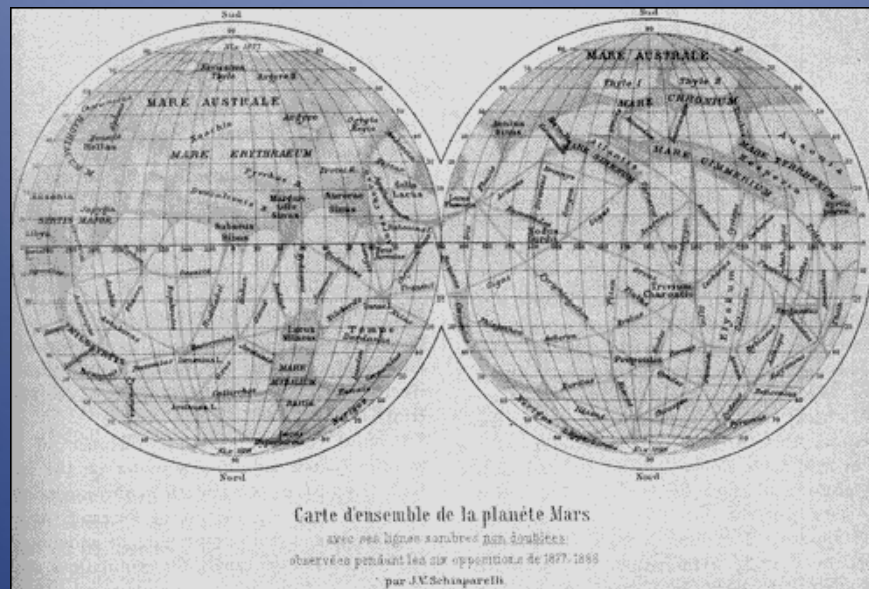


**ŻYCIE W  
UKŁADZIE  
SŁONECZNYM  
Ziemia**

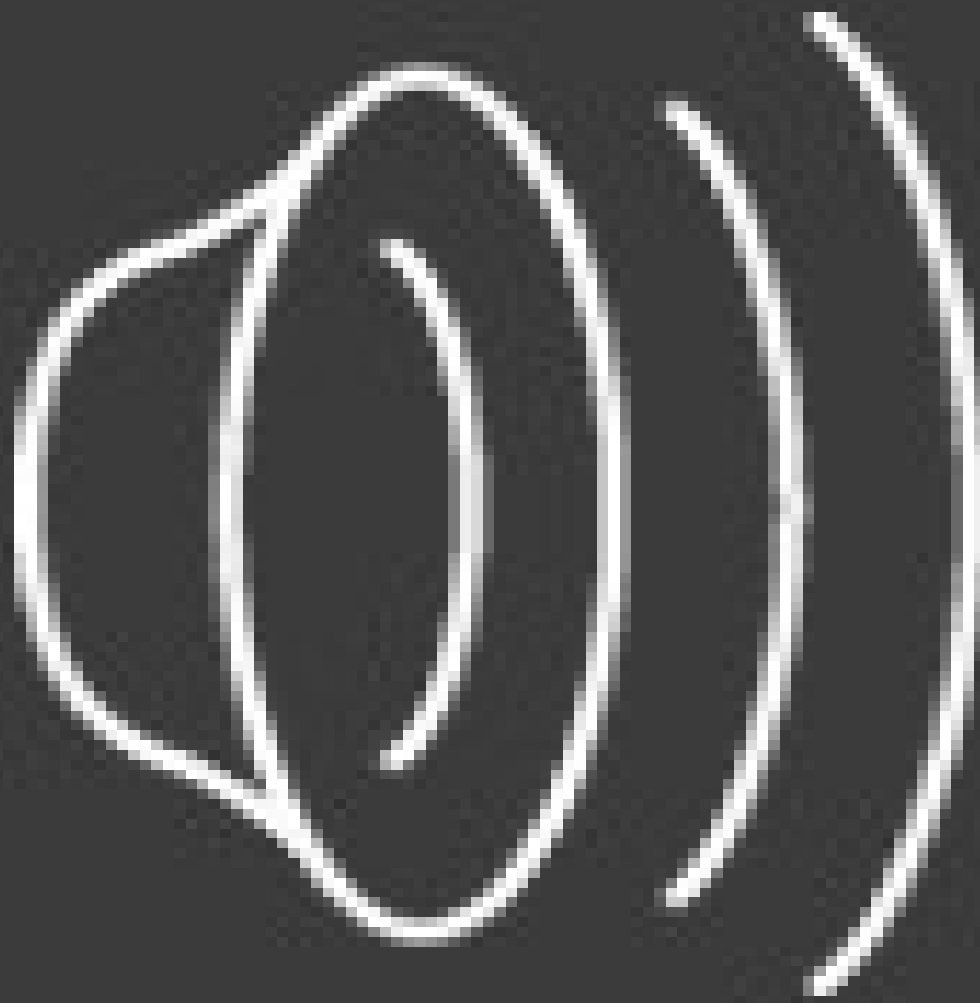
# Gdzie może istnieć życie?

- Od lat naukowcy zastanawiają się, gdzie może istnieć życie poza Ziemią.
- Ludzie wyobrażali sobie Marsjan – zielone ludziki, statki kosmiczne. W XIX wieku dostrzeżono kanały na powierzchni Marsa i stwierdzono, że są one sztuczne – i zbudowane przez ludzi żyjących na tej planecie.
- Na Marsie panują podobne warunki do tych ziemskich – podobna temperatura, ciśnienie itd.



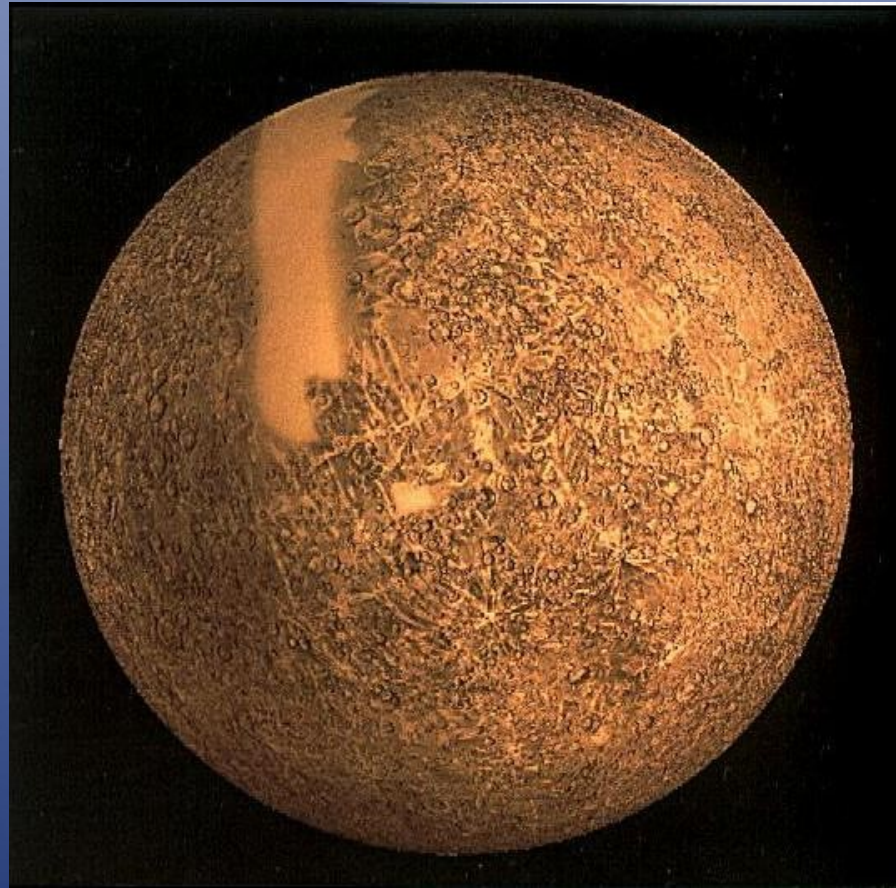
Kanały na Marsie





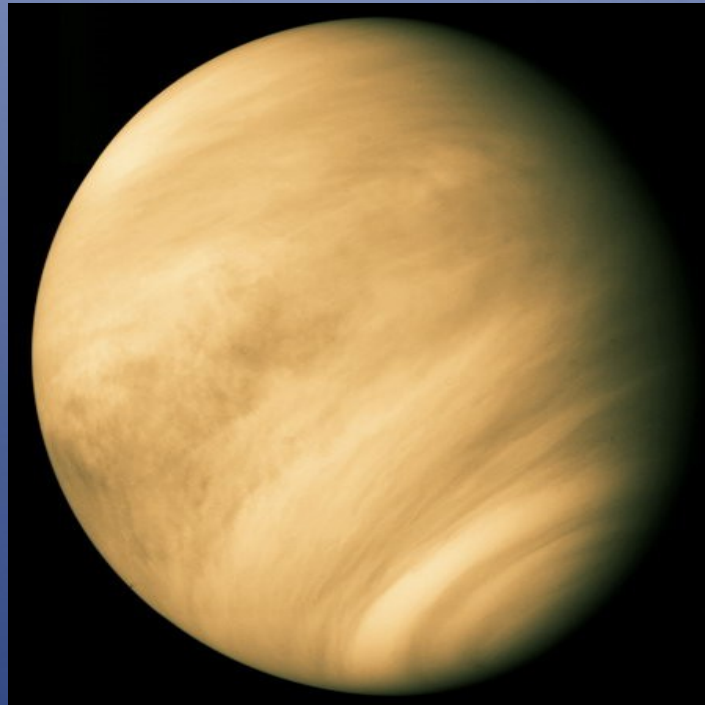
# Merkury

- Jest tam bardzo gorąco; w dzień temperatura wynosi 430 stopni Celsjusza. Za to w nocy może wynosić nawet -180 stopni. Jeden obrót wokół własnej osi trwa aż 58 dni. Jest oddalony od Słońca o około 58 mln km.



# Wenus

- Na tej planecie jest jeszcze goręcej niż na Merkury (to najcieplejsza planeta Układu Słonecznego) – temperatura na jej powierzchni przekracza  $470^{\circ}\text{C}$ . Na tej planecie jest efekt cieplarniany. Wenus ma gęstą atmosferę składającą się głównie dwutlenku węgla i kwasu siarkowego. Ciśnienie na tej planecie jest 90 razy większe niż to panujące na Ziemi!

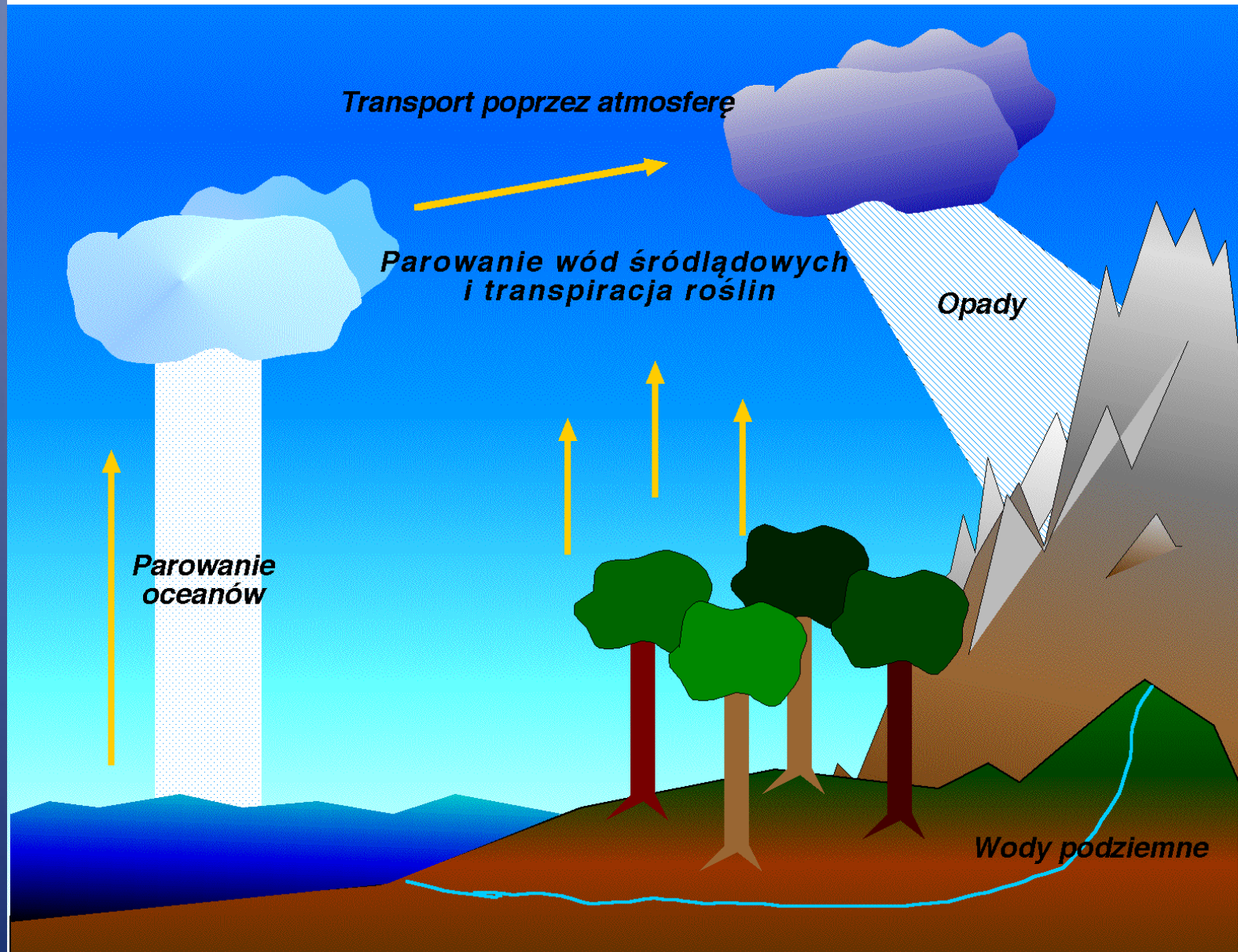


# Ziemia

- Podstawowe dane:
- pory roku
- temperatura – od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$
- średnie ciśnienie to ok. 950 hPa
- atmosfera zbudowana jest z azotu (78%), tlenu (21%) i innych, m.in. dwutlenku węgla
- Ziemia wytworzyła naturalne pole magnetyczne.
- średnia odległość od Słońca – 150 000 000 km



# OBIEG WODY W PRZYRODZIE



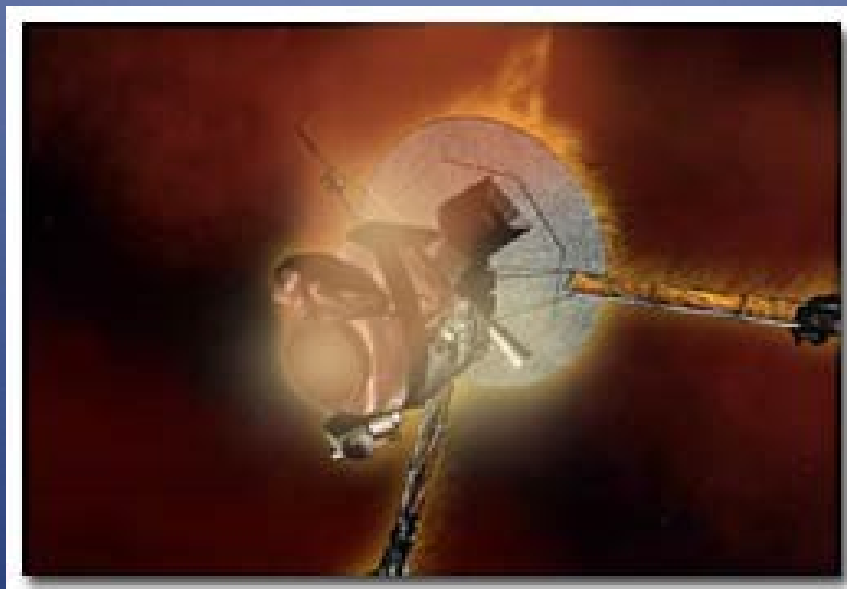


- Spójrzmy teraz na Ziemię z Kosmosu - jeśli chcemy mieć możliwość wydedukowania z obserwacji czy na odległych planetach pozasłonecznych może występować życie, to czemu nie sprawdzić najpierw technik badawczych na planecie, którą znamy, czyli na Ziemi?



# Czy znaleźlibyśmy życie na Ziemi?

- Takie pytanie zostało zadane komputerom i aparaturze naukowej automatycznej sondy kosmicznej Galileo. Sonda ta jednoznacznie odkryła ślady życia, utwierdzając nas w przekonaniu, że potrafimy wytropić przynajmniej niektóre jego przejawy.



# Co odkryto?

- silną absorpcję promieniowania na cząsteczkowym tlenie. Zakres tego zjawiska świadczy o wielkiej obfitości tlenu w atmosferze.
- stwierdzono dodatkowe minimum absorpcyjne, świadczące o obecności chlorofilu, co jest niezależnym argumentem na rzecz istnienia na Ziemi życia w jakiejś formie opartej na świetle słonecznym

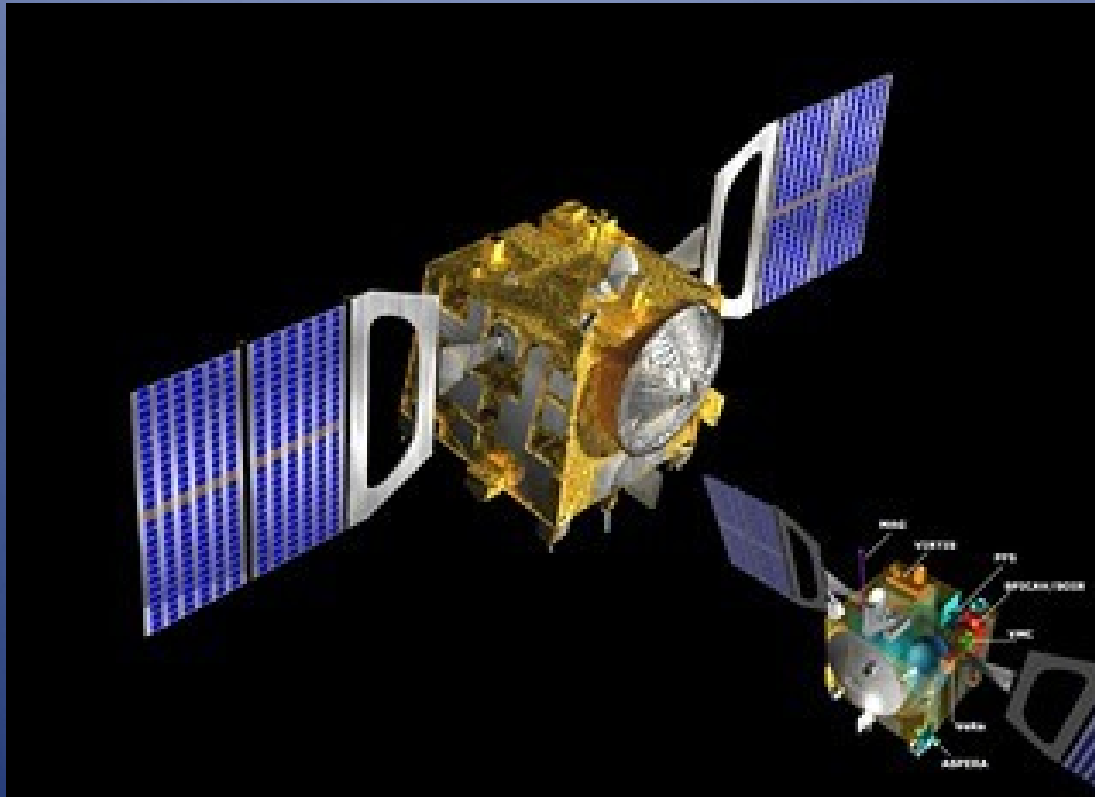
- wykryto też śladowe zawartości metanu (około 0,000 001 proc.). Ilość ta, chociaż mała, jest jednak za duża, aby mogła powstać w sposób naturalny
- zainstalowany na pokładzie sondy instrument do pomiaru fal plazmowych zarejestrował wąskopasmową, impulsową i modulowaną amplitudowo emisję radiową. Jej charakter wskazuje, że nie pochodzi ona ze źródeł naturalnych.



**Galileo (1989-2003)**

# Sonda Venus Express

- Również europejska sonda badająca Venus zwróciła swoje przyrządy w kierunku Ziemi. Przeprowadziła próbę sprawdzenia czy nasza planeta nadaje się do zamieszkania. Wykryła wodę i tlen w atmosferze.





# **Życie na Marsie**

# Porównanie z Ziemią

Jest planetą o połowę mniejszą od Ziemi, zaś jego powierzchnia i masa stanowią odpowiednio tylko 1/5 i 1/10 ziemskiej. Z racji swojej odległości od Słońca w takiej samej jednostce czasu na powierzchnię Marsa pada tylko 40% energii słonecznej, która dociera do Ziemi.





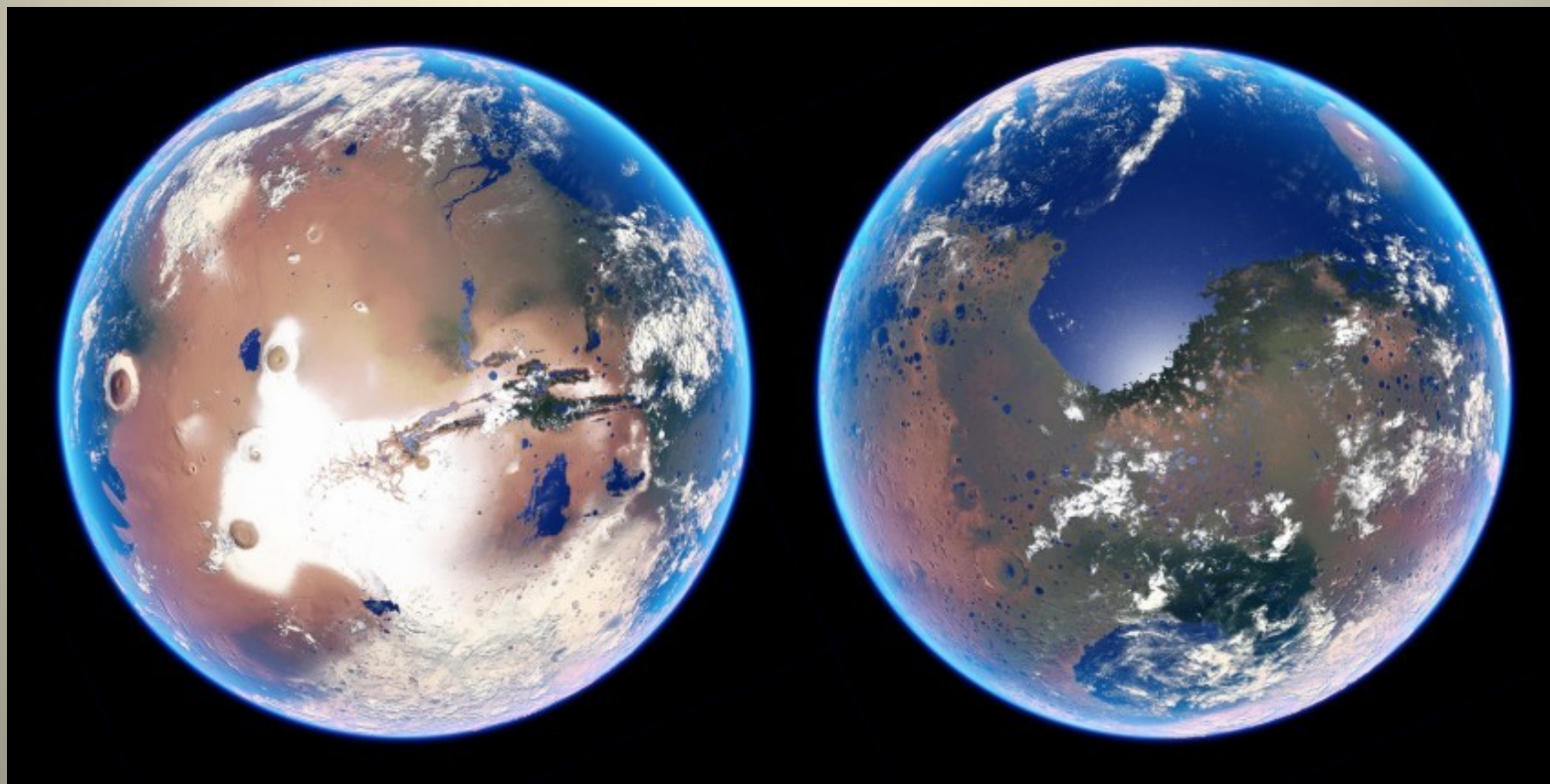
# Porównanie z Ziemią

	Mars	Ziemia
Średnia odległość od Słońca	227 936 637 km	149 597 890 km
Średnica równikowa	6 804,9 km	12 756,2 km
Długość roku	687 dni	365,256 dni
Długość doby	24 h 39 minut	24 h
Nachylenie orbity względem ekliptyki	1,850 61°	0,00005°
Satelity naturalne	2	1
Temperatura	-140 °C do 20 °C)	-70 °C do 80 °C



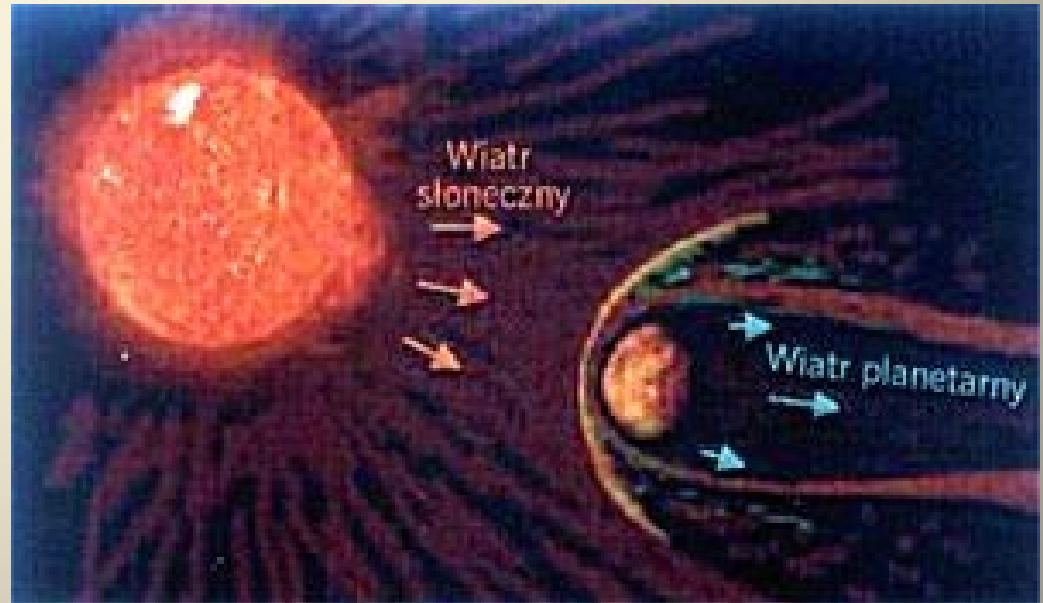
# Jak wyglądał Mars?

Przed milionami lat Mars z kosmosu wyglądał jak Ziemia. Był pokryty oceanami i prawdopodobnie gęstą roślinnością. Powierzchnie system rzek i mórz. Wyschnięte pozostałości po nich są na Czerwonej Planecie nawet dzisiaj jeszcze dobrze widoczne.



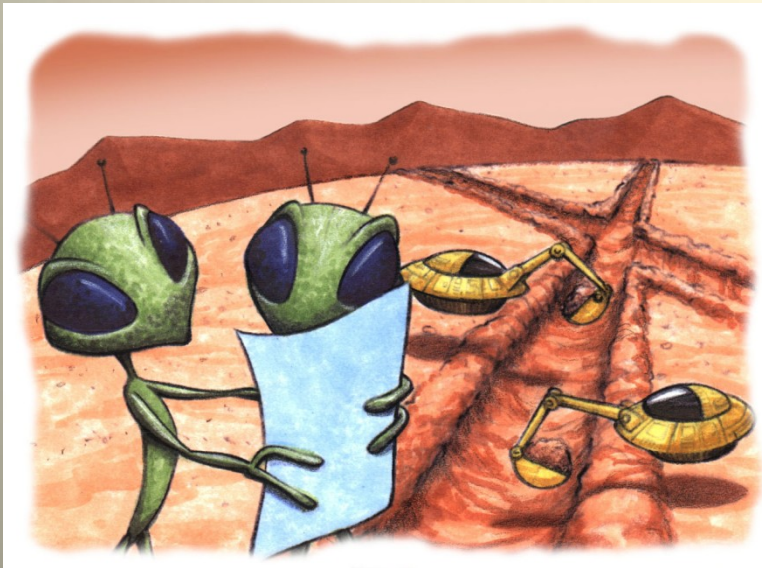
# Dlaczego na Marsie nie ma życia?

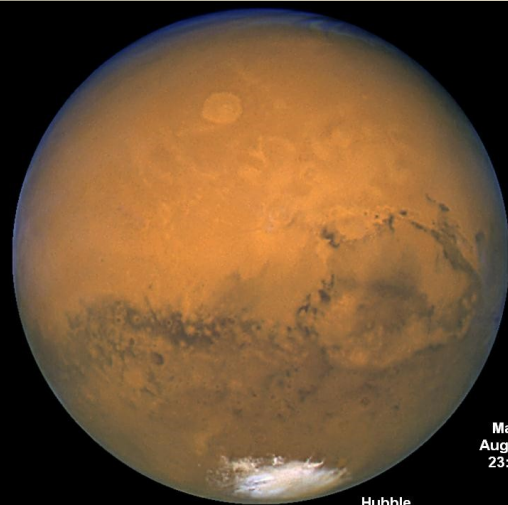
Powszechnie uważa się, że na Marsie nie ma życia z powodu jego zbyt małej masy, która w następstwie przyczyniła się do wywiania marsjańskiej atmosfery w kosmos, za sprawą wiatru słonecznego. Z powodu braku ochrony (w postaci atmosfery) na Marsie występują duże wahania temperatur, które utrudniają życie na czerwonej planecie.



# Kanały

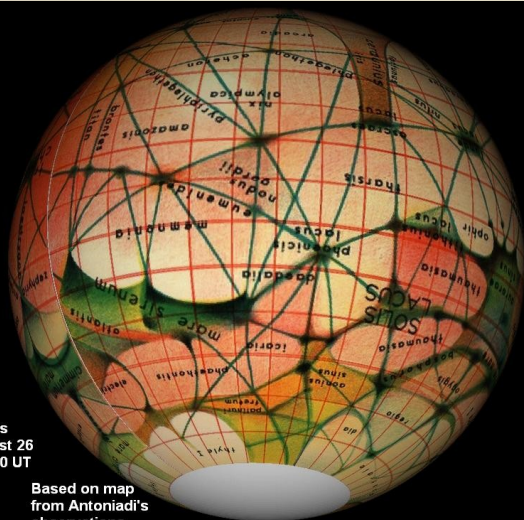
Zostały odkryte przez włoskiego astronoma, który określił je mało precyzyjnie jako *canals*, a w tłumaczeniu na angielski użyto słowa kanały, co sugerowało budowniczych. Szczególnym zwolennikiem tej tezy był Amerykański astronom Percival Lowell. Dziś już wiemy, że kanały są wyschniętymi rzekami, która niegdyś płynęły na Marsie.



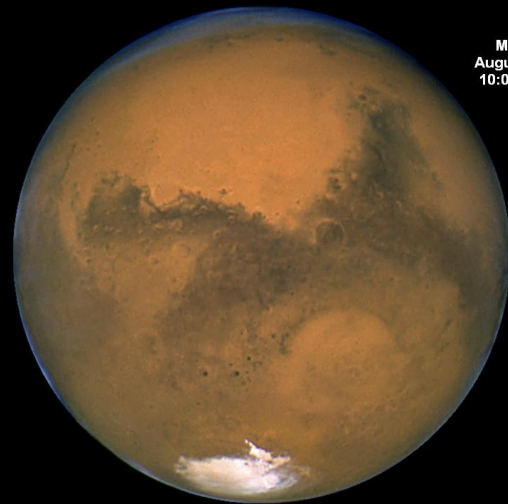


Hubble

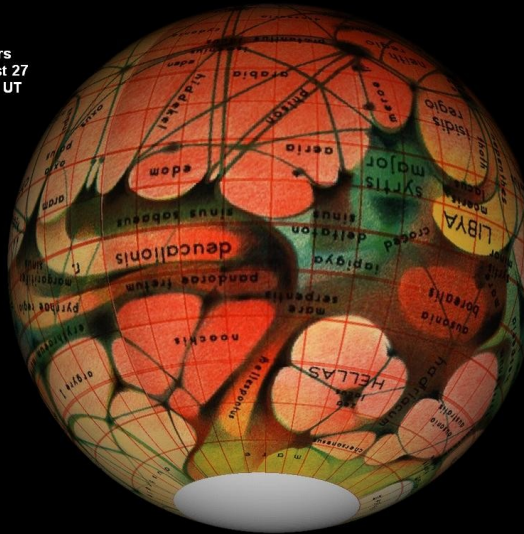
Mars  
August 26  
23:00 UT



Based on map  
from Antoniadi's  
observations

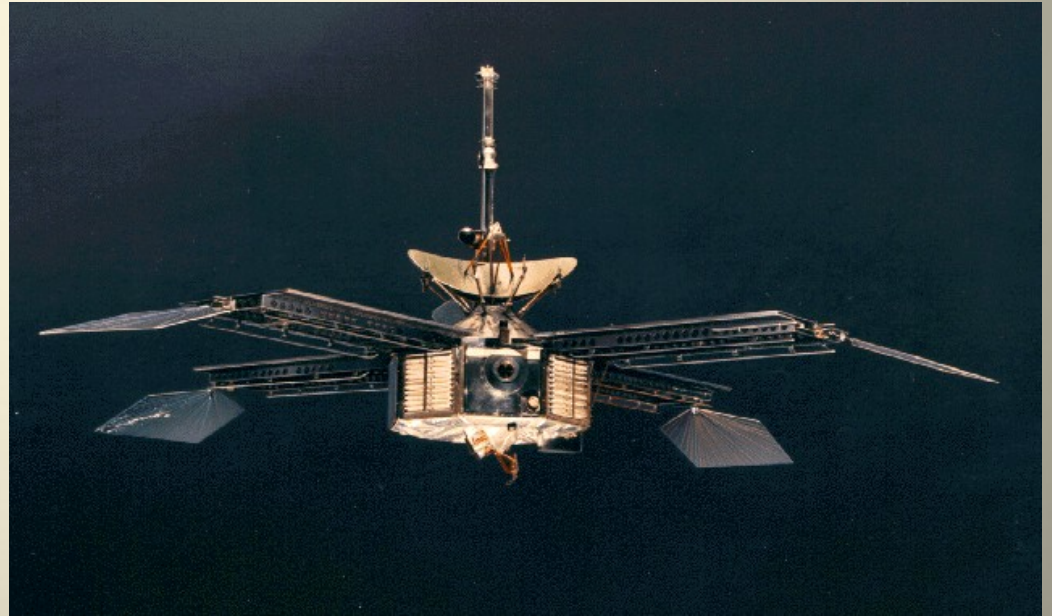
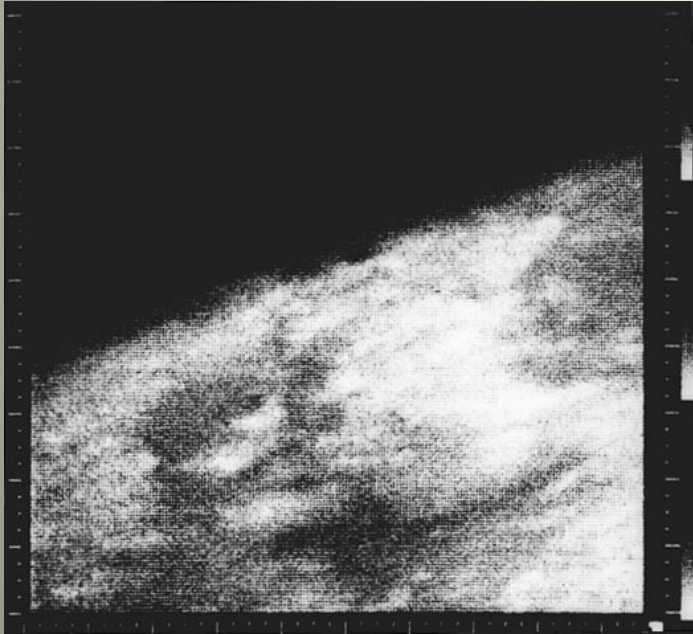


Mars  
August 27  
10:00 UT



# Pierwsze zdjęcia Marsa

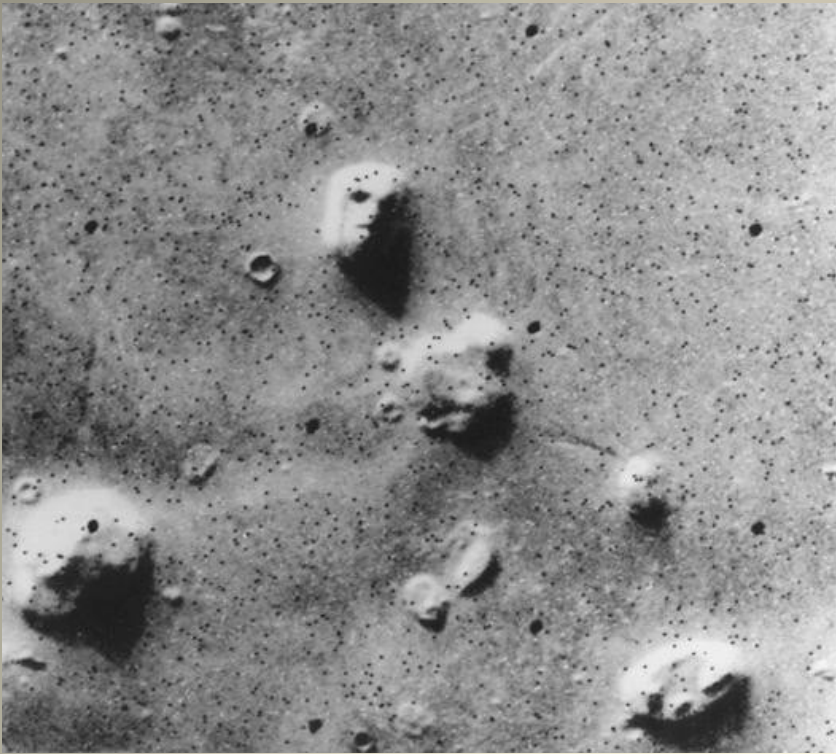
Mars można obserwować z Ziemi gołym okiem. Jednak nawet najlepsze teleskopy nie są w stanie wykonać szczegółowych zdjęć powierzchni. Pierwsze zdjęcia Marsa z bliska uzyskano dzięki sondzie Mariner 4 wystrzelonej 28 listopada 1964 r.



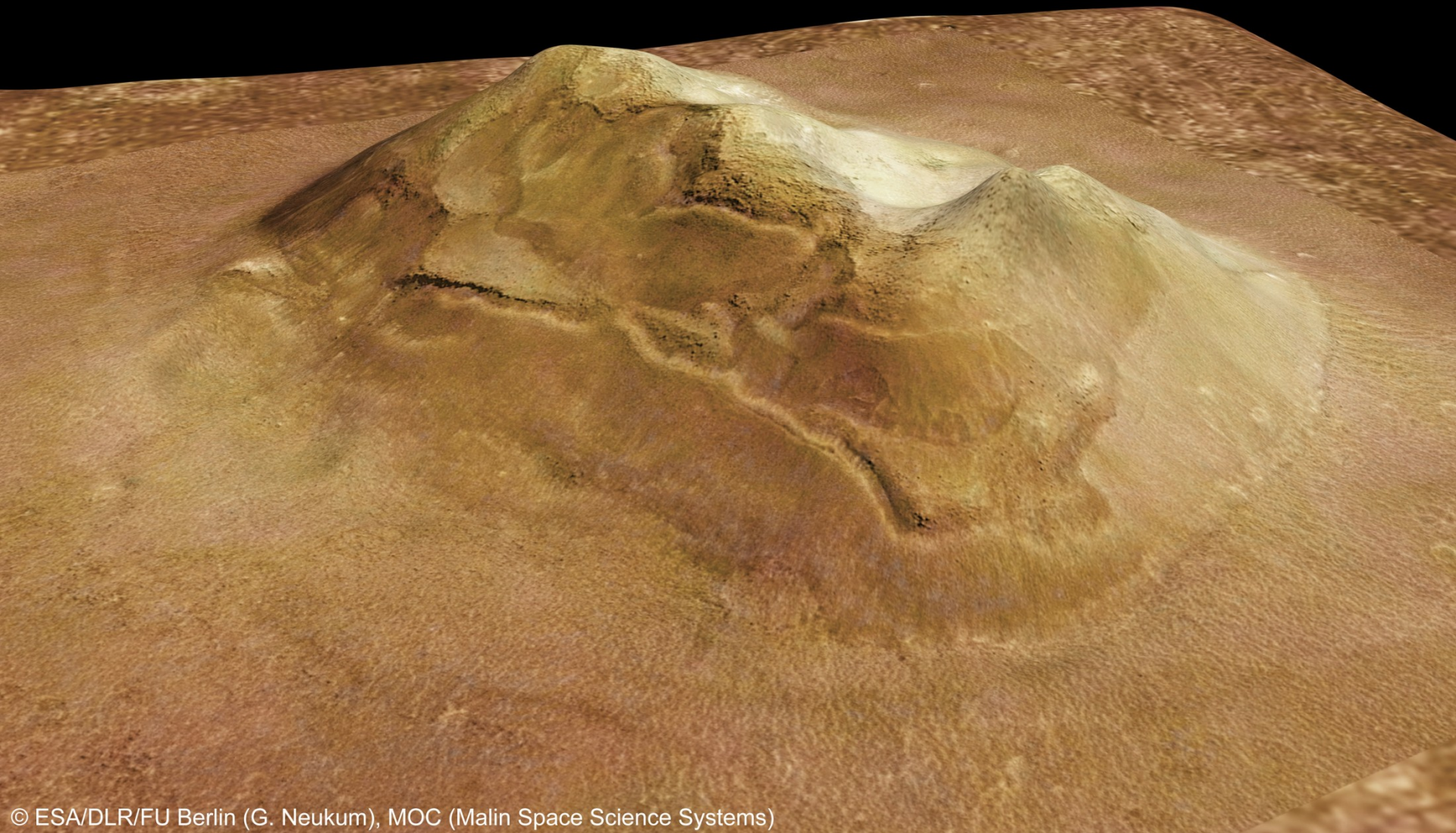
# Twarz Marsjańska

Twarz została odkryta dzięki zdjęciom wykonanym przez sondę Viking 1 wysłaną 20 sierpnia 1975 r. Stała się tematem do rozważań nad jej pochodzeniem dla wielu uczonych. Niektórzy z nich uważali ją za twór obcej cywilizacji i wydawali książki w których można było zobaczyć „poprawiane” zdjęcia, na których widać nawet zęby. Obecnie uważa się ją za twór powstały w skutek naturalny.







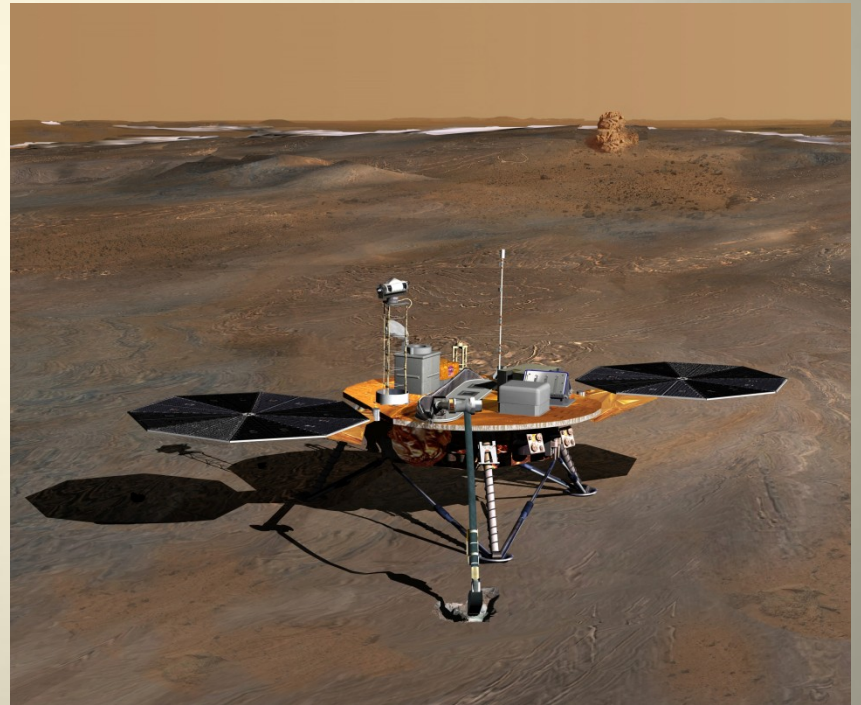
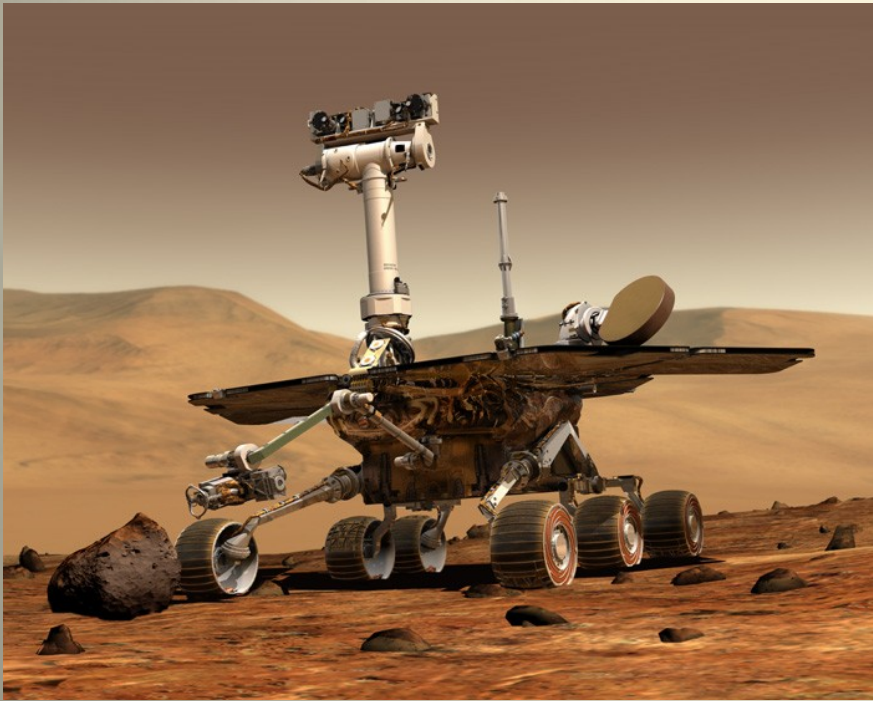


# Obecność wody i lodu na Marsie



# Sondy kosmiczne

Obecność wody na Marsie została potwierdzona już przez wiele sond kosmicznych. Jednymi z nich są amerykańskie Spirit, Opportunity.

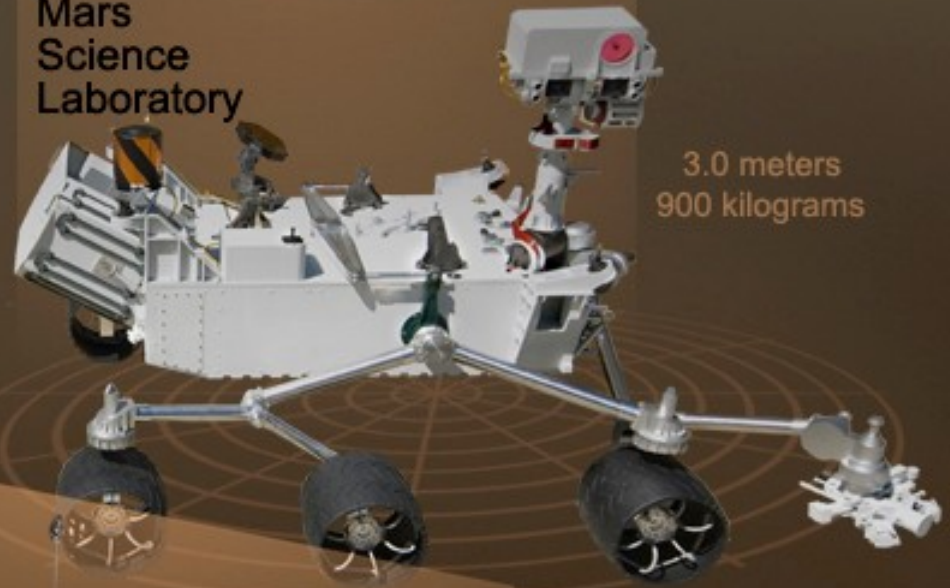


### Mars Exploration Rovers



1.6 meters  
174 kilograms

### Mars Science Laboratory



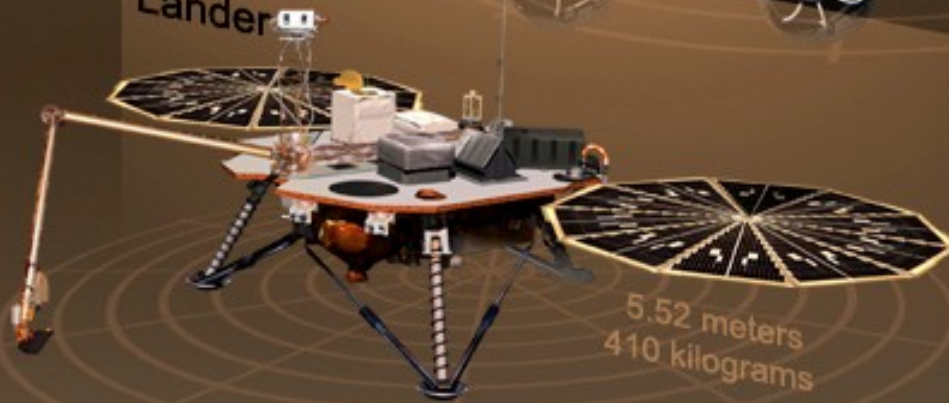
3.0 meters  
900 kilograms

### Sojourner Rover



65 centimeters  
11.5 kilograms

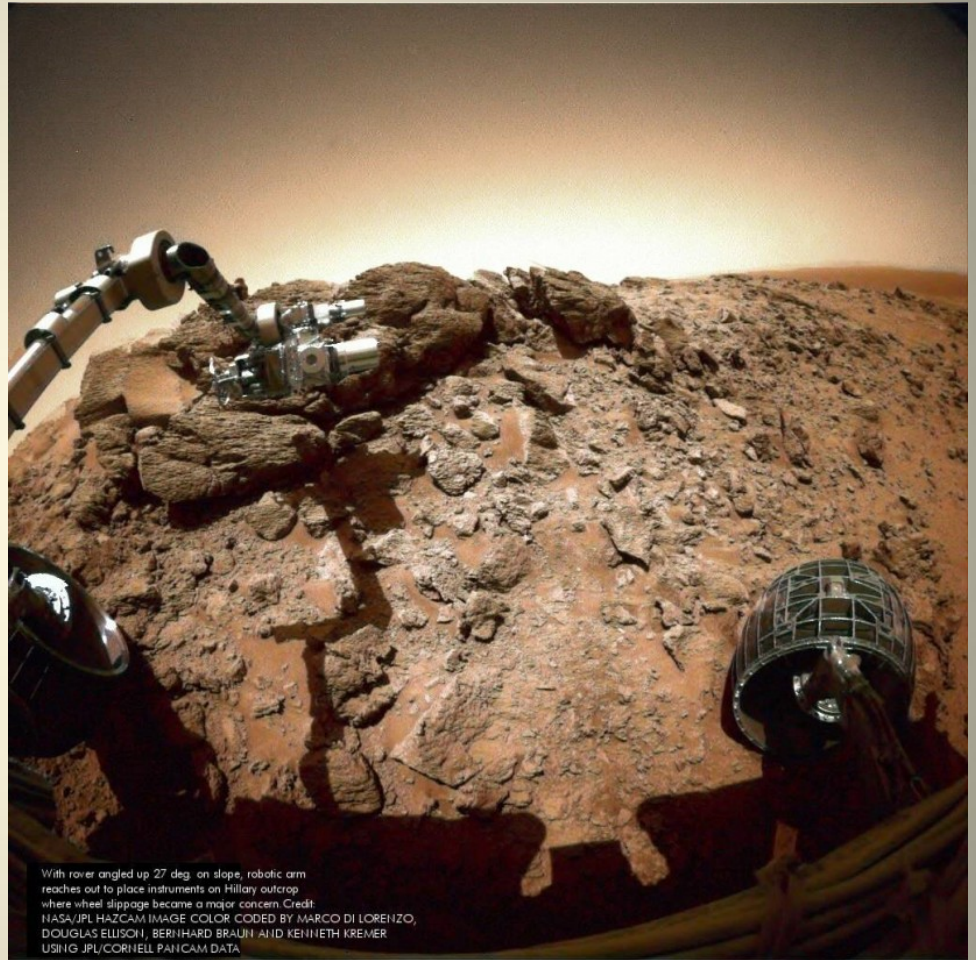
### Phoenix Mars Lander



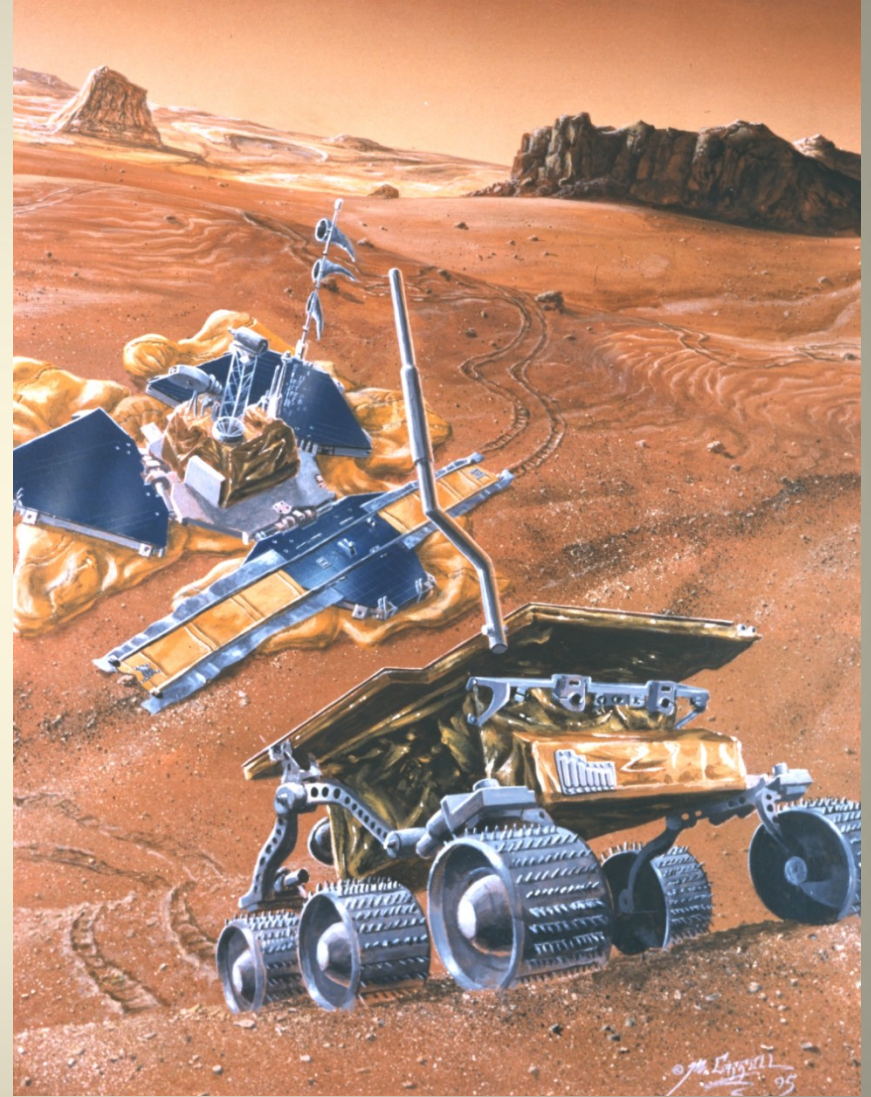
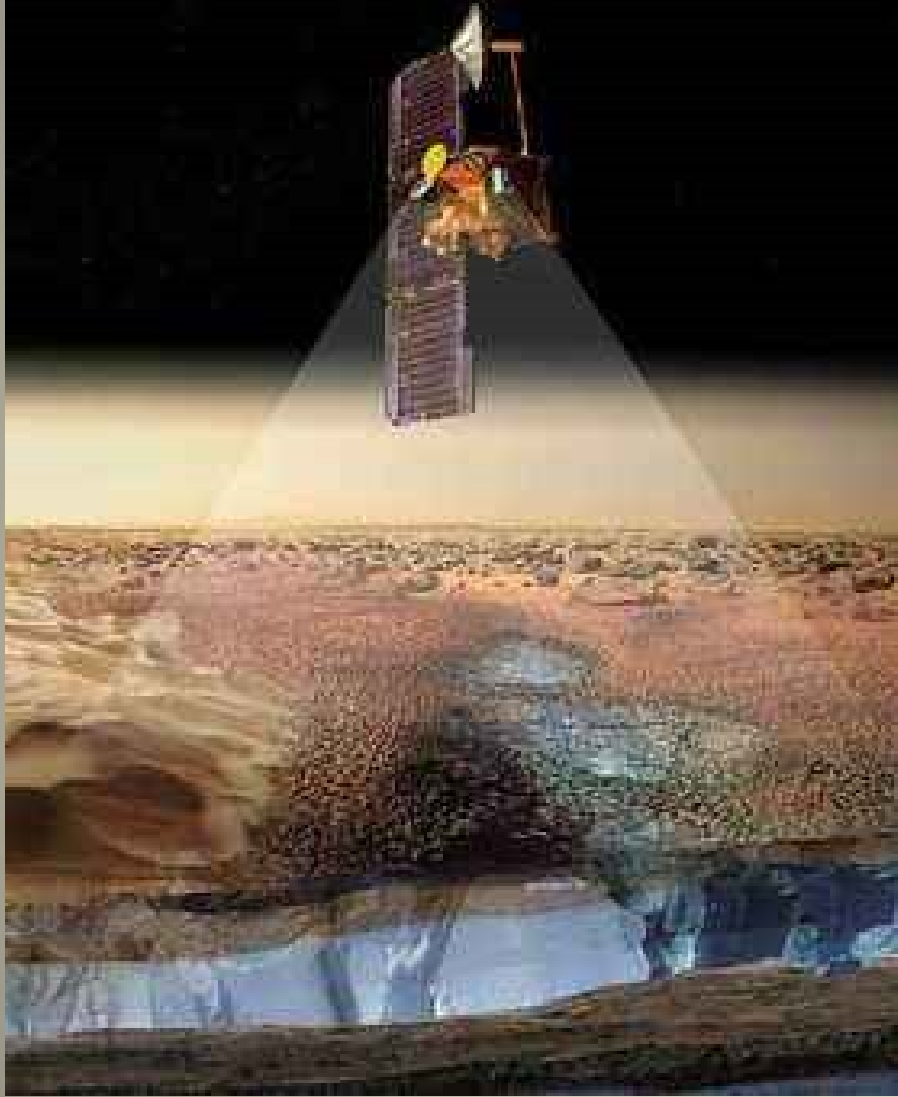
5.52 meters  
410 kilograms



2-m depth

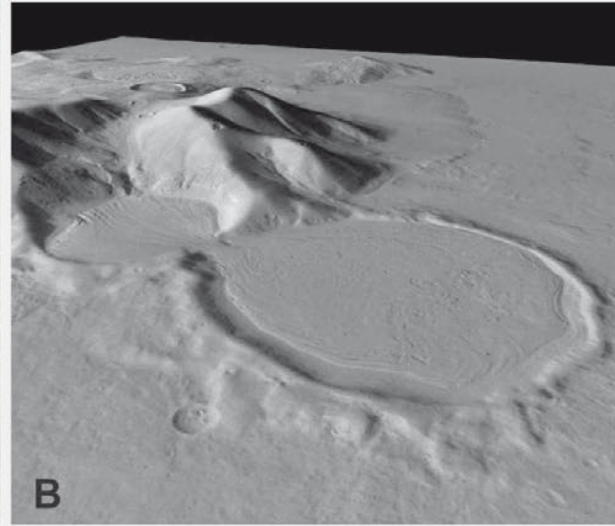


With rover angled up 27 deg. on slope, robotic arm reaches out to place instruments on Hillary outcrop where wheel slippage became a major concern. Credit: NASA/JPL HAZCAM IMAGE. COLOR CODED BY MARCO DI LORENZO, DOUGLAS ELLISON, BERNHARD BRAUN AND KENNETH KREMER USING JPL/CORNELL PAN-CAM DATA.





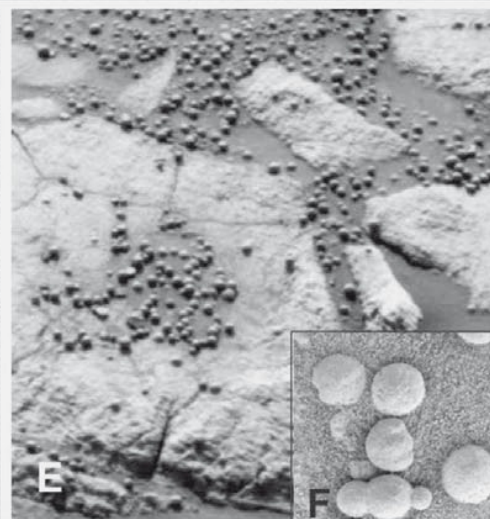
A



B

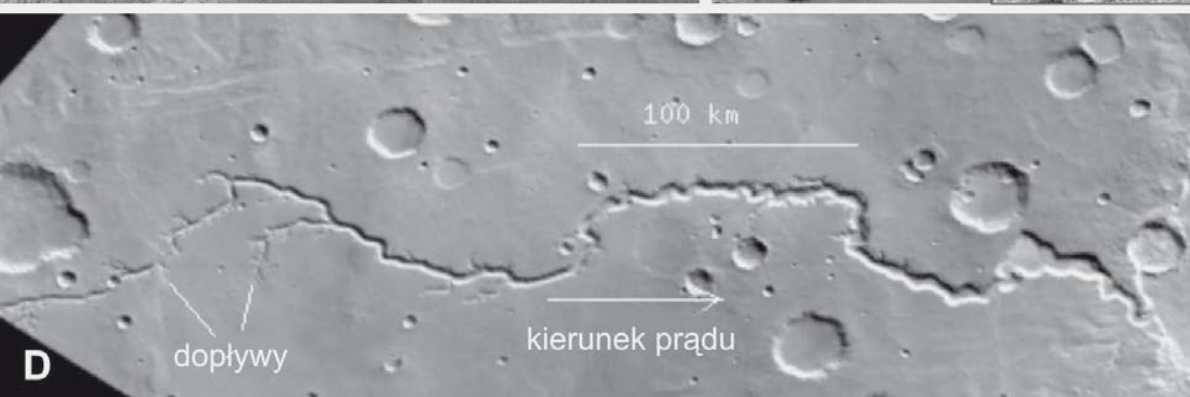


C



E

F



D

dopływy

kierunek prądu

100 km

A — rynnowe wyżłobienia na ścianie krateru

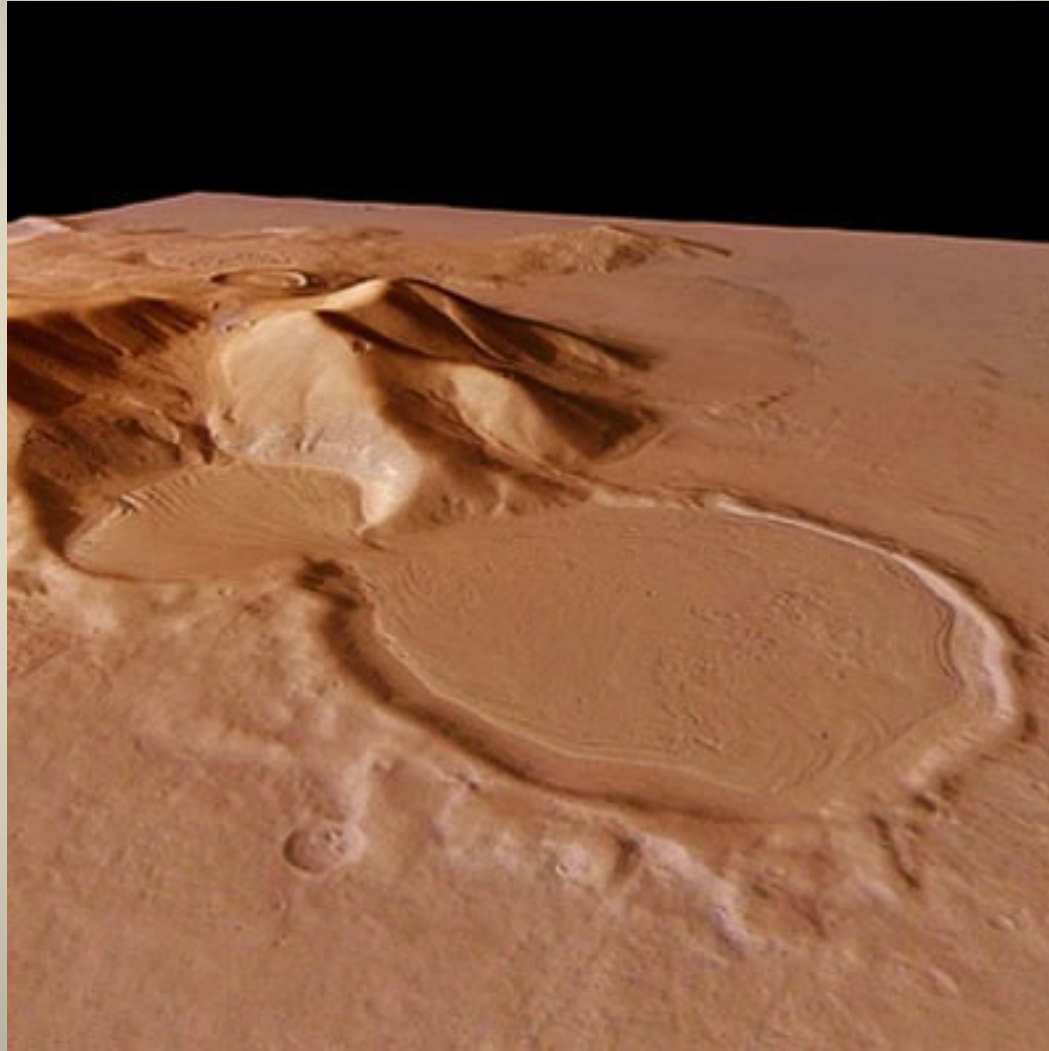
B — kratery poimpaktowe wypełnione lodem spływającym z górzystego obszaru

C — struktury przypominające zamrożone pola wielkich lodowych

D — ślad po meandrującej rzece

E, F — Nagromadzenie sferycznych obiektów (tzw. jagódek, *blueberries*), o rozmiarach od kilku do kilkunastu milimetrów

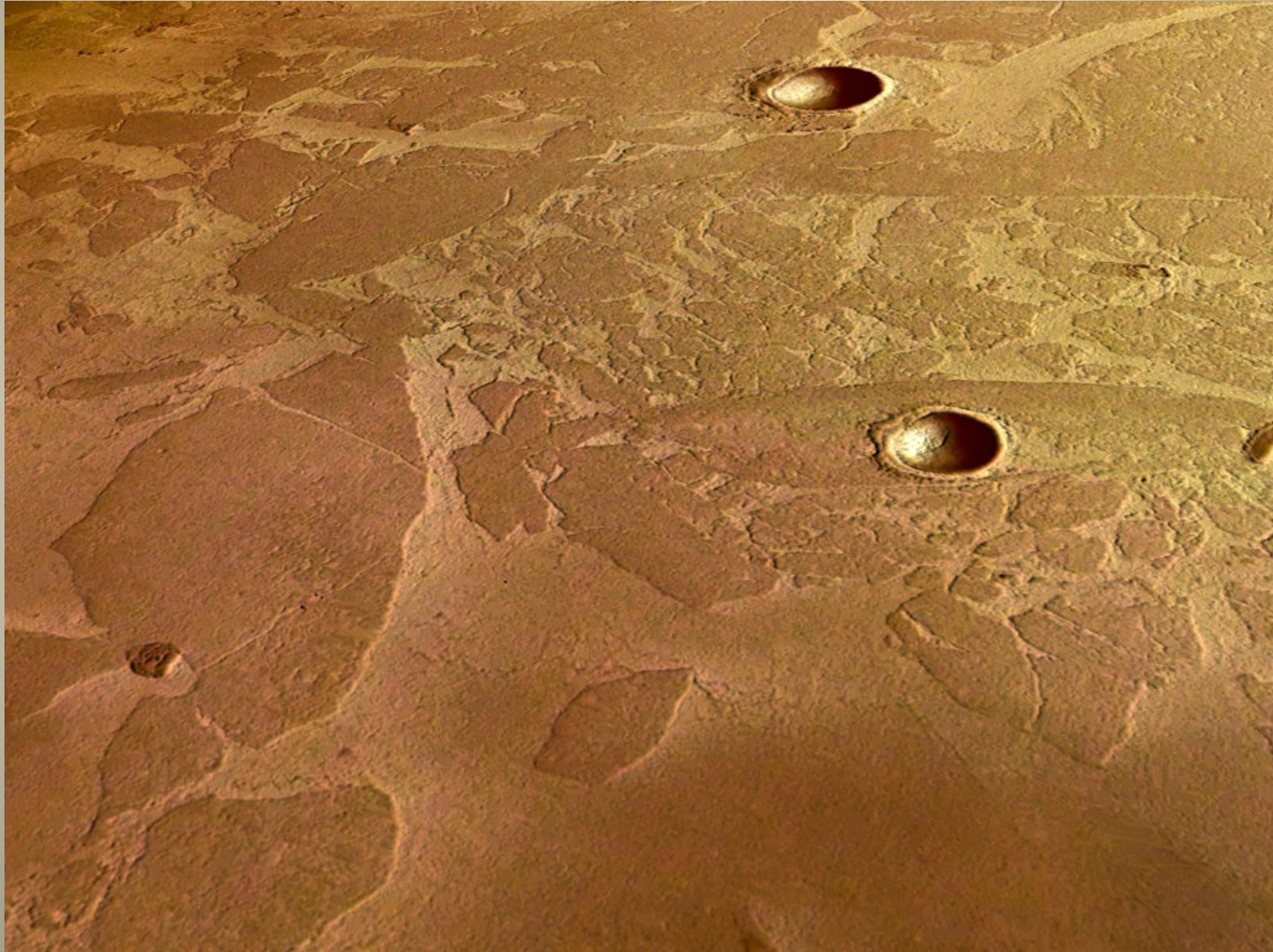
# Kraterzy wypełnione lodem

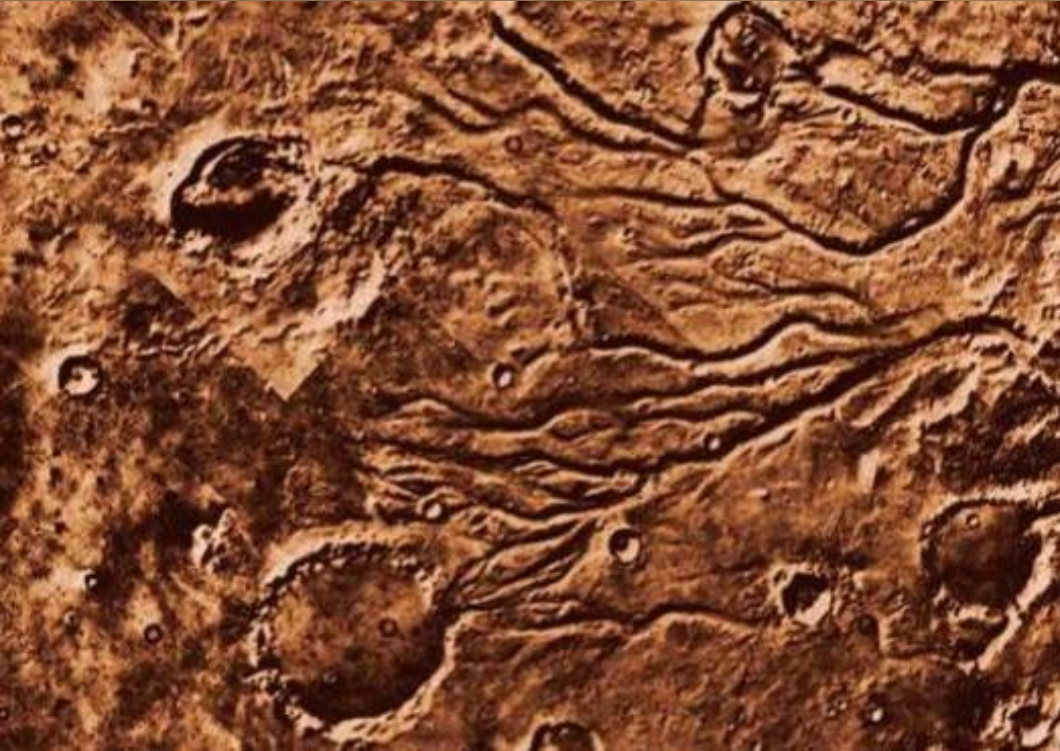




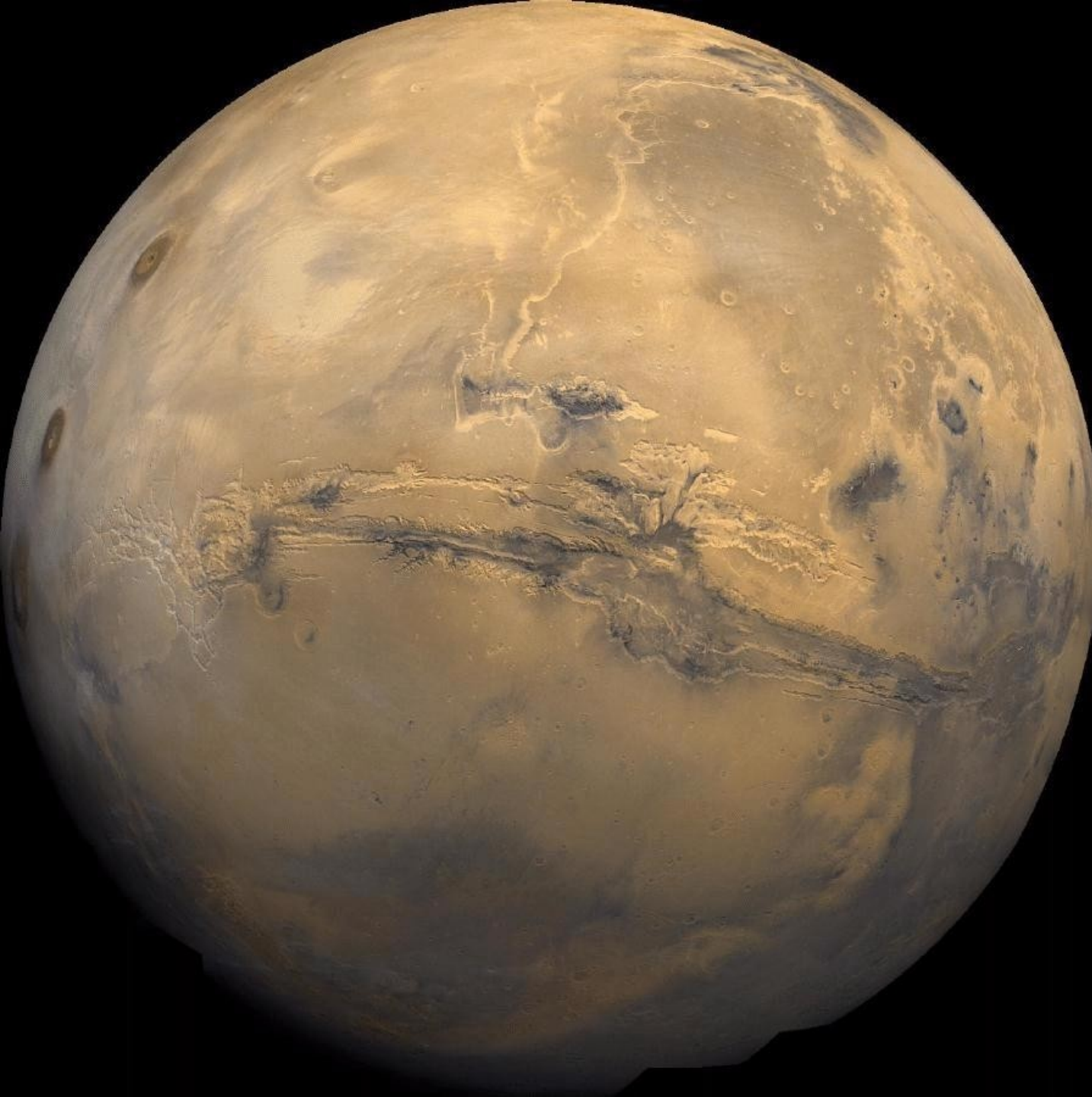


# Kry lodowe



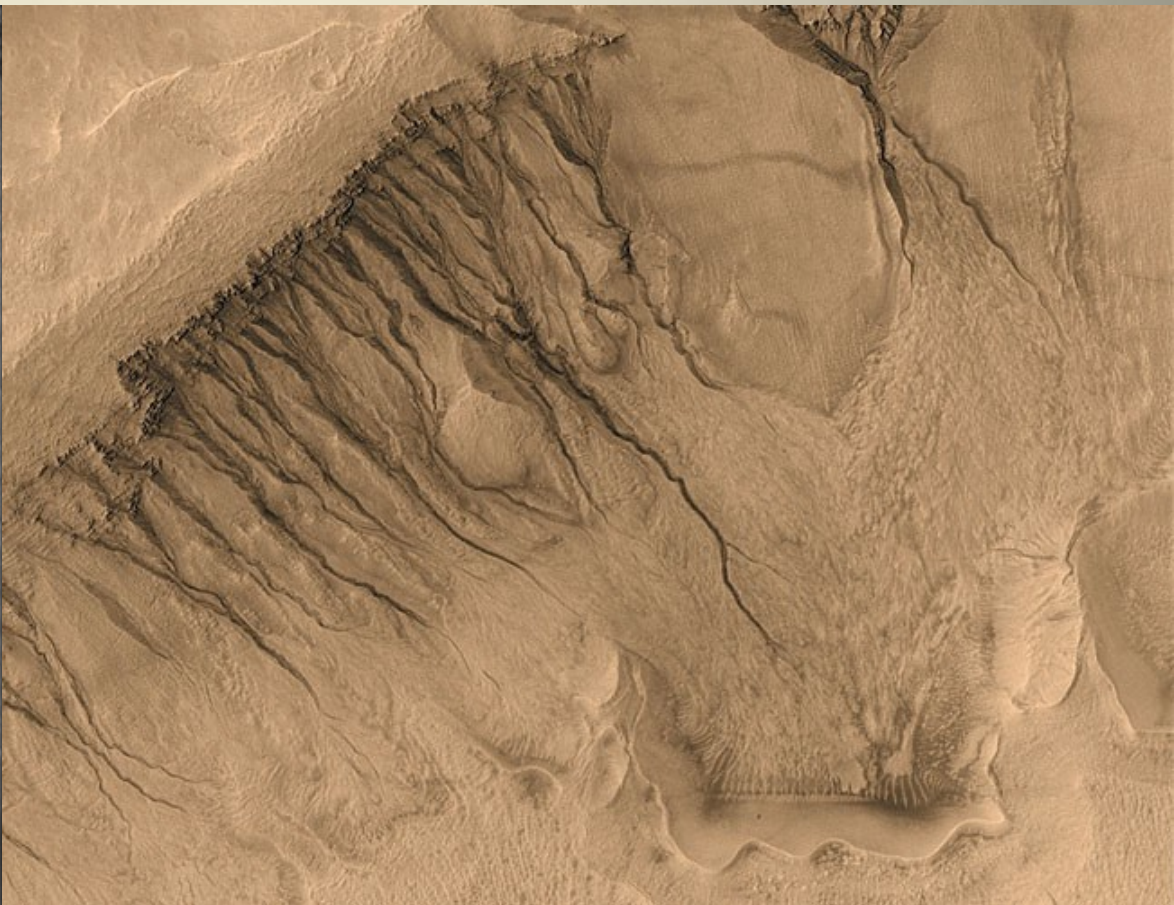
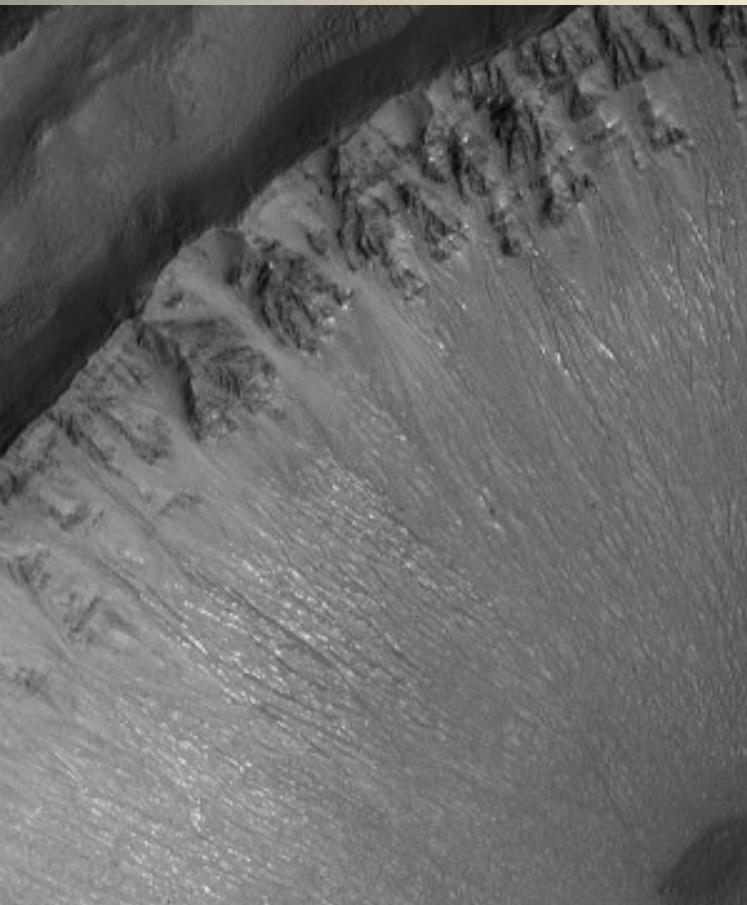


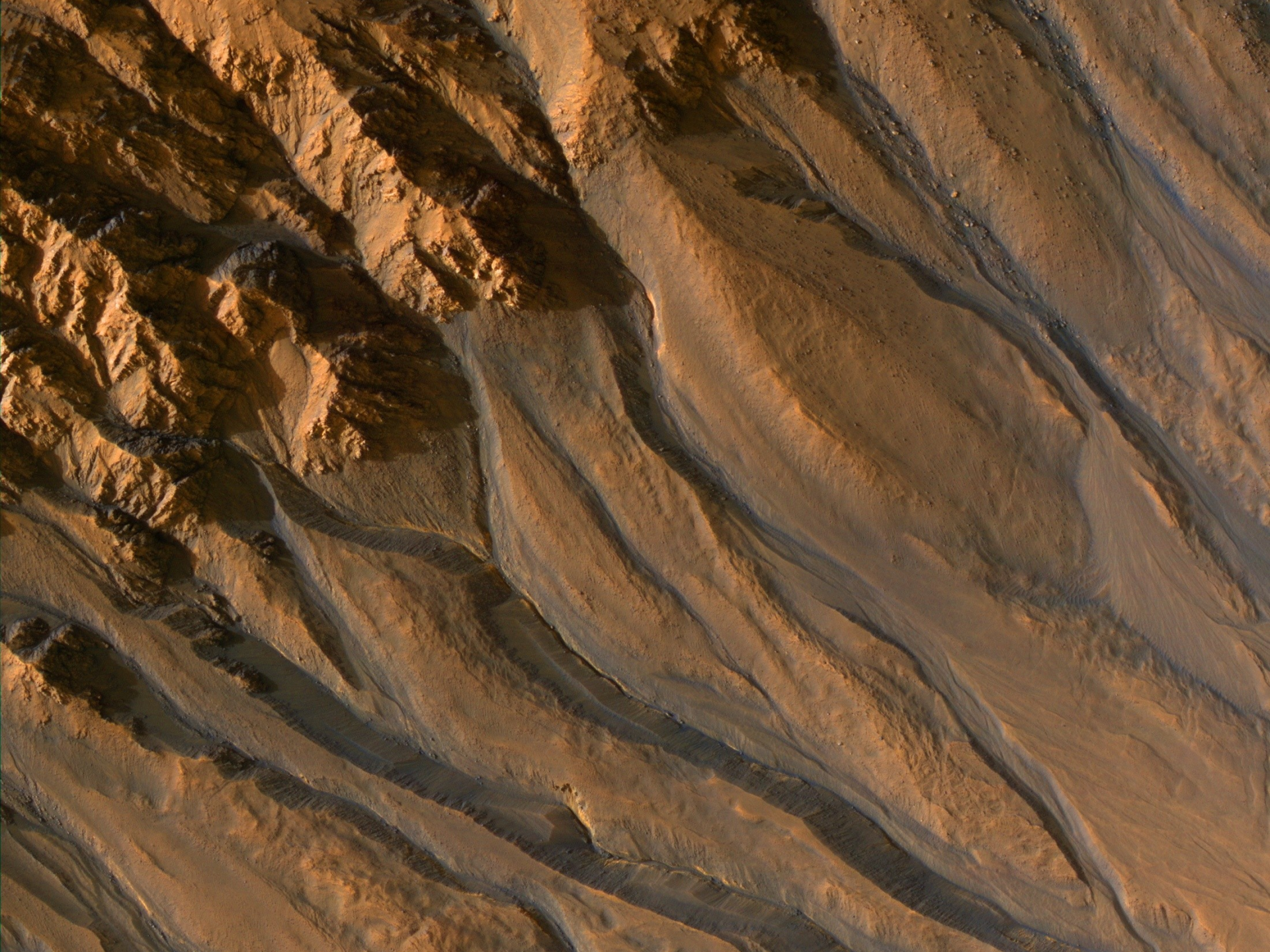
Koryta  
wyschniętych  
rzek

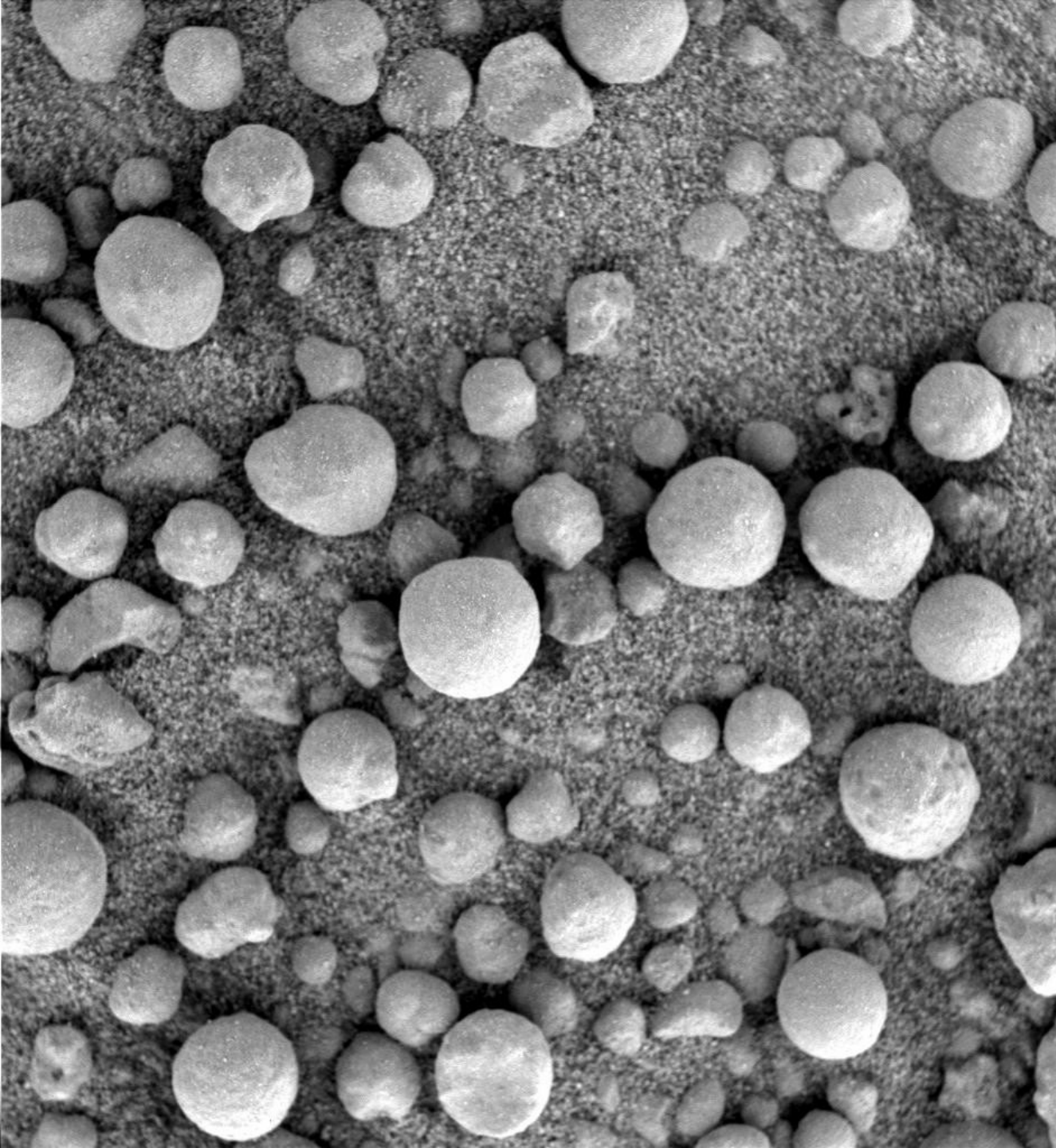


Wąwozy  
na  
Marsie

# Wyżłobienia







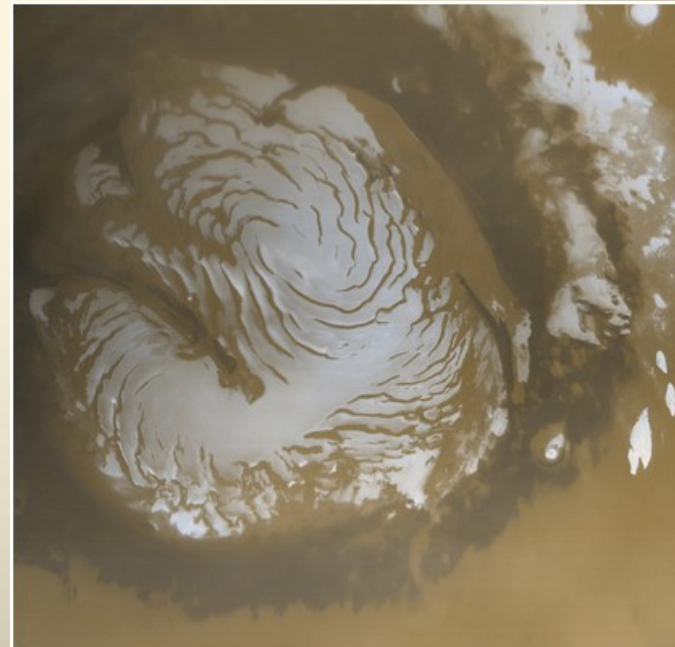
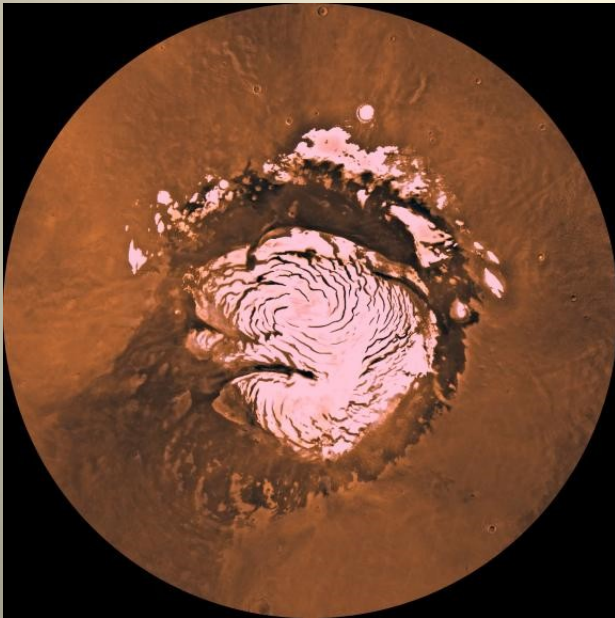
Jagódki





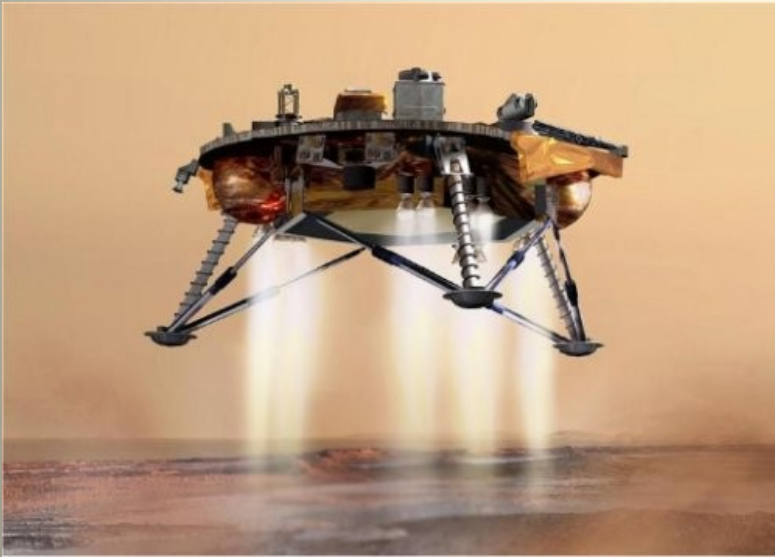
# Obszary biegunowe

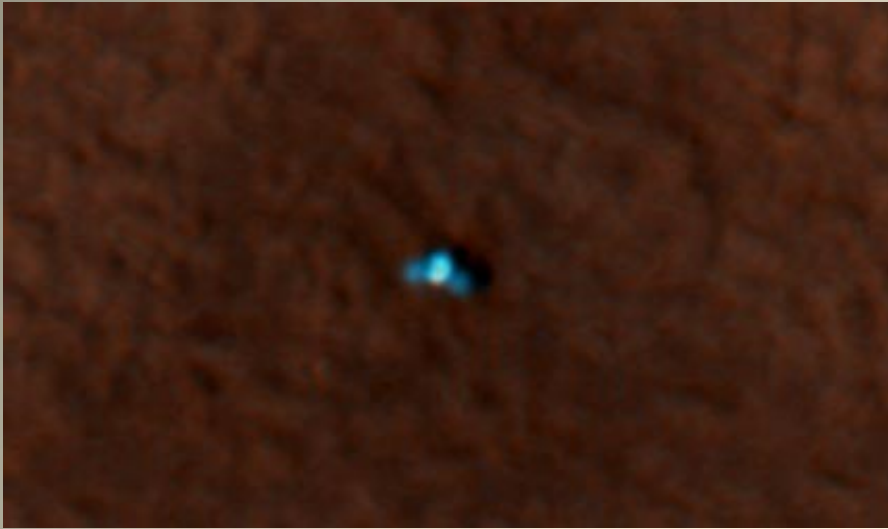
Szczególnie ciekawe są obszary biegunowe, na których panuje niższa temperatura, niż na pozostałej części planety. Sonda Mars Express wykryła lód na południowym biegunie. Od dawna spodziewano się, że czapy polarne Marsa zawierają zamrożoną wodę. Podejrzuwa się jednak, że jeśli odkrycie zostanie potwierdzone to jest ona przysłonięta zestalonym dwutlenkiem węgla (tzw. suchym lodem).



# Phoenix

Bezzałogowy lądownik został wysłany 4 sierpnia 2007 w kierunku Marsa. 26 maja 2008 wylądował w okolicach okołobiegunowych, na półkuli północnej. Jego celem było zbadanie obszarów, które podejrzewane były o istnienie dużych ilości lodu wodnego tuż pod powierzchnią gruntu.





Sol 20

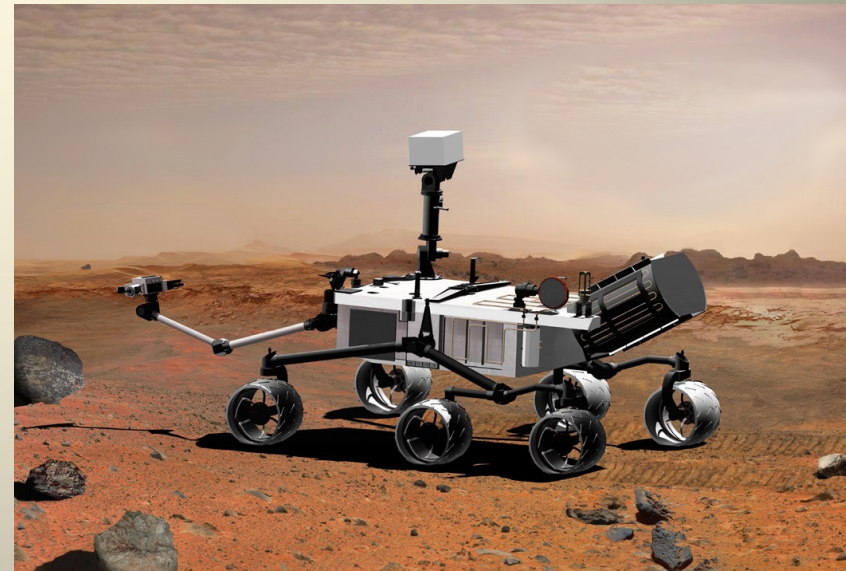
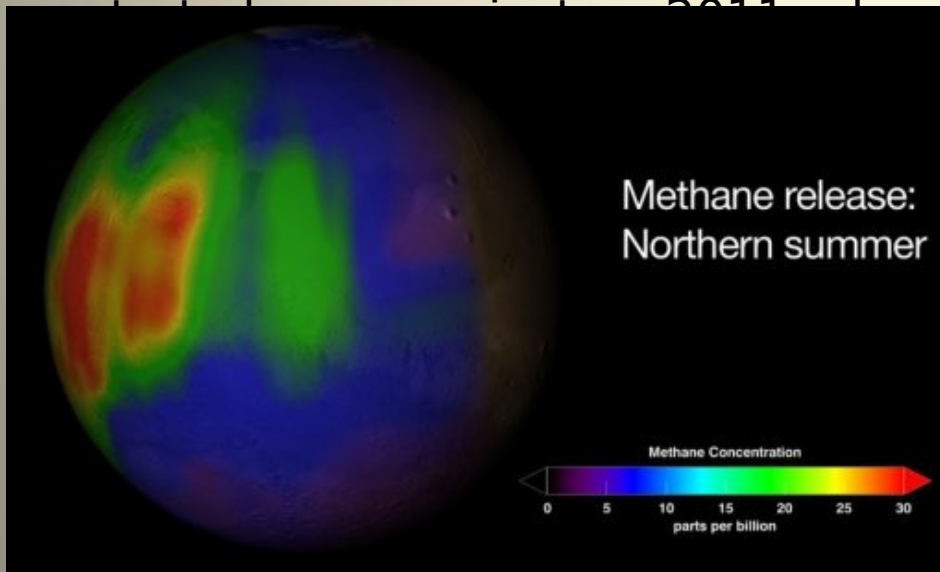


Sol 24

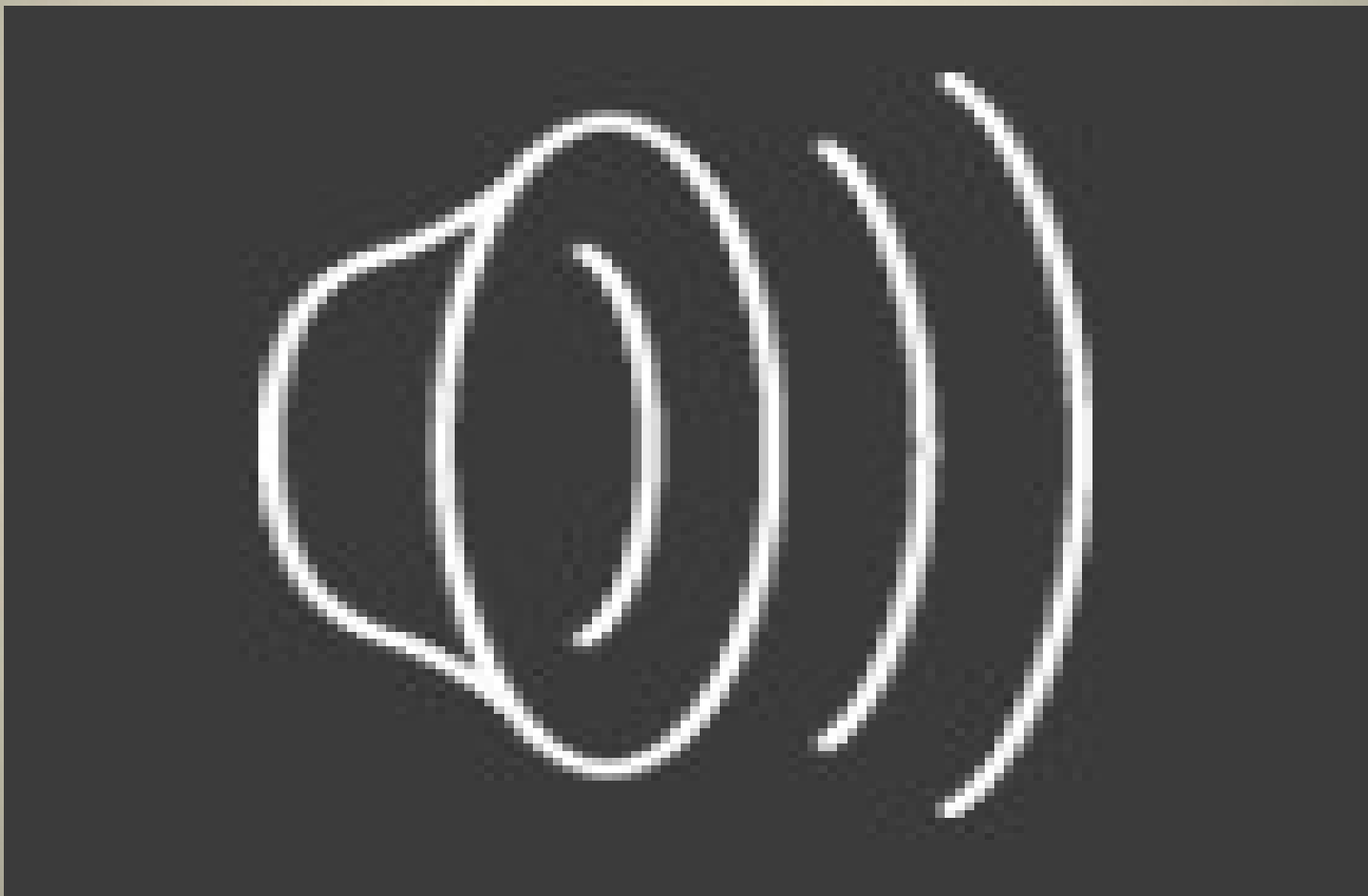


# Metan na marsie

Z obserwacji wykonanych przy pomocy teleskopów naziemnych oraz sondy Mars Express wynika, że na Marsie znajduje się zaskakująco dużo metanu. Naukowcy nie wykluczają, że produkcja tego gazu zachodzi w procesach biologicznych. Co ciekawe obszary podwyższone stężenia metanu pokrywają się z obszarami, z których ulatnia się para wodna. Może to sugerować, że pod powierzchnią Marsa występuje życie. Do ustalenia dokładnych źródeł metanu na Marsie ma w przyszłości pomóc misja Mars Science Laboratory, której

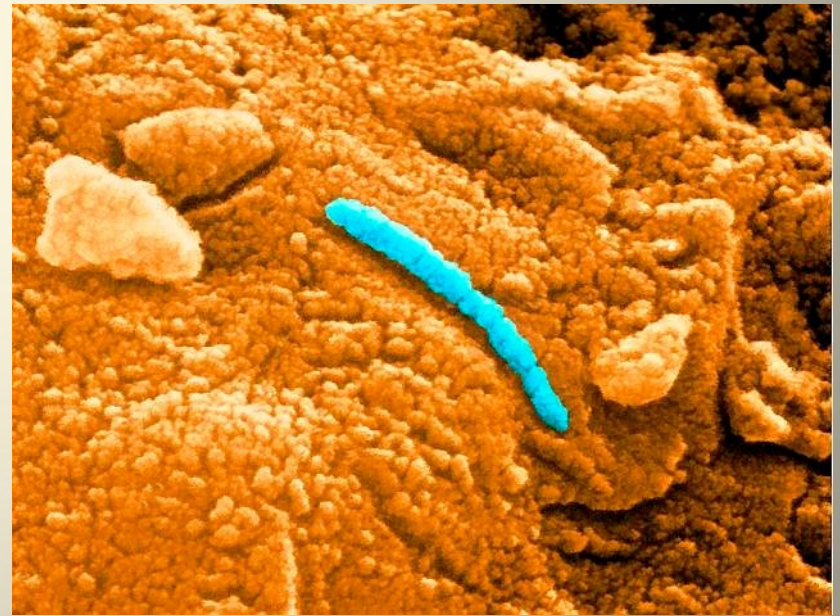


# Meteoryt Marsjański



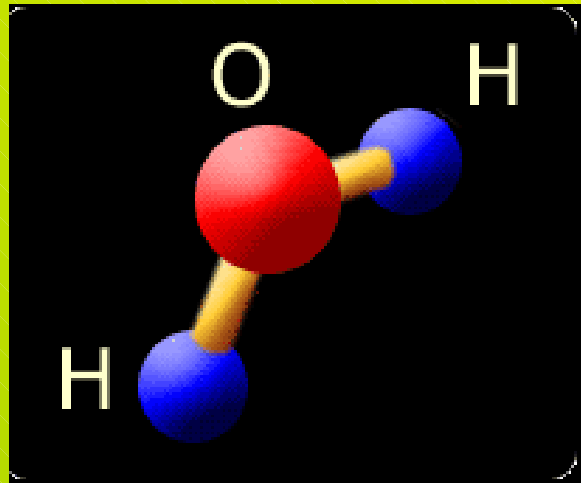
# Meteoryt Marsjański

Na ziemi znaleziono meteoryt, którego skład chemiczny sugeruje marsjańskie pochodzenie. Jego szczegółowe badania odkryły obecność skamieniałych form przypominających pierwsze Ziemskie organizmy.



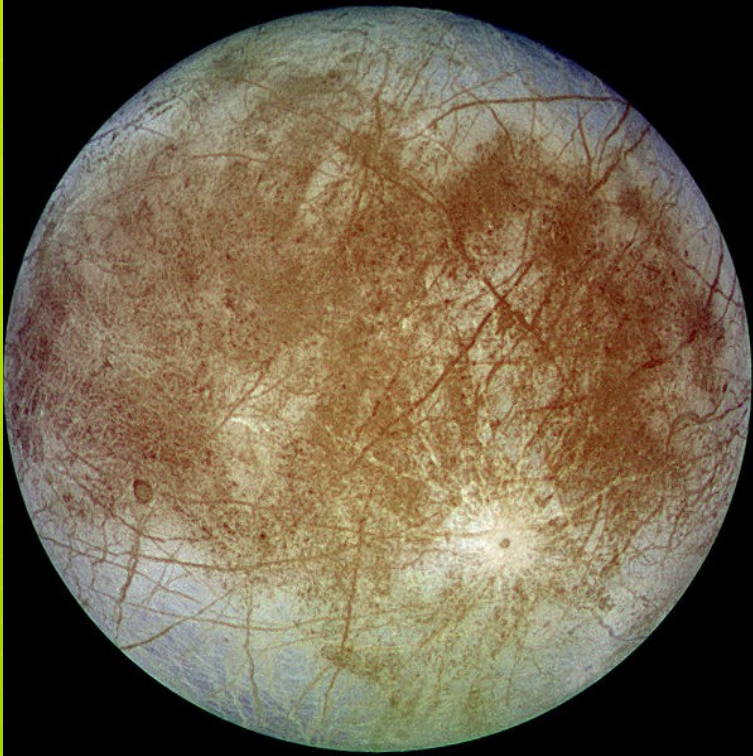
# Dlaczego tam?

- Poszukiwania wody
- Odnalezienie miejsc jej obecności





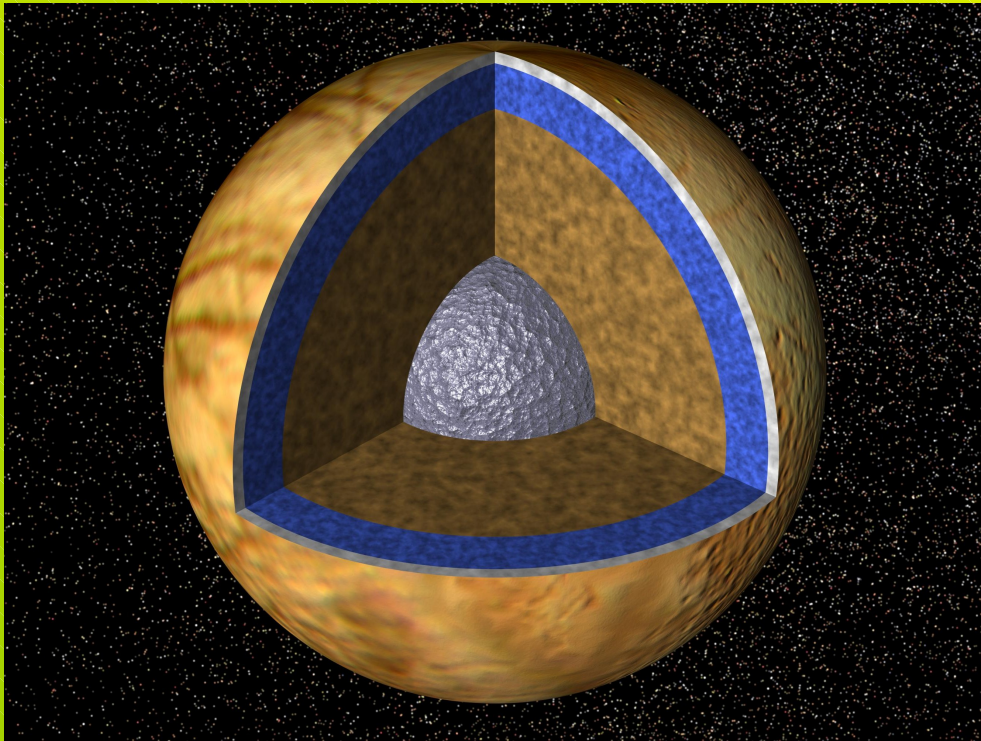
# Europa



**Europa – księżyc Jowisza**

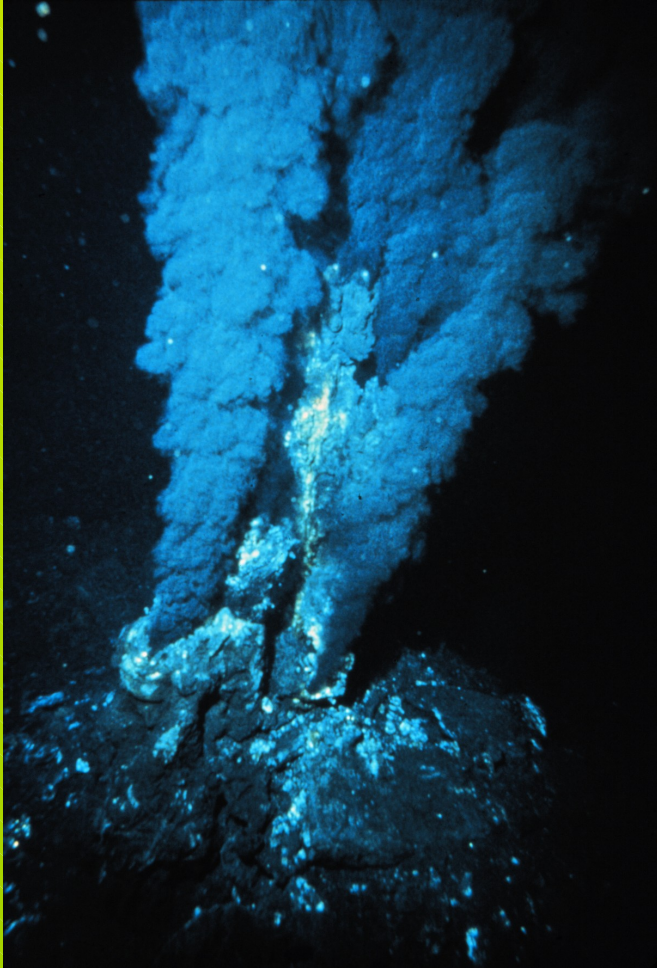
- Średnica równikowa: 3122km
- Powierzchnia:  $3,09 \times 10^7 \text{ km}^2$
- Objętość:  $1,59 \times 10^{10} \text{ km}^3$
- Masa:  $4,80 \times 10^{22} \text{ kg}$
- Średnia gęstość:  $3,01 \text{ g/cm}^3$
- Przyspieszenie grawitacyjne :  $1,314 \text{ m/s}^2$
- Prędkość ucieczki: 2,025 km/s
- Albedo: 0,67
- Jasność obserwowana (z Ziemi):  $5,3^m$
- Temperatura powierzchni: 102 K
- Ciśnienie atmosferyczne: 1  $\mu$  Pa
- Skład atmosfery: 100% tlen

# Europa – możliwość wystąpienia życia



- Ogromny ocean
- Ciepło emitowane przez jądro i oddziaływania elektromagnetyczne
- Obecność tlenu ( w tym prawdopodobnie także rozpuszczonego w wodzie)
- Prawdopodobne występowanie kominów hydrotermalnych, podobnych do ziemskich

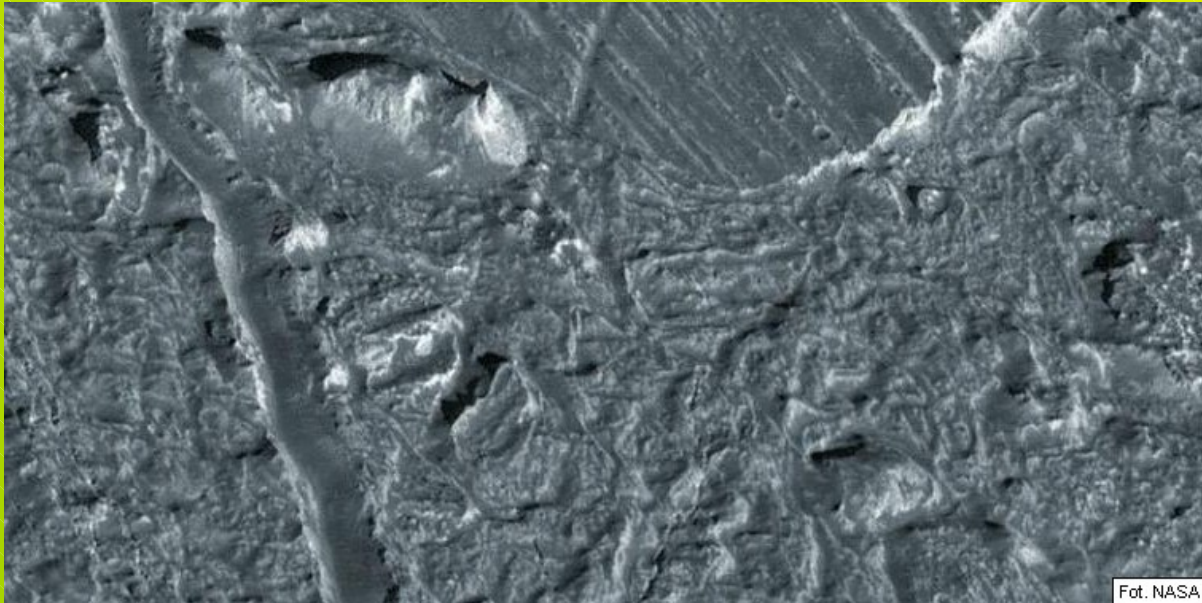
# Kominy hydrotermalne



- Kominy hydrotermalne to wycieki lawy i gorącej, pełnej siarki i ciężkich metali wody na dnie oceanicznym
- Powstały przy nich niesamowite ekosystemy, oazy pośród pustyni na dnie oceanu
- Prawdopodobnie to tam powstało życie na Ziemi
- Podobne występują na Europie

# Powierzchnia Europy

- Na powierzchni Europy jest niewiele kraterów, prawdopodobnie są zalewane przez ciecż zaraz po uderzeniu
- Fragmenty jej lodowej powierzchni często pękają na kry i przemieszczają się
- Występują liczne formacje przypominające nasze rowy oceaniczne na złączeniach płyt kontynentalnych



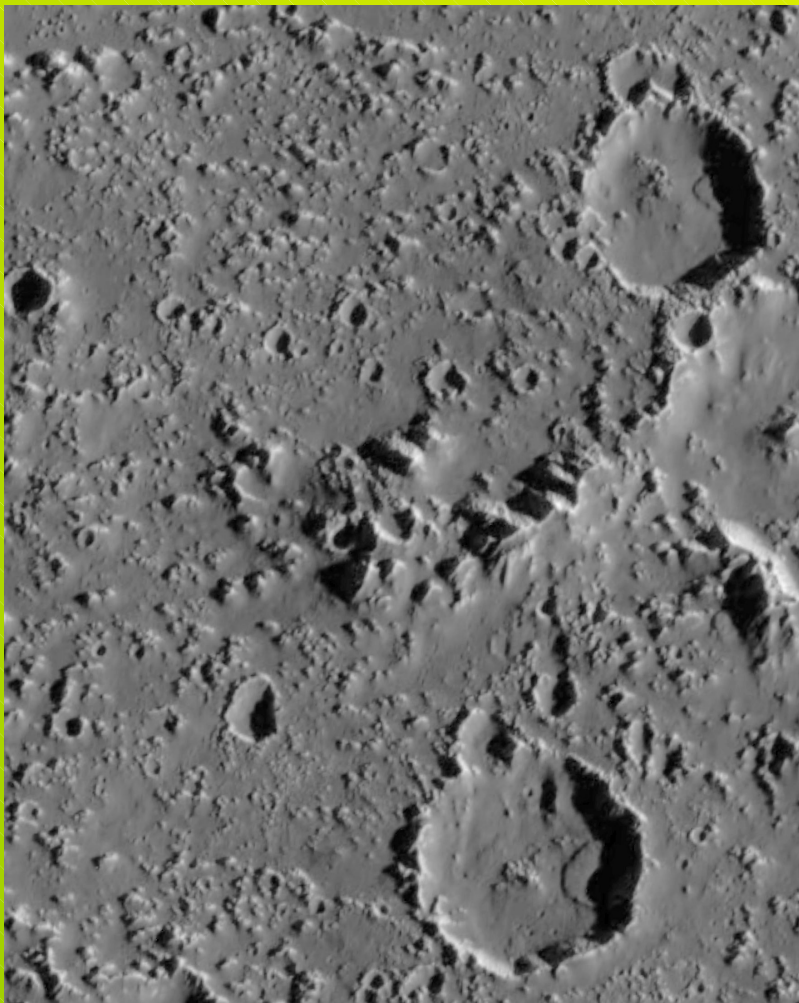
# Kallisto



**Kallisto – księżyc Jowisza**

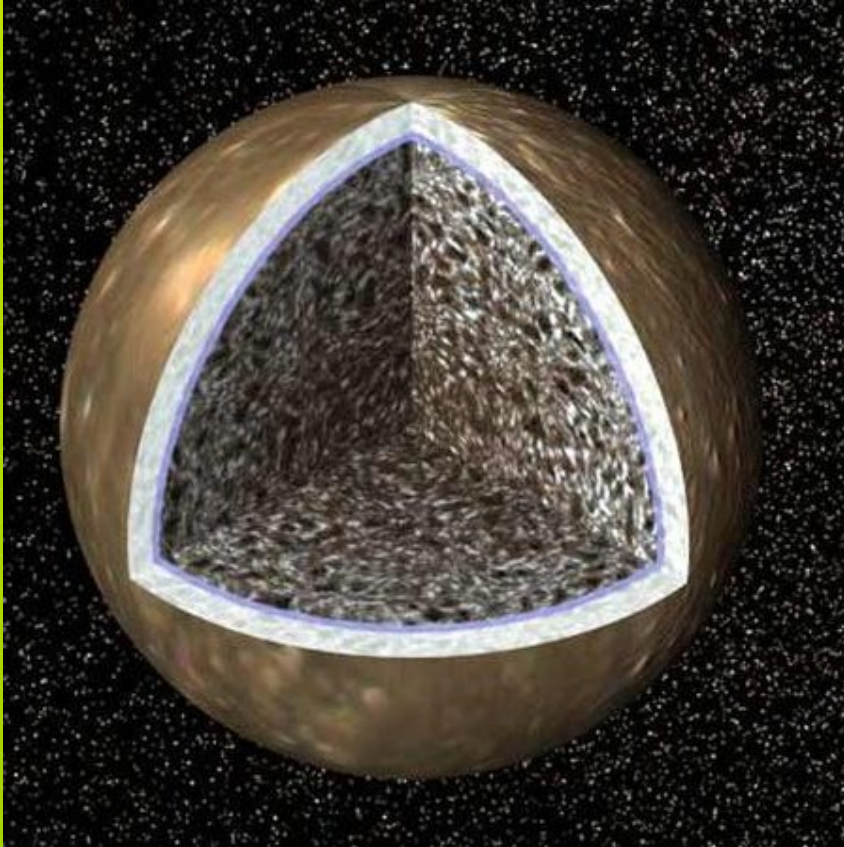
- Średnica równikowa: 4820,6 km
- Powierzchnia:  $7,30 \times 10^7 \text{ km}^2$
- Objętość:  $5,9 \times 10^{10} \text{ km}^3$
- Masa:  $1,07594 \times 10^{23} \text{ kg}$
- Średnia gęstość:  $1,8344 \text{ g/cm}^3$
- Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni:  $1,235 \text{ m/s}^2$
- Prędkość ucieczki: 2,440 km/s
- Albedo: 0,22
- Jasność obserwowana (z Ziemi):  $5,7^m$
- Temperatura powierzchni: 134 K
- Ciśnienie atmosferyczne:  $7,5 \times 10^{-7} \text{ Pa}$
- Skład atmosfery: głównie  $\text{CO}_2$

# Najstarszy krajobraz w Układzie Słonecznym



- Powierzchnia Kallisto jest najstarsza w Układzie Słonecznym
- Jego powierzchnia, w przeciwieństwie do np. Enceladusa nie zmienia się
- Kallisto ma niesamowicie dużo kraterów
- Analizując kształt i wielkość kraterów można przypuszczać, że pod powierzchnią Kallisto znajduje się ocean wody

# Kallisto a życie



- Na podstawie danych z misji Galileo uważa się, że pod powierzchnią księżyca znajduje się ocean
- Możliwość wystąpienia życia ciągle podlega dyskusji ze względu na niewielką ilość energii wydzielaną przez jądro księżyca

# Ganimedes



Ganimedes – księżyc Jowisza

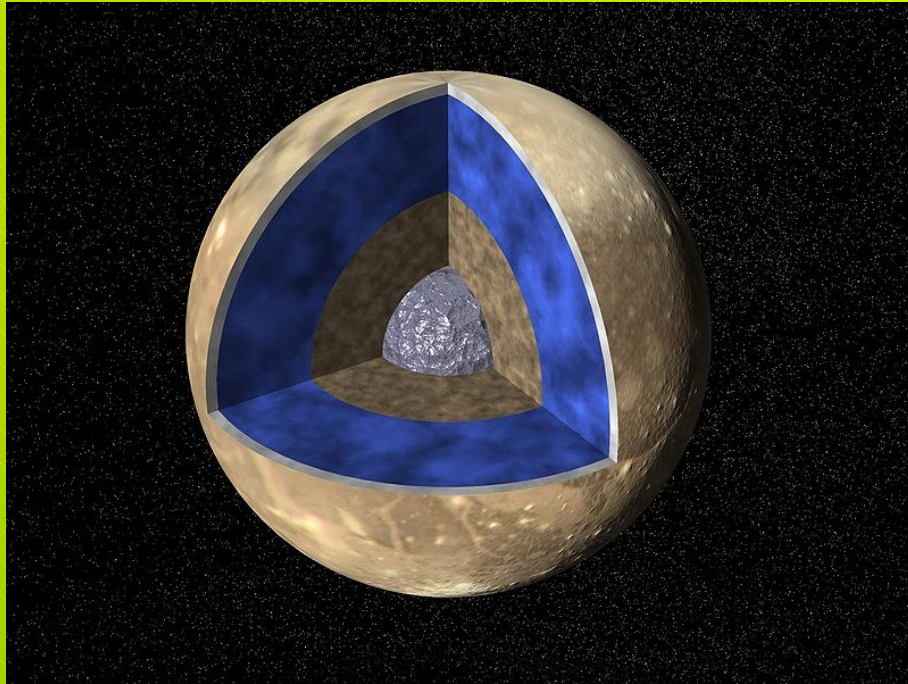
- Średnica równikowa: 5268,2 km
- Powierzchnia:  $8,70 \times 10^7 \text{ km}^2$
- Objętość:  $7,6 \times 10^{10} \text{ km}^3$
- Masa:  $1,4819 \times 10^{23} \text{ kg}$
- Średnia gęstość:  $1,936 \text{ g/cm}^3$
- Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni:  $1,428 \text{ m/s}^2$
- Prędkość ucieczki: 2,741 km/s
- Albedo: 0,43
- Jasność obserwowana (z Ziemi): 4,6<sup>m</sup>
- Temperatura powierzchni: 110 K
- Ciśnienie atmosferyczne: śladowe
- Skład atmosfery: 100% tlen



# Większy od planety!

- Ganimedes to największy księżyc w Układzie Słonecznym
- Jest większy od Merkurego, najmniejszej planety w Układzie Słonecznym, ale ze względu na małą gęstość jest ponad 2 razy lżejszy
- Dzięki odpowiedniej budowie jądra jest jedynym księżycem w Układzie Słonecznym posiadającym pole magnetyczne

# Ganimedes a życie



- Pod powierzchnią Ganimedesa prawdopodobnie znajduje się ocean
- Niestety, ocean prawdopodobnie znajduje się znacznie głębiej niż na Europie i dalsze badania w tej kwestii będą bardzo trudne

# Powierzchnia Ganimedesa



- Podział powierzchni na dwie części: jaśniejszą i ciemniejszą
- Znacznie młodszy wiek jaśniejszej części
- Dużo kraterów w częściach ciemnych, w jasnych dużo wybrzuszeń, rowów i rozpadlin

# Enceladus



Enceladus – księżyc Saturna

- Średnica równikowa: 499 km
- Masa:  $1,080 \times 10^{20}$  kg
- Średnia gęstość:  $1,61 \text{ g/cm}^3$
- Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni:  $0,111 \text{ m/s}^2$
- Prędkość ucieczki:  $0,239 \text{ km/s}$
- Albedo: 0,99
- Jasność obserwowana (z Ziemi):  $11,5^m$
- Temperatura powierzchni: 75 K
- Ciśnienie atmosferyczne: śladowe
- Skład atmosfery:
  - 91% para wodna
  - 4% azot
  - 3,2% dwutlenek węgla
  - 1,7% metan

# Enceladus – możliwości wystąpienia życia

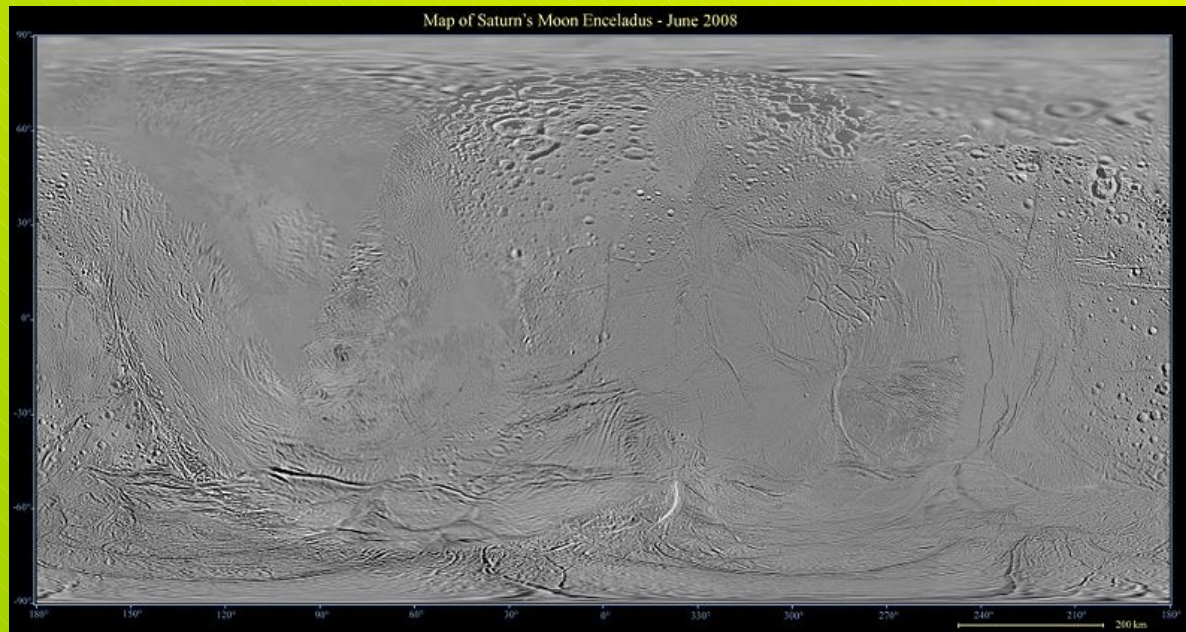


Porównanie wielkości  
Enceladusa do Wysp  
Brytyjskich

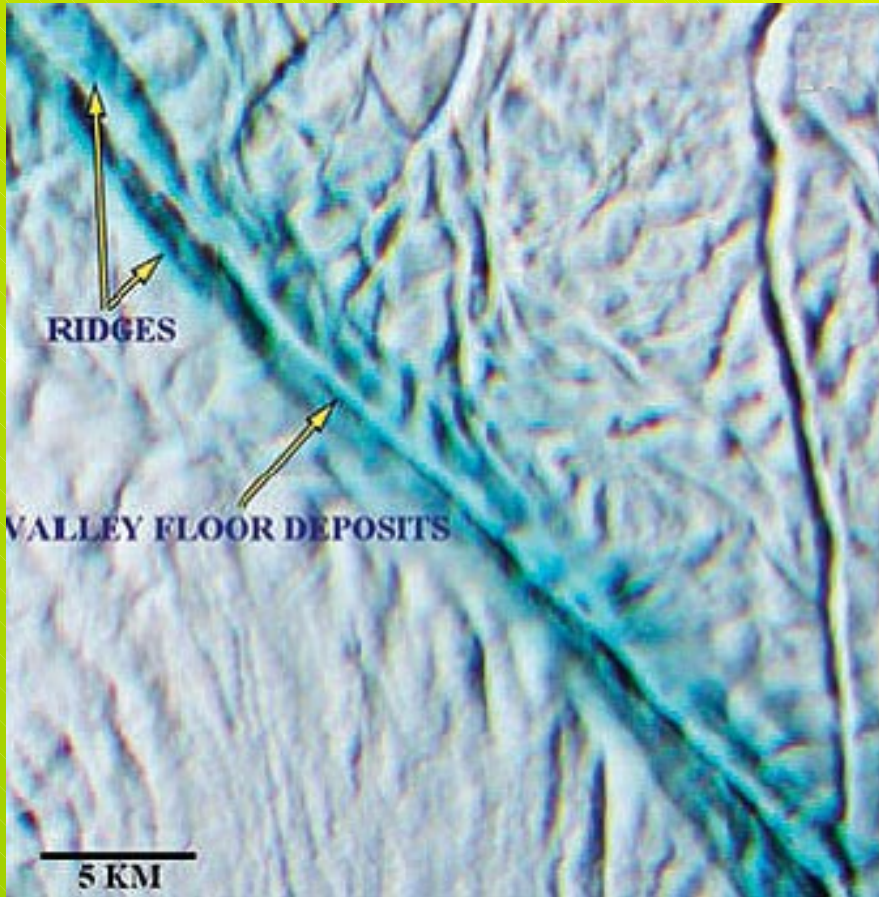
- Zbiorniki wodne pod powierzchnią
- Lodowe gejzery na tygryśkich pasach
- Ślady pierwiastków: wodoru, węgla, azotu i tlenu, a także soli

# Powierzchnia Enceladusa

- Powierzchnia Enceladusa jest pokryta warstwą bardzo czystego lodu
- Występuje tu wiele formacji geologicznych, takich, jak wybrzuszenia, rozpadliny, a także tzw. tygrysie pasy
- Zawiera obszary wolne od kraterów, co sugeruje ich bardzo młody wiek

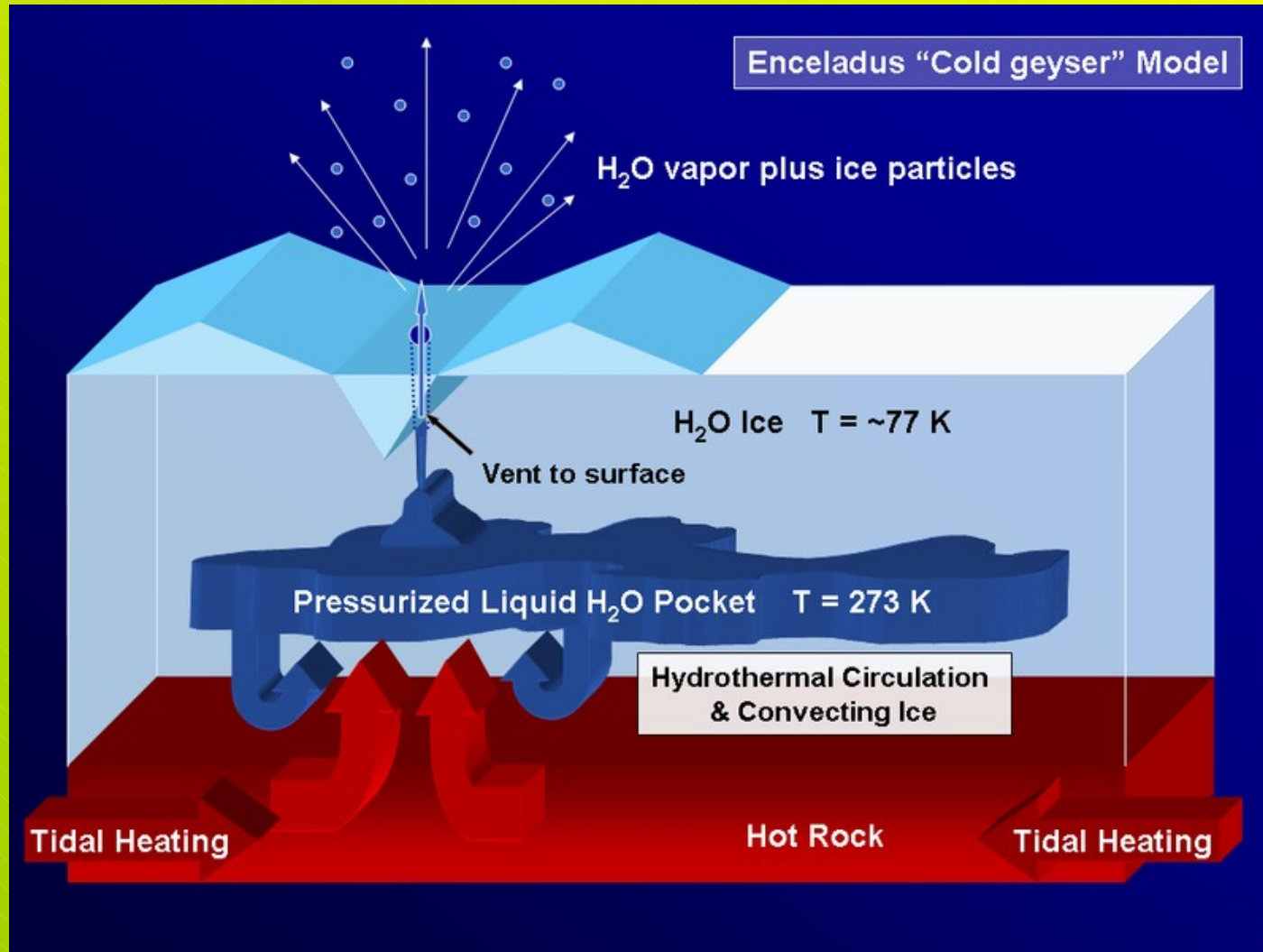


# Tygrysie pasy

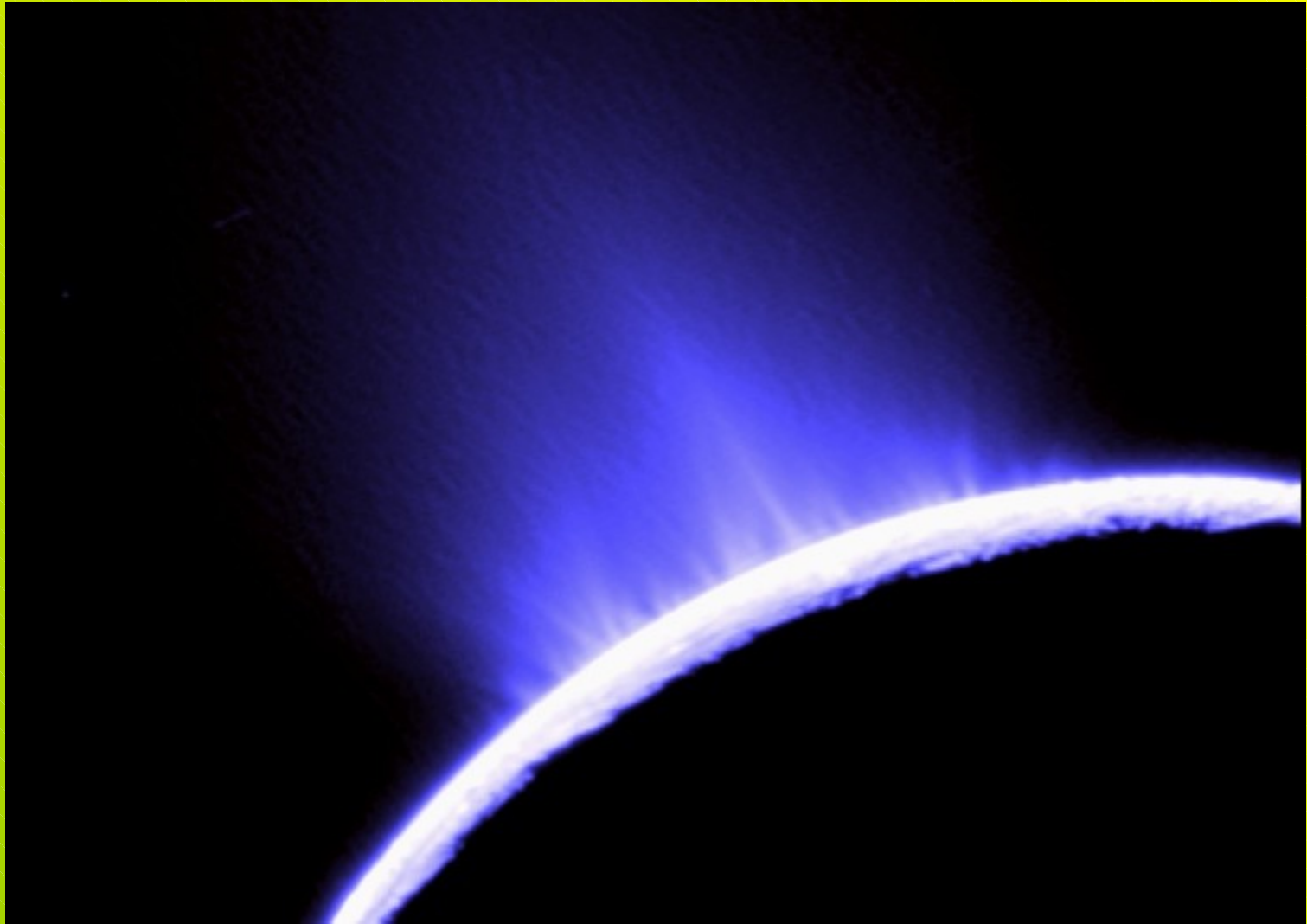


- Tygrysie pasy to głębokie szczeliny w lodowej pokrywie Enceladusa
- Przez nie na powierzchnię wydostaje się świeży lód z głębszych części skorupy
- Stąd wytryskają słynne lodowe wulkany, zasilające jeden z pierścieni Saturna

# Lodowe wulkany

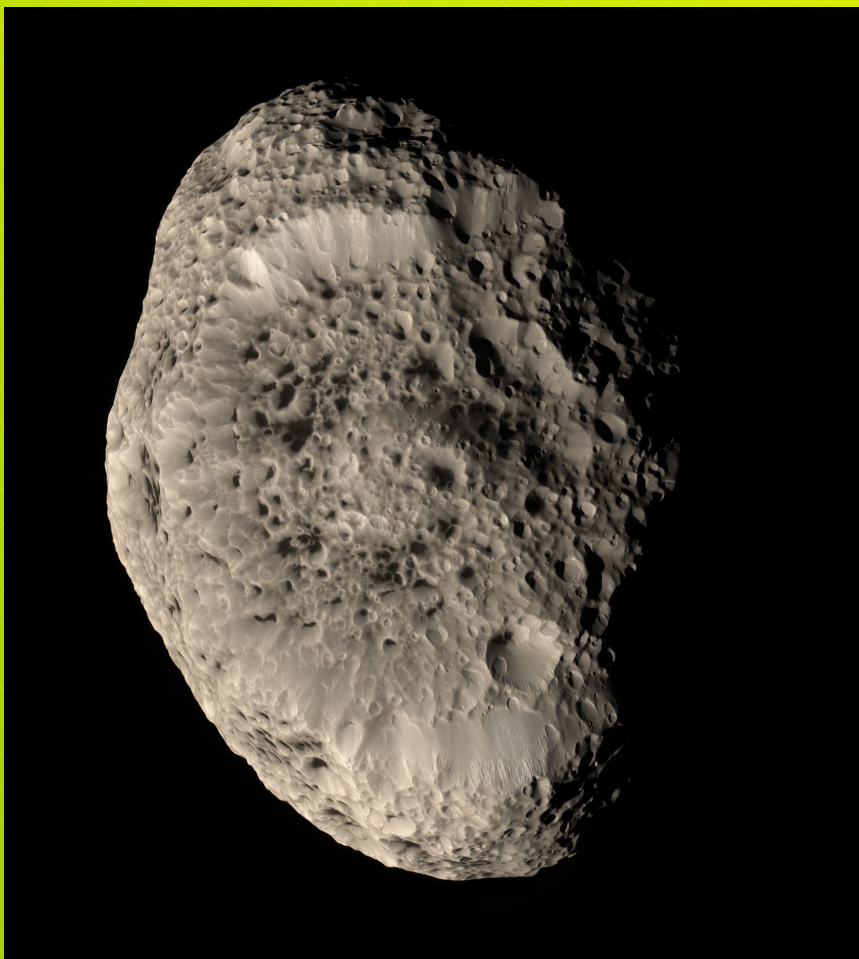






**Lodowy wulkan na Enceladusie**

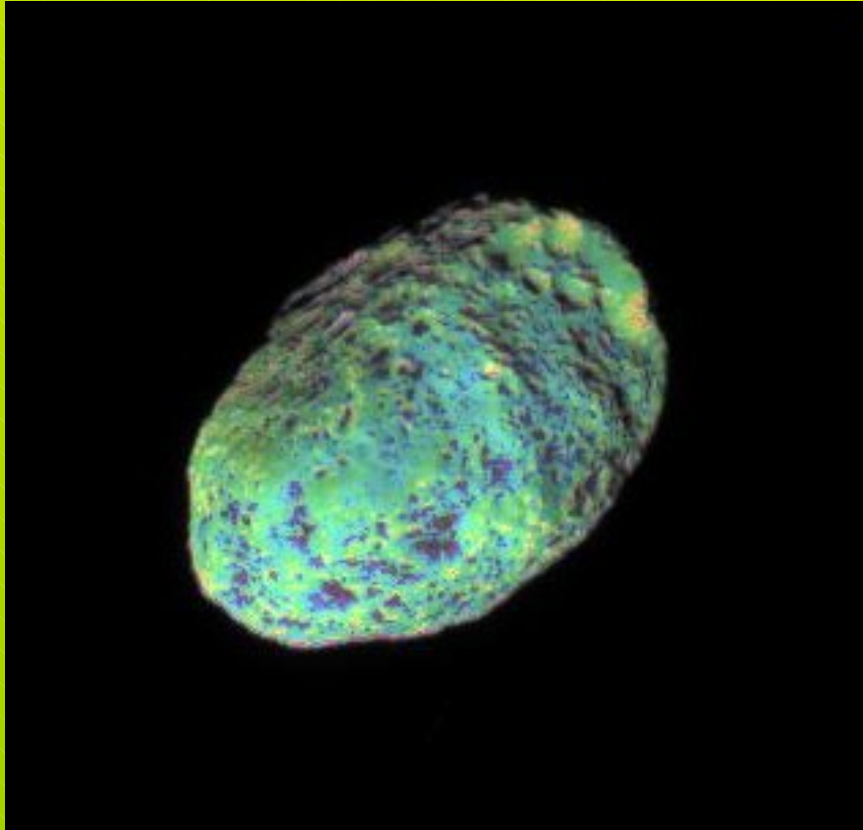
# Hyperion



Hyperion – księżyc Saturna

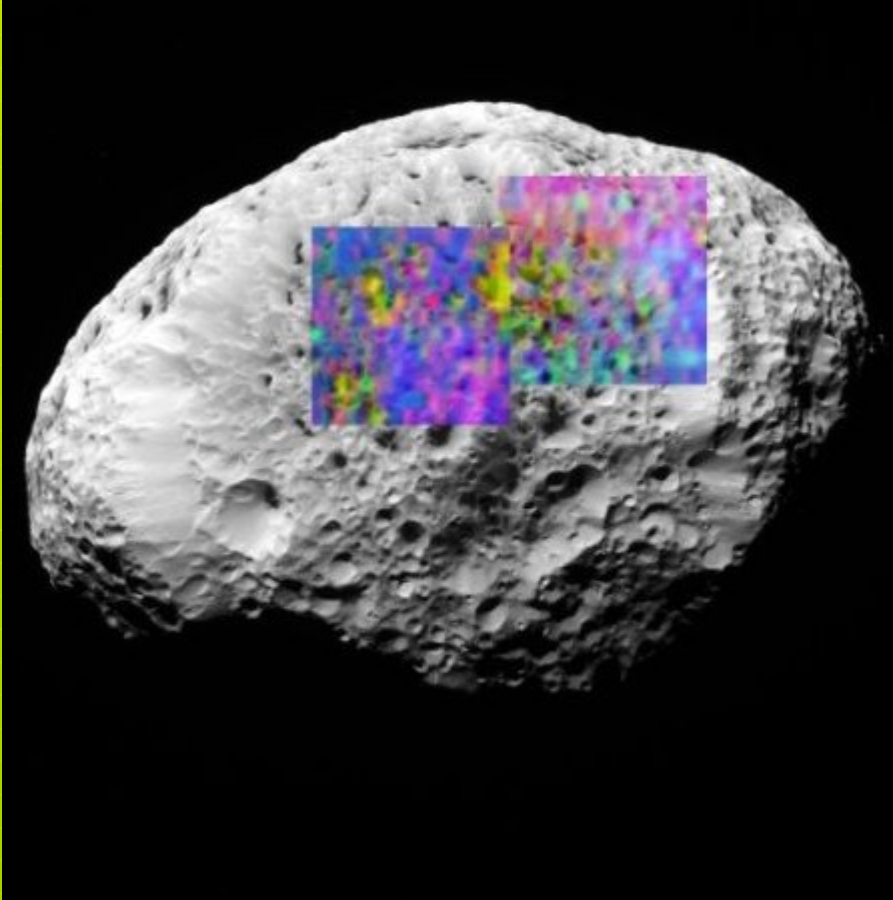
- Wymiary:  $360 \times 280 \times 225$  km
- Masa:  $5,584 \times 10^{18}$  kg
- Średnia gęstość:  $0,567 \text{ g/cm}^3$
- Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni:  $0,017 - 0,021 \text{ m/s}^2$
- Prędkość ucieczki:  $45 - 99 \text{ m/s}$
- Albedo:  $0,3$
- Jasność obserwowana (z Ziemi):  $14^m$

# „Kółko kanciaste”



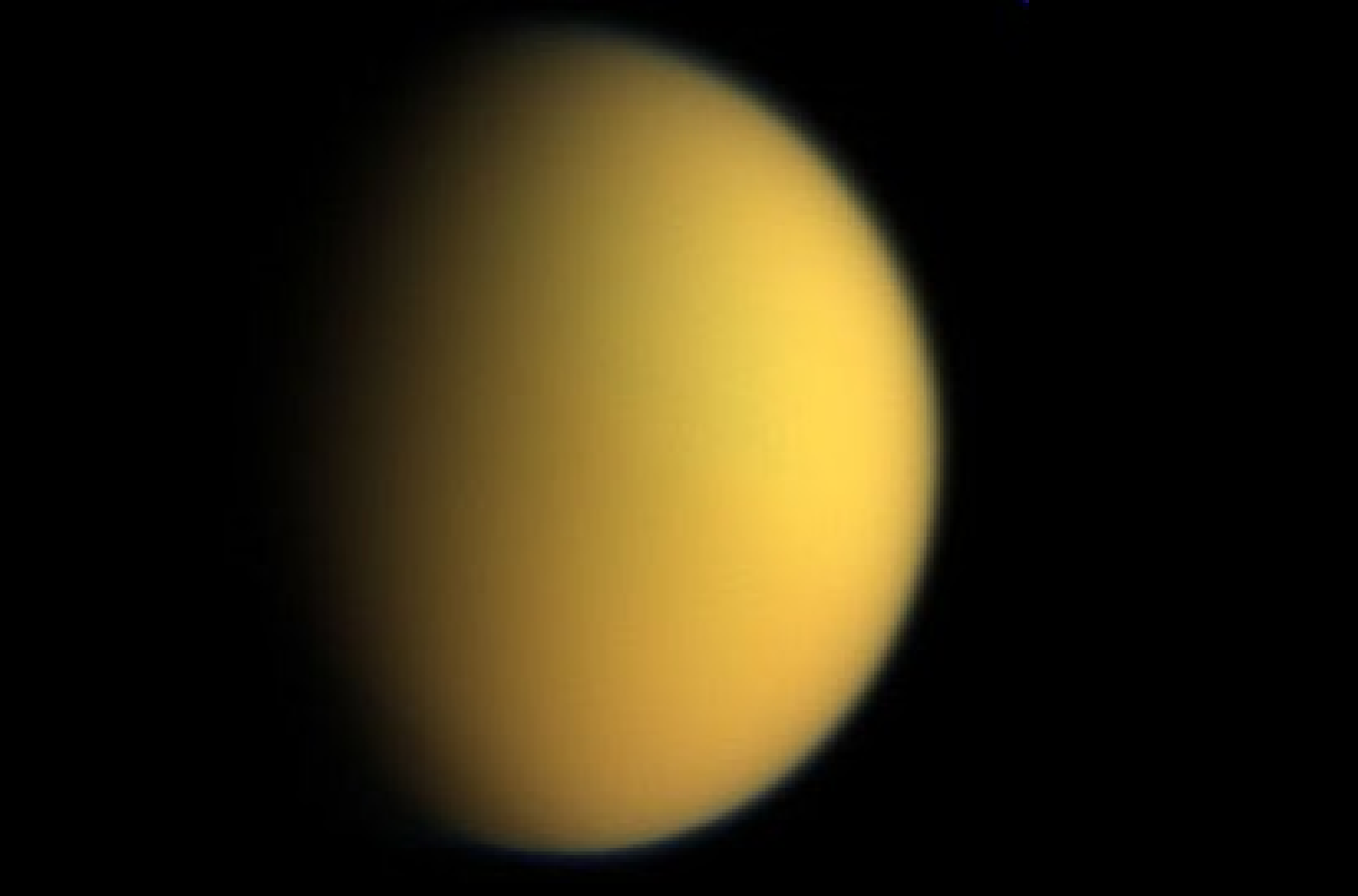
- Hyperion jest jedynym na tyle dużym obiektem w Układzie Słonecznym o tak nieregularnych kształtach
- Jego ruch jest bardzo chaotyczny – nie ma stałej osi obrotu

# Hyperion a życie



Przy pomocy spektrografu ustalono występowanie na Hyperionie węglowodorów

- Na Hyperionie odnaleziono ślady węglowodorów
- Węglowodory na Hyperionie na skutek działania światła UV połączyły się w bardziej złożone związki kluczowe dla powstania życia
- Odnalezienie lodu i suchego lodu



Tytan - największy księżyc Saturna, jest najbardziej podejrzewanym obiektem w Układzie Słonecznym o możliwość istnienia życia.

## Właściwości fizyczne Tytana:

- temperatura na powierzchni wynosi ok. 94 K (-179°C).
- ciśnienie wynosi ok. 1,5 bara.
- posiada gęstą atmosferę (bardzo podobną do ziemskiej) o grubości ok. 200 do 880 km, w której skład wchodzi azot (98,4 %) i metan (1,6%).
- średnia gęstość wynosi ok. 2 g/cm<sup>3</sup>, a przyspieszenie wynosi 1,35 m/s<sup>2</sup>.

Główne warstwy atmosfery Tytan w naturalnych barwach.

## Voyager 1



- 2 listopada 1980 roku sonda Voyager 1 przeleciała 4000km od Tytana. Zamiarem naukowców było sfotografowanie powierzchni księżyca, ale warstwa chmur okazała się całkowicie szczelna, a sonda nie mogła jej przeniknąć.

- 4 stycznia 2005 roku Huygens, ładownik sondy Cassini, wylądował na Tytanie, gdzie po godzinnej pracy zamarł. Przesyłał zdjęcia, dane o powierzchni i o atmosferze poprzez Cassiniego.



Cassini przedstawiony wirtualnie.





Próbnik Huygens



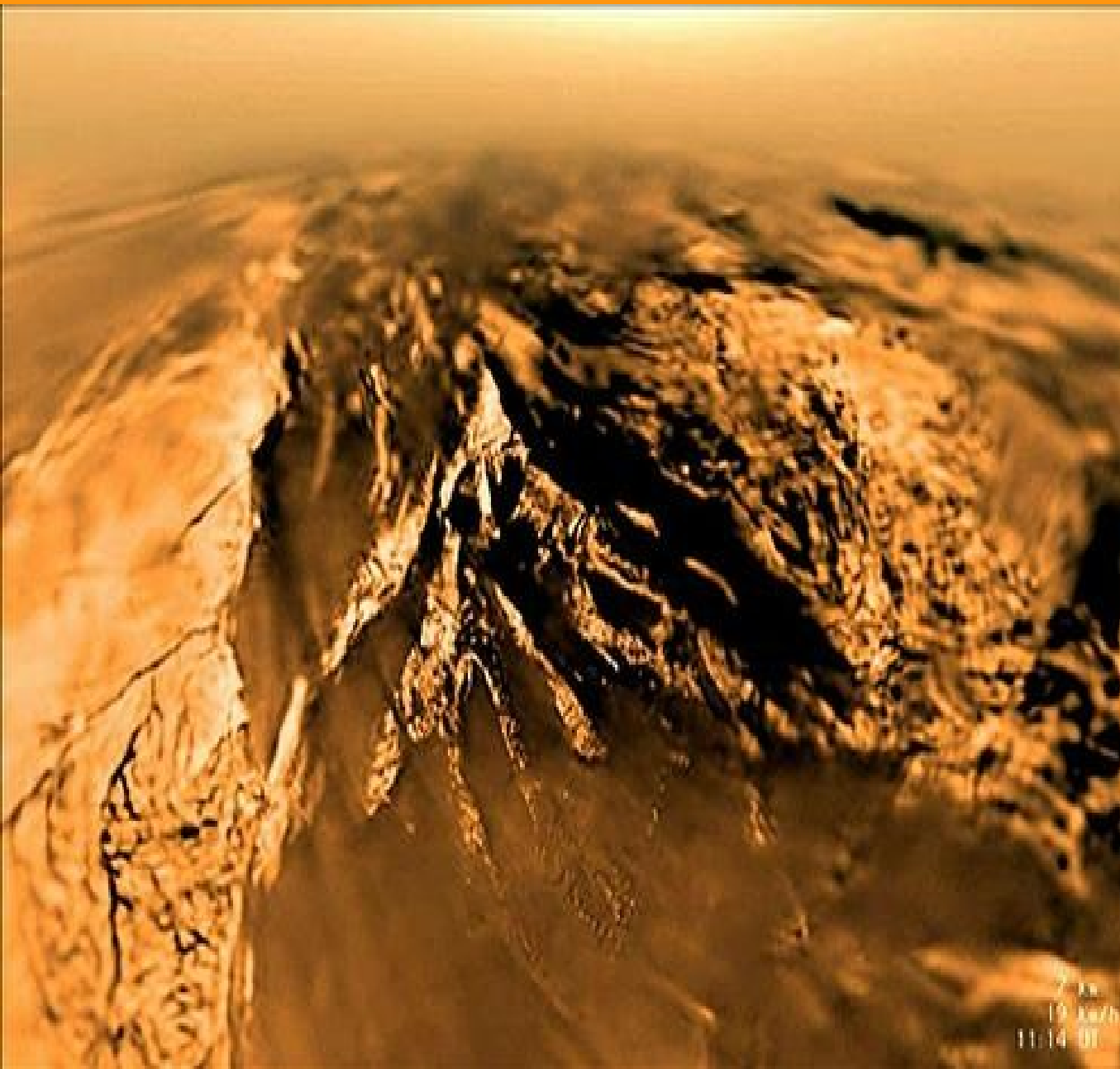
Powierzchnia Tytana.

Temperatura wynosi 94 K (-179°C), przy takiej temperaturze woda jest twarda jak granit.

Rolę wody przejmuje tam metan. Cykl metanowy jest bardzo podobny do ziemskiego cyklu hydrologicznego.

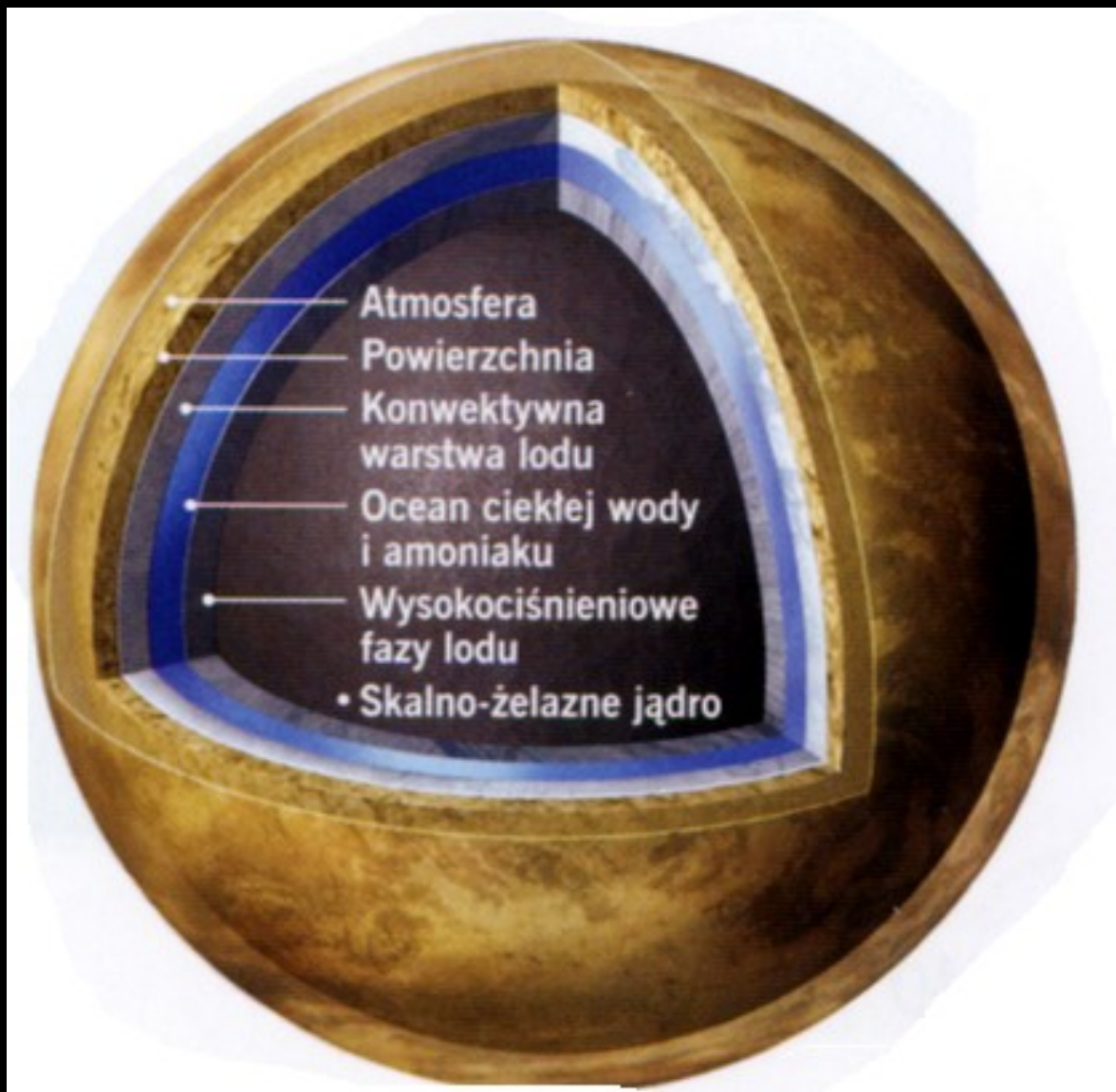
Na powierzchni księżycy Saturna są jeziora metanowe.

Jest to prawdopodobnie jedyne ciało w Układzie Słonecznym (poza Ziemią), na którego powierzchni występuje ciec.



Zdjęcie powierzchni  
Tytana zrobione  
przez Huygensa  
14 stycznia 2005 r.





Oto poszczególne warstwy Tytana. Pod powierzchnią znajduje się morze ciekłej wody zmieszanej z amoniakiem, w którym według niektórych naukowców mogło rozwinąć się życie.



Porównanie atmosfery ziemskiej do atmosfery Tytana.



Oto cykl metanowy na Tytanie.

W chmurach może się znajdować warstwa metanu o grubości 10m



Być może organizmy, aby uniknąć zamarznięcia, kryją się w gorących źródłach, które wyrzucają amoniak. Źródła te mają kontakt ze zbiornikami węglowodorów.



Inne podejrzane miejsca

1. Bakterie są zdolne przetrwać ekstremalnie zimne warunki, będąc przez tysiące lat uwięzione pod lodem.

2. Słońce okrąża wiele zamrożonych i pokrytych lodem ciał niebieskich, więc możemy przypuszczać, że na którymś z nich znajdziemy życie (np. na Marsie)



Zdjęcie wykonane przez sondę Mariner 10

# Organizmy mieszkające na Merkurym musiałyby:

1. Przetrwać bardzo niskie ciśnienie ( $10^{-12}$  hPa) – brak atmosfery
2. Przetrwać bardzo niską i bardzo wysoką temp. Temperatura może przekraczać w dzień:  $400^{\circ}\text{C}$ , w nocy ok.  $-200^{\circ}\text{C}$ .
3. Na Merkurym, na oświetlonej stronie planety, woda paruje, a na nieoświetlonej zamarza. Nie ma tam żadnych warunków do powstania życia.



Wenus w naturalnych kolorach

# Żeby na Wenus przetrwało życie organizmy musiałyby:

1. Oddychać dwutlenkiem węgla, gdyż atmosfera Wenus składa się z:

- a) dwutlenku węgla (96%)
- b) azotu (3%)
- c) śladowe ilości pierwiastków

i związków chemicznych:

- dwutlenek siarki
- tlenek węgla (II)
- argon
- neon

2. Przetrwać ciśnienie wynoszące ok. 9322 kPa ( 93 razy większe niż na Ziemi).
3. Przetrwać w temp. wahającej się między 440 a 500°C (najwyższa możliwa temp. może wynosić aż 650°C).
4. Jednak na wysokości ok. 50 km, w atmosferze panuje temperatura od 50°C do 70°C. Znane są takie organizmy (termofile), które przetrwały by tam.
5. Promieniowanie słoneczne w atmosferze jest bardzo duże, mimo tego, znajduje się tam siarka, która doskonale pochłania promieniowanie, umożliwiając snucie hipotez o możliwym życiu w atmosferze Wenus.



Nie jest potwierdzone, że na Czerwonej Planecie może istnieć życie, ale są bakterie, które mogą przetrwać kilkanaście godzin w warunkach takich jak na Marsie:

- w temperaturze od  $-80^{\circ}\text{C}$  do  $23^{\circ}\text{C}$ .
- przy bardzo małym ciśnieniu
- w bardzo silnym promieniowaniu UV.



## **Aby na Jowiszu mogło istnieć życie, organizmy musiałyby:**

- a) przetrwać temperaturę wahającą się między  $-140^{\circ}\text{C}$ , a  $-118^{\circ}\text{C}$ .
- b) przystosować się do ciśnienia równemu ok. 70 kPa (700 hPa)
- c) przystosować się do tego, że nie miałyby „gruntu stałego pod nogami”, tzn. na planetach gazowych nie ma stałych powierzchni, tylko w większości gazową.



d) przetrwać w atmosferze, w której skład wchodzi:

- wodór (ok. 86%)

- hel (ok. 14%)

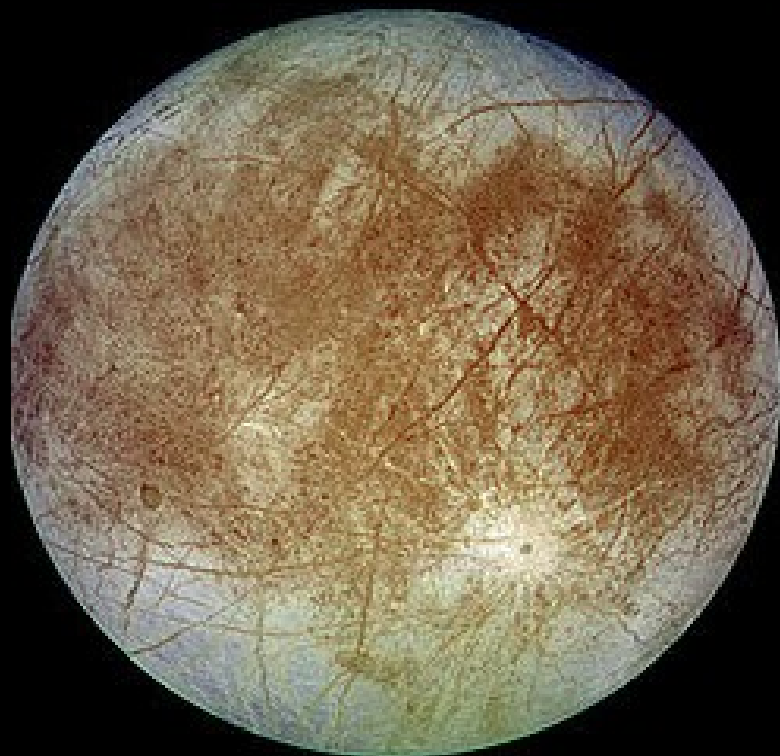
- inne (metan, para, amoniak) (mniej niż 1%)

e) przetrwać nieustające burze, które często posiadają prędkość do 800 km/h

f) przyzwyczać się do grawitacji równej ok.  $24 \text{ m/s}^2$

Europa - księżyc Jowisza. Powierzchnia Europy jest złożona z wody w postaci lodu, co zwiększa szanse na istnienia tam życia. Pod powierzchnią znajduje się ocean słonej wody.

To jest bardzo ważne, jeśli szukamy organizmów żywych na tym księżycu. Sprzyjającym faktem jest też to, że na Europie atmosfera jest w 100% złożona z tlenu. Natomiast panuje tam bardzo niskie ciśnienie równe 1 mikroPa.



Księżyc Jowisza, Ganimedes, posiada atmosferę Składającą się w 100% z tlenu. Temperatura na Powierzchni wynosi 110 K (-163°C), a ciśnienie Jest bardzo małe, mniej niż Pa. Na równiku widać czapy lodowe, a kiedyś pewne obszary przesuwały się jak płyty kontynentalne na Ziemi.

Europa widziana przez sondę Galileo w naturalnych warunkach.

Żeby organizmy żywe mogły funkcjonować na Saturnie musiałyby spełniać prawie takie same warunki jak na Jowiszu.

Na Saturnie wieją silniejsze wiatry (ok. 1800 km/h), jest trochę niższa temperatura (ok.  $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$  do ok.  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Ta planeta jest prawie całkowicie złożona z helu i wodoru, więc wyklucza się ją z szukania na niej życia.



Zdjęcie Saturna zrobione przez sondę Cassini.

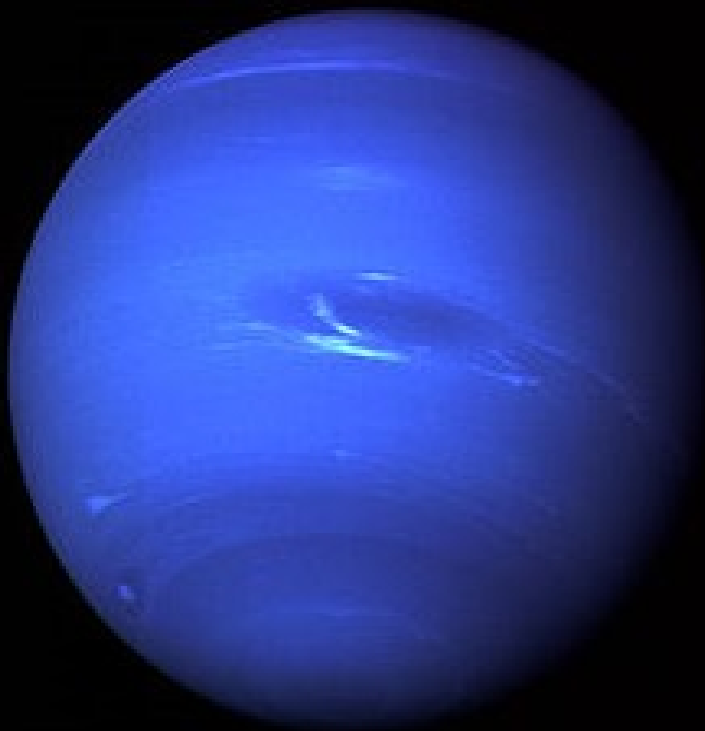
Na księżycu Saturna, Tetysie panuje niska temperatura równa 86 K (-187°C) i jest bardzo mała gęstość wynosząca 0,97 g/cm<sup>3</sup>. prawie cały księżyc składa się z lodu wodnego.



Enceladus, księżyc Saturna, posiada atmosferę składającą się z pary wodnej (91%), azotu (4%), dwutlenek węgla (3,2%) i metanu (1,7%). Jednak najciekawsze jest to, że na tym satelicie występują gejzery. Wyrzucają one cząsteczki lodu, co daje podstawy na istnienie oceanów pod powierzchnią na tym małym księżycu. To wskazuje na istnienie życia, lecz panuje tam bardzo niska temperatura równa 75 K (-198°C).

Na tym księżycu mogą żyć ekstremofile żyjące w gejzerach (polistenotermy)

Zdjęcia wykonane przez sondę Voyager 2.



- niska temperatura,
- wysokie ciśnienie,
- brak procesów, które dostarczyłyby energię