz Francuz włoskiego pochodzenia Giovanni Domenico Cassini (1625–1712), który odkrył przerwę w pierścieniach i cztery kolejne satelity. Na ich cześć amerykańska agencja kosmiczna NASA nadała swojej sondzie-orbiterowi nazwę Cassini, a europejska ESA podczepionemu do sondy lądownikowi, który ma osiąść na powierzchni Tytana, nadała nazwę Huygens.

Pomysł wysłania sondy mającej szczegółowo zbadać układ Saturna narodził się już w pierwszych latach astronautyki (przełom lat 50. i 60. XX wieku), ale dopiero w latach 80. uzyskano fundusze i zaczęto poważnie planować przebieg takiej misji. Wówczas impulsem do realizacji projektu było mnóstwo niejasności i pytań pozostawionych bez odpowiedzi, które powstały po analizie danych przesłanych przez mijające Saturna próbniki Voyager 1 (VII 1980) i Voyager 2 (VIII 1981).

Misja Cassini-Huygens to najdroższa (około 3,5 mld dolarów) i trwająca wiele lat misja międzyplanetarna zorganizowana przez 28 państw, w tym Polskę. Jest to zarazem największa sonda wysłana kiedykolwiek przez człowieka, bowiem jest wielkości małego autobusu (długość 6,7 m). Start miał miejsce 15 października 1997 roku. W trakcie podróży do układu Saturna sonda mijiała Wenus (dwukrotnie: IV 1998, VI 1999), Ziemię (VIII 1999) i Jowisza (XII 2000). Przelot w pobliżu tych planet umożliwił wyłącznie grawitacyjne (bez zużycia paliwa) zwiększenie prędkości sondy. Wejście na orbitę wokół Saturna planowane było na 1 lipca 2004 r. Nie oznacza to jednak, że wszelkie eksperymenty naukowe na pokładzie sondy rozpoczęły się dopiero tego dnia. Już mijając Jowisza Cassini, wraz z okrążającym tę planetę od 1995 roku próbnikiem Galileo (patrz Delta 3/2004), prowadził intensywne badania jej atmosfery i magnetosfery. Ponadto precyzyjna analiza położenia Cassiniego w drodze do Saturna umożliwiła poszukiwanie fal grawitacyjnych i tym samym testowanie ogólnej teorii względności Einsteina.

Najważniejsze informacje, jakie dotychczas posiadamy o Saturnie, to między innymi jego parametry fizyczne, takie jak promień równikowy (60 000 km = 9,4 razy promień Ziemi), masa (95 razy masa Ziemi), okres rotacji (10 h 40 min). Wiadomo, że Saturn jest gazowym olbrzymem, a to, co obserwujemy, to atmosfera planety, składająca się w około 89% z wodoru cząsteczkowego, 11% z helu i domieszek metanu w postaci chmur. Co ciekawe Saturn ma średnią gęstość równą zaledwie 0,71 g/cm<sup>3</sup>. Gdybyśmy umieścili planety Układu Słonecznego w wielkim oceanie, to jako jedyny pływałby po powierzchni wody. Szybka rotacja powoduje, że Saturn jest silnie spłaszczony (promień biegunowy to 90% promienia równikowego); również i w tym jest rekordzistą wśród planet. W atmosferze wieją huraganowe wiatry osiągające prędkość 1800 km/h. Obserwacje w podczerwieni pokazały, że Saturn emituje o 87% więcej energii niż otrzymuje ze Słońca. Pomimo to temperatura umownej powierzchni planety wynosi zaledwie –180°C.

Wielką zagadką jest budowa wewnętrzna Saturna. Przypuszcza się, że planeta ta ma skalno-lodowe jądro wielkości 1/4 średnicy całego globu. Bardzo możliwe, że w warstwie powyżej jądra ciśnienie jest na tyle duże, że powłoki elektronowe atomów wodoru „zachodzą” na siebie i ośrodek staje się przewodzący, tak jak metal. Takie właściwości wnętrza planety mogą być odpowiedzialne za obecność silnego pola magnetycznego Saturna, które często przejawia się w postaci zórz polarnych. Dodatkowo, niedawne obserwacje Saturna, wykonane przez okrążającego Ziemię satelitę Chandra, wskazują na znaczną emisję





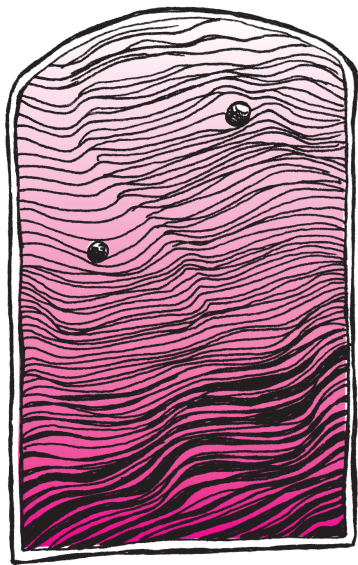
promieniowania rentgenowskiego z obszarów równikowych w porównaniu z obszarami polarnymi. Kontrastuje to z obserwacjami Jowisza. Wiele z tych wątpliwości ma rozwiązać właśnie sonda Cassini zaopatrzona w kamery wizualne z licznymi filtrami, spektrometry w zakresach od podczerwieni do nadfioletu czy magnetometr.

Prócz samego globu wielkim zainteresowaniem cieszą się oczywiście wspaniałe pierścienie Saturna, które rozciągają się już od 1,1 promienia planety (licząc od jej centrum), spośród których wyróżnia się siedem głównych pierścieni, oznaczonych literami kolejno (od Saturna): D, C, B, A, F, G, E. Nie są one tworem sztywnym, lecz składają się z ogromnej ilości brył wielkości od mikrometrów do kilku metrów, obiegających planetę z okresem od 5 godzin do kilku dni. Bryły te pokryte są lodem wodnym, dzięki czemu pierścienie bardzo dobrze odbijają światło słoneczne. Przerwy występujące pomiędzy głównymi pierścieniami oraz w nich samych są całkowicie puste albo wypełnione wyłącznie bardzo drobnymi bryłkami rzędu mikrometrów (jak np. przerwa Cassiniego pomiędzy pierścieniami A i B). Jest to rezultat oddziaływania grawitacyjnego, tzw. rezonansu z satelitami Saturna. Ponadto obserwuje się zmienność czasową pierścieni w postaci zgrubień, przeplatania się i ciemnych radialnych struktur. Bardzo możliwe, że owe ciemne pasma (tzw. szprychy) przemieszczają się po pierścieniach pod wpływem pola magnetycznego planety. Dzięki sondzie Cassini powinniśmy zmierzyć dokładnie grubość pierścieni, rozkład i wielkość brył, a także ich skład chemiczny. Intrygujące jest też pytanie o przeszłość i przyszłość pierścieni. Aktualna hipoteza mówi, że powstały przez rozpadnięcie się ciała (być może satelity Saturna) o średnicy do 400 km i będzie można je podziwiać jeszcze tylko przez kilka milionów lat.

Saturna otacza cała chmara satelitów, których naliczono aż 31 (stan na luty 2004). Są to głównie niewielkie i nieregularne ciała skalno-lodowe wielkości kilkudziesięciu kilometrów. Przykładowo satelita Pan wielkości około 20 km okrąża planetę wewnątrz przerwy Enckego (mieszczącej się w pierścieniu A), zaś para satelitów Prometeusz i Pandora (rozmiar rzędu 50 km) strzeże pierścienia F przed „rozpłynięciem się” w wyniku zderzeń cząstek tworzących ten pierścień. Stąd też tego typu księżycy nazywamy księżycami pasterskimi. Inny mały satelita – Phoebe (średnica około 220 km), który obiega Saturna w odległości aż 13 mln km (w przybliżeniu 34 razy dalej niż Księżyc Ziemi) w kierunku przeciwnym niż pozostałe satelity, jest prawdopodobnie przechwyconą planetoidą.

Księżycy średniej wielkości jak Rhea (średnica 1530 km), Dione (1120 km) czy Tethys (1050 km) to gęsto usiane kraterami kule pokryte lodem wodnym. Ciekawostką jest tu Iapetus (1440 km), którego powierzchnia dzieli się na dwa porównywalnej wielkości obszary, ale o drastycznie różnym stopniu odbicia światła (odpowiednio 50% i 3%). Cassini ma zbadać skład chemiczny tych obszarów. Być może ciemniejszy składa się z materii organicznej. Poza tym, być może sondzie uda się wyjaśnić, dlaczego powierzchnia Enceladusa (średnica 500 km) jest geologicznie młoda, o czym świadczy stosunkowo nieduża liczba kraterów, a także czy ten księżyc jest źródłem odłamków tworzących najbardziej zewnętrzną pierścień E.

Bez wątpienia ogromną zagadką jest największy księżyc Saturna – Tytan. Jego średnica wynosi 5150 km, co plasuje go na drugim miejscu (po Ganimesie obiegającym Jowisza) pod względem wielkości spośród satelitów planet. Tytan jest nawet większy od Plutona i Merkurego. Jako jedyny księżyc w naszym układzie planetarnym ma grubą atmosferę. Tak gęstą, że nawet kamery próbników Voyager nie mogły dostrzec niczego na powierzchni. W świetle widzialnym Tytan jawi się jako pomarańczowa kula bez żadnych widocznych struktur. Odnośnie atmosfery wiadomo, że jest około 10 razy grubsza od ziemskiej, a ciśnienie na powierzchni jest o 60% wyższe niż na Ziemi. Tworzą ją głównie cząsteczki azotu (95%) z domieszką metanu i etanu. Zdjęcia (niestety niewystarczającej rozdzielczości) wykonane przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a w podczerwieni ukazują obszary jaśniejsze i ciemniejsze na powierzchni.



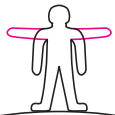
Uwzględniając fakt, że jej prawdopodobna temperatura to zaledwie  $-180^{\circ}\text{C}$  można snuć domysły, że występują tam morza płynnego etanu oraz stałe lądy.

Dokładną mapę powierzchni Tytana ma sporządzić radar sondy Cassini. Jednakże zasadniczą część informacji o tym obiekcie ma uzyskać lądownik Huygens, który obecnie jest przytwierdzony do sondy macierzystej. Kontrolerzy misji zaplanowali odłączenie na 25 grudnia 2004 r. (trzeci obieg Cassiniego wokół Saturna), a lądowanie na Tytanie na 14 stycznia 2005 r. W trakcie 2,5-godzinnego przelotu przez atmosferę Huygens ma zmierzyć jej parametry fizyczne (takie jak temperaturę, gęstość, przewodnictwo cieplne), zbadać skład chemiczny, oszacować prędkość wiatrów i wykonać kilkadziesiąt zdjęć. Warto tutaj odnotować, że przyrząd do pomiaru temperatury został skonstruowany przez naukowców z Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie. Po etapie opadania na spadochronach aparat jest przygotowany do lądowania na twardym gruncie albo w cieczy. Przewiduje się, że z powodu niskiej temperatury i stąd szybkiego rozładowywania się baterii misja na powierzchni potrwa do 30 minut. Dane z Huygensa mają trafić drogą radiową najpierw do sondy macierzystej, a dopiero potem na Ziemię.

Zakłada się wstępnie, że badania układu Saturna potrwają 4 lata. Przez ten czas Cassini okrąży planetę około 80 razy po różnej wielkości i różnie nachylnych orbitach, za każdym razem zbliżając się do Tytana i sporadycznie mijając inne księżyce. Jeśli po 2007 roku sonda będzie działać sprawnie, to być może wykona bardziej ryzykowne manewry, jak np. przelot przez pierścień G.



## Zadania



Rys. 1

Redaguje Mikołaj KORZYŃSKI

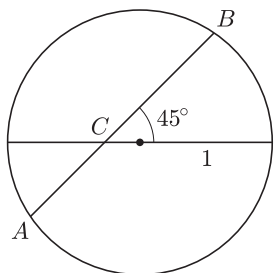
**F 631.** Polarnik stoi na biegunie północnym. W pewnym momencie unosi ręce do poziomu (rys. 1). Oszacować, o ile z tego powodu wydłuży się ziemską doba (gwiazdowa).

Rozwiązanie na str. 15

**F 632.** Ten sam polarnik rzuca śnieżką do celu odległego o 30 m pod kątem  $45^{\circ}$  do poziomu. O ile chybi celu z powodu siły Coriolisa? Pominąć wpływ powietrza.

Rozwiązanie na str. 16

Redaguje Waldemar POMPE



Rys. 2

**M 1078.** Liczby  $x$  i  $y$  są całkowite. Wykazać, że liczba  $2x + 3y$  jest podzielna przez 17 wtedy i tylko wtedy, gdy liczba  $9x + 5y$  jest podzielna przez 17.

Rozwiązanie na str. 16

**M 1079.** Cięciwa  $AB$  okręgu o promieniu 1 przecina pewną średnicę tego okręgu w punkcie  $C$  i jest nachylna do niej pod kątem  $45^{\circ}$  (rys. 2). Obliczyć  $AC^2 + BC^2$ .

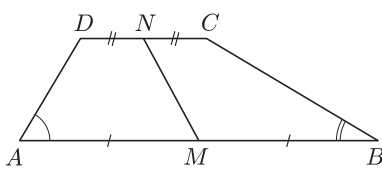
Rozwiązanie na str. 6

**M 1080.** W trapezie  $ABCD$  punkty  $M$  i  $N$  są odpowiednio środkami podstaw  $AB$  i  $CD$  (rys. 3) oraz zachodzi równość

$$MN = \frac{AB - CD}{2}.$$

Wykazać, że  $\sphericalangle BAD + \sphericalangle ABC = 90^{\circ}$ .

Rozwiązanie na str. 6



Rys. 3