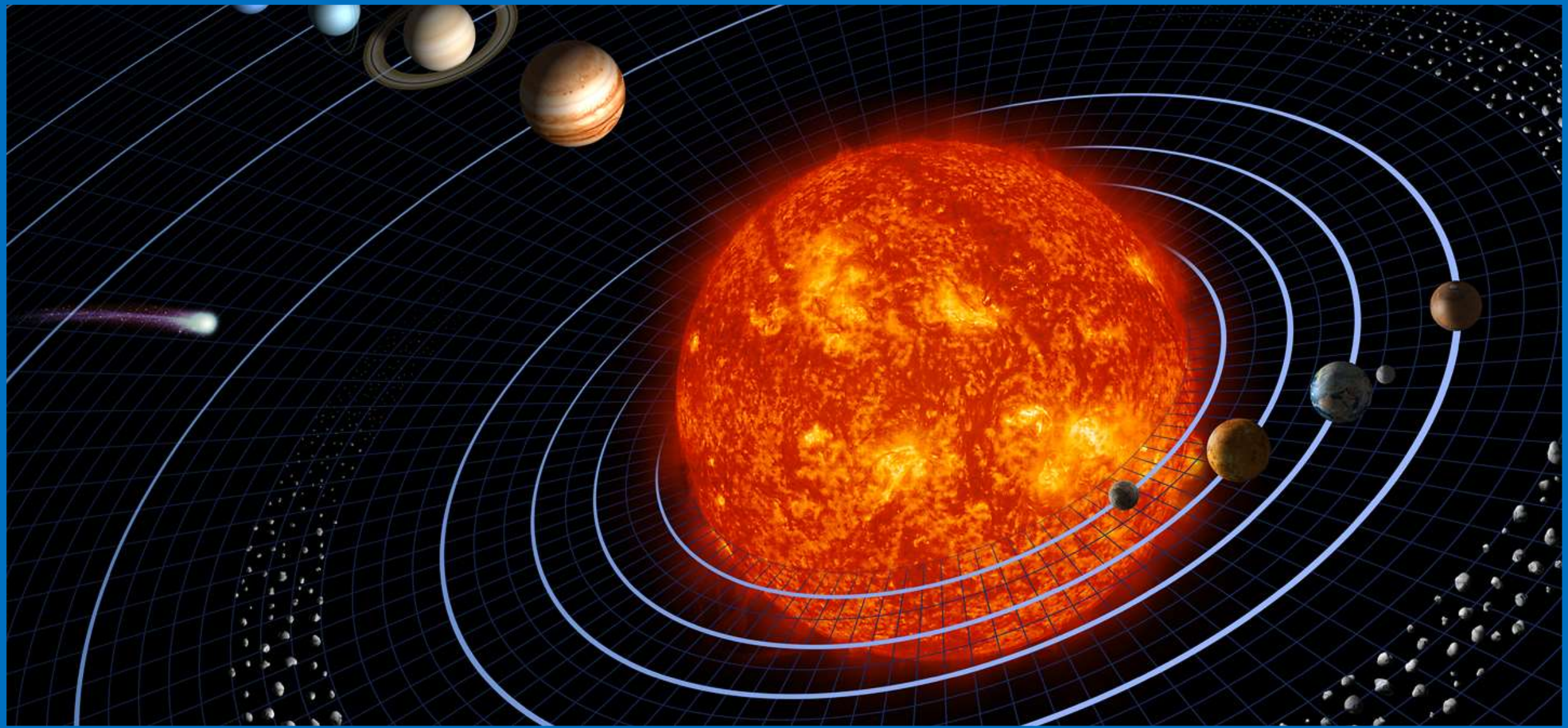




## II. Ziemia we wszechświecie

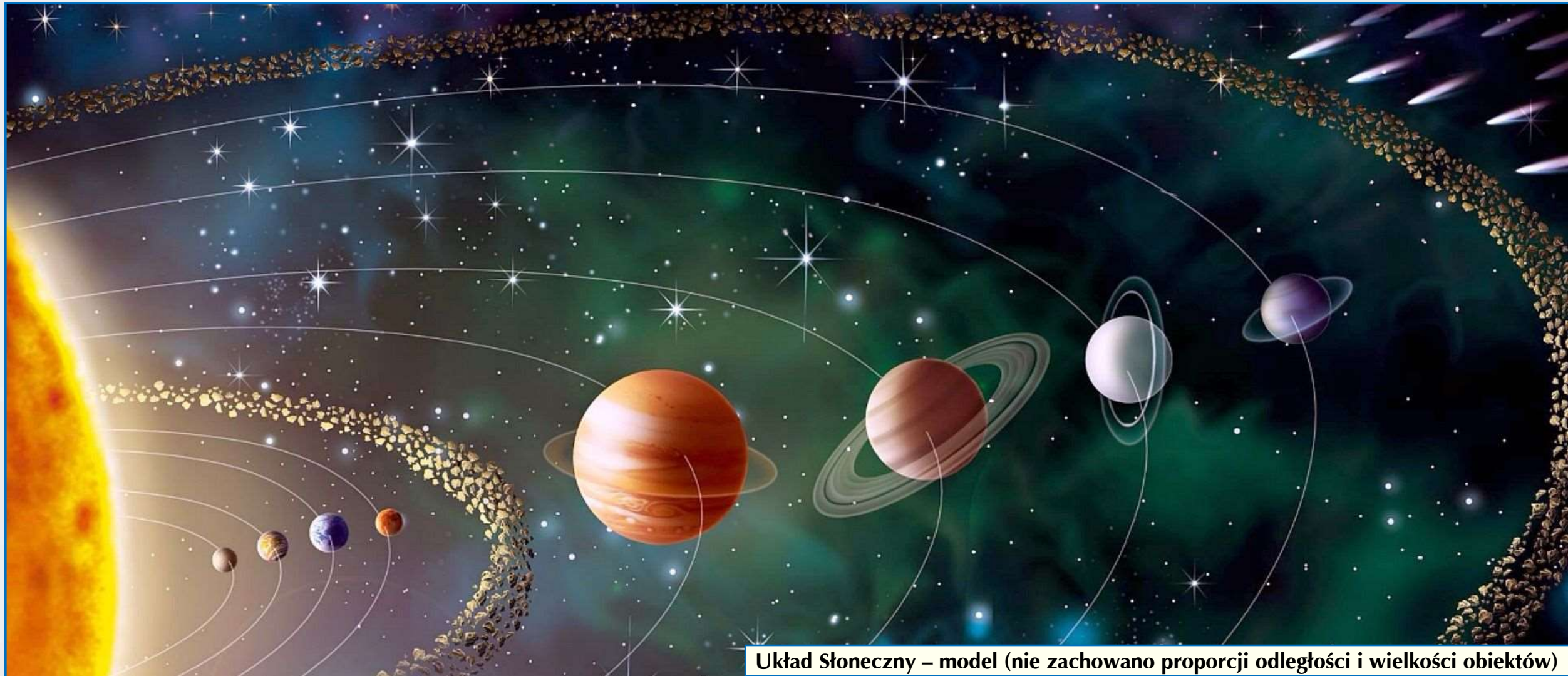
### 2a. Budowa Układu Słonecznego



# Planety Układu Słonecznego

# Skład Układu Słonecznego

- **Układ Słoneczny** stanowi zespół ciał niebieskich złożony z **gwiazdy (Słońce)** i związanych z nią siłami grawitacji: **planet, księżyców, planetoid, komet, meteoroidów** oraz **materii międzyplanetarnej**.
- Prawie cała masa Układu Słonecznego (99,87%) skupiona jest w centrum układu, tj. w Słońcu.



Układ Słoneczny – model (nie zachowano proporcji odległości i wielkości obiektów)

# Planety Układu Słonecznego

- **Planety** obiegają po **eliptycznych** (prawie kolistych) drogach, zwanych **orbitami**, centralnie położone Słońce i świecą jego odbitym światłem.
- Niektóre spośród nich, jak Wenus i Mars, są na nieboskłonie jaśniejsze od najjaśniejszych gwiazd, inne – np. Neptun – nie są w ogóle widoczne gołym okiem.
- Orbity większości planet, ich księżyców i planetoid leżą prawie w jednej płaszczyźnie.
- Kierunek ruchu obiegowego planet po orbitach jest zgodny z kierunkiem ruchu obrotowego Słońca wokół własnej osi i tak samo kierunek obiegu księżyców wokół macierzystych planet odpowiada kierunkowi ruchu obrotowego planet.
- Planety znacznie różnią się wielkością, budową wewnętrzną, składem chemicznym, prędkością i charakterem ruchu, temperaturą, liczbą księżyców.
- Cechy te pozwalają wyróżnić:
  - **planety grupy ziemskiej,**
  - **planety olbrzymy.**



Planety widoczne z Ziemi w grudniu 2015 r.



# 1. Planety grupy ziemskiej

→ **Planety grupy ziemskiej** (Merkury, Wenus, Ziemia i Mars) są:

- stosunkowo niewielkie,
- o dużej gęstości,
- podobnej budowie – posiadają metaliczne jądro otoczone skalną skorupą,
- z widocznymi pozostałościami aktywności wulkanicznej i tektonicznej.
- wszystkie posiadają atmosferę:
  - najrzadszą, śladową – Merkury,
  - najgęstsza – Wenus, gdzie efekt cieplarniany powoduje rozgrzanie powierzchni globu i atmosfery do blisko 500°C.

→ Planety te znane były już w starożytności, z zastrzeżeniem jednak, że Ziemi przypisywano wówczas szczególną rolę i do planet jej nie zaliczano.

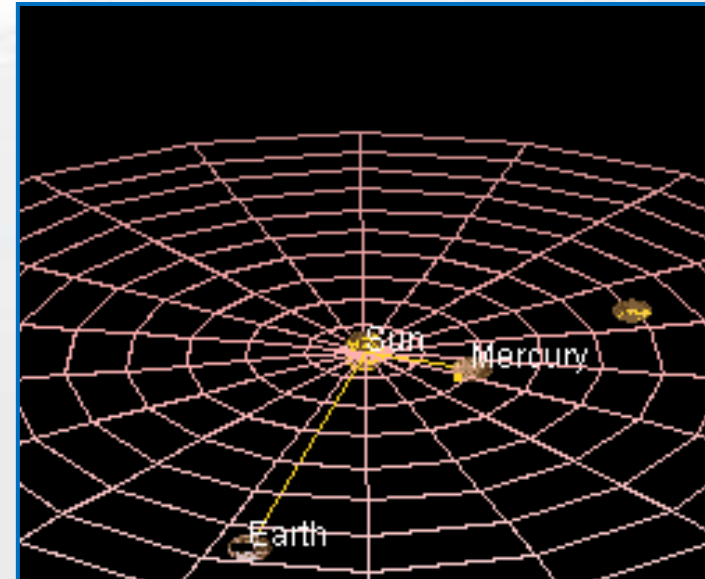
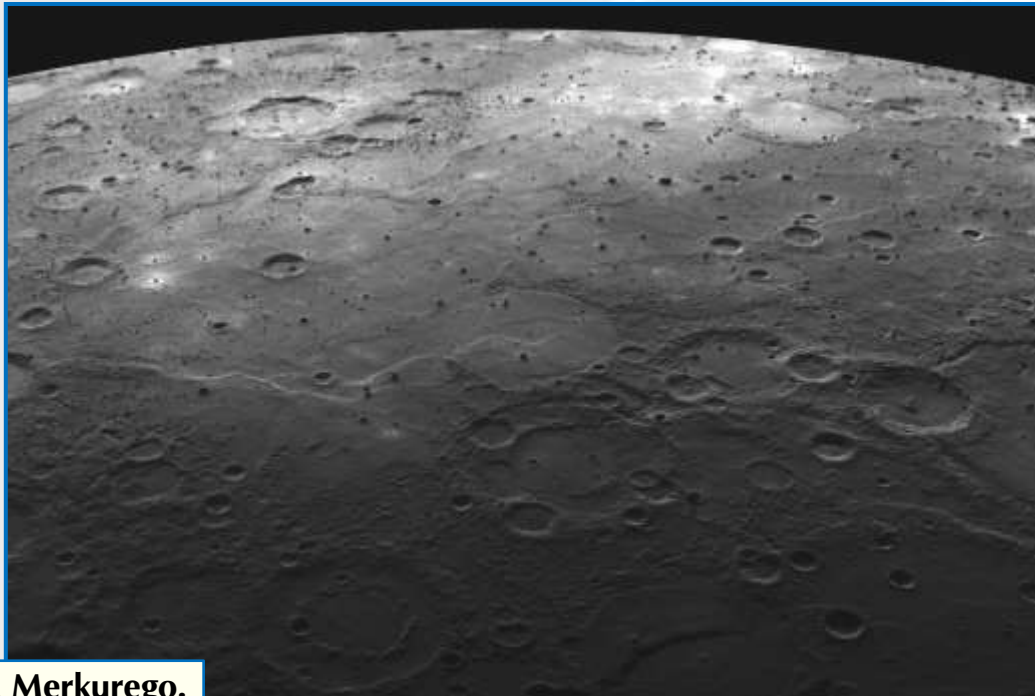


# Merkury

- **Merkury** – najmniejsza i najbliższa Słońcu planeta Układu Słonecznego.
  - Jako planeta wewnętrzna znajduje się dla ziemskiego obserwatora zawsze w pobliżu Słońca i jest trudna do obserwacji.
    - Mimo to należy do planet widocznych gołym okiem i była znana w starożytności.
      - Merkurego dojrzeć można jedynie tuż przed wschodem lub tuż po zachodzie Słońca.
  - Rzeźba powierzchni Merkurego przypomina Księżyc – liczne kratery uderzeniowe (po uderzeniu planetoid i komet).
  - Praktycznie pozbawiony jest atmosfery, która jest silnie rozrzedzona – składa się głównie z: tlenu, sodu, wodoru i helu.
  - Temperatura powierzchni waha się od około  $-180^{\circ}\text{C}$  do około  $430^{\circ}\text{C}$ .
  - Planeta ma duże żelazne jądro (40% objętości), generujące pole magnetyczne.
    - Posiada jedną z największych gęstości spośród planet US (większą ma Ziemia).



Powierzchnia Merkurego.



Porównanie ruchu obiegowego Merkurego i Ziemi. Merkury ma najkrótszy ruch obiegowy, który wynosi tylko 0,24 obiegu ziemskiego.

# Wenus

- **Wenus** – druga od Słońca skalista planeta US, trzecia pod względem jasności na niebie (po Słońcu i Księżycu).
- Nazwa planety wzięta się od rzymskiej bogini miłości, Wenus.
- Na nocnym niebie widoczna jest ok. 3 godziny przed wschodem i zachodem Słońca – zwana jest **Gwiazdą Poranną** (Jutrzenką) lub **Gwiazdą Wieczorną**.
- Okres obiegu 224,7 dnia, okres obrotu wokół własnej osi około 243 dnia (zgodnie z ruchem wskazówek zegara i odwrotnie niż reszta planet).

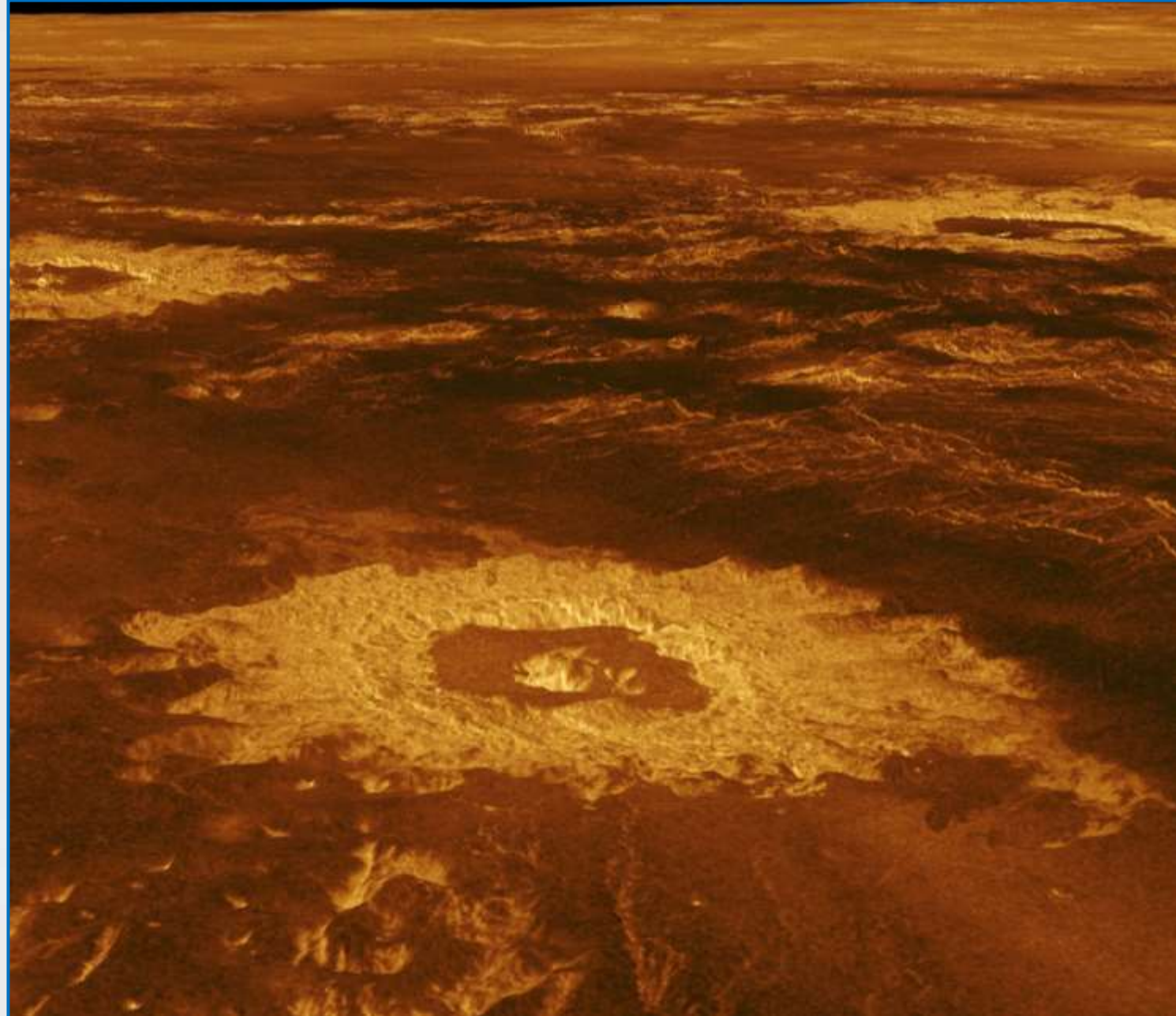


Budowa wnętrza Wenus: pod grubą skorupą znajduje się płaszcz, otaczający metaliczne jądro.



# Wenus

- Wenus pokryta jest grubą warstwą atmosfery (najgęstsza w Układzie Słonecznym) – nieprzezroczystą i dobrze odbijającą światło chmur kwasu siarkowego, które nie pozwalają na obserwację jej powierzchni z kosmosu.
  - Na planecie panują bardzo wysokie temperatury – około  $470^{\circ}\text{C}$  (atmosfera składa się także z dwutlenku węgla).
  - Najprawdopodobniej w przeszłości na Wenus były oceany, tak jak na Ziemi, ale odparowały, gdy temperatura powierzchni wzrosła.
  - Ciśnienie atmosferyczne na powierzchni jest ok. 92 razy większe niż na Ziemi.
- Powierzchnia Wenus została ukształtowana przez zjawiska wulkaniczne.
  - Na planecie jest niewiele widocznych kraterów uderzeniowych, co wskazuje, że jej powierzchnia jest stosunkowo młoda – ma około 300-600 milionów lat.





# Ziemia

- **Ziemia** – jest jedyną planetą Układu Słonecznego posiadającą biosferę.
  - Składnikowi biosfery – roślinom zielonym – Ziemia zawdzięcza swoją nietypową, tlenową atmosferę.
  - Dość szybki ruch wirowy i umiarkowanie gęsta atmosfera warunkują stabilizację temperatury na naszej planecie.
  - Najprawdopodobniej ten właśnie czynnik, w powiązaniu ze sprzyjającą odległością od Słońca i obfitością wody, zdecydował o pojawieniu się i rozwoju życia.
- W odróżnieniu od innych planet obraz Ziemi zdominowany jest przez pokrywające blisko 3/4 jej powierzchni morza i oceany (tzw. morza na Księżycu są jedynie rozległymi, zupełnie suchymi równinami, pokrytymi pyłem).
  - Woda jest jednocześnie najważniejszym czynnikiem rzeźbotwórczym i transportowym na lądach.

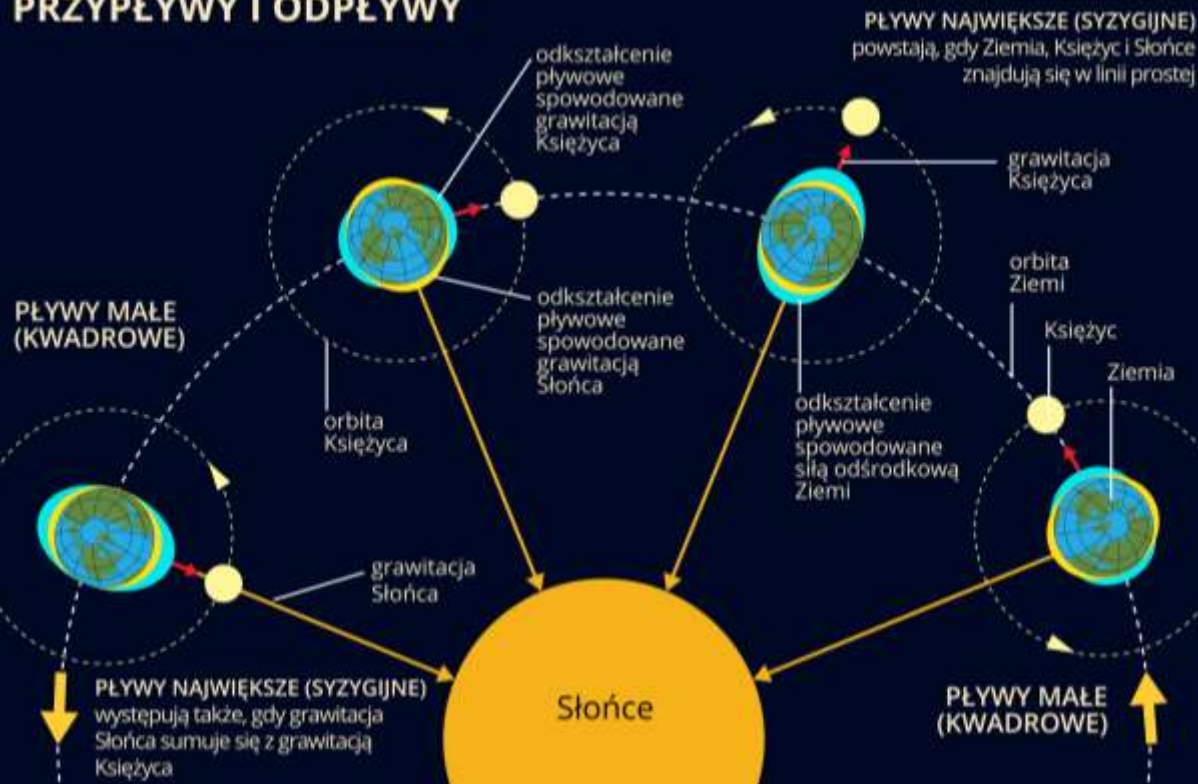


# Ziemia

- Ziemia jest najbliższą Słońca planetą posiadającą naturalnego satelitę – Księżyc.
- Ziemski Księżyc jest nadzwyczaj duży w stosunku do obieganej planety.
- Jego masa stanowi aż 1,25% masy Ziemi, co pozwala mu na generowanie fali pływowej nie tylko w morzach i oceanach, ale i w litosferze ziemskiej.



## PRZYPIŁYWY I ODPŁYWY



# Mars

- **Mars** – najchłodniejsza planeta US, posiadająca jedynie dość cienką atmosferę, składającą się głównie z CO<sub>2</sub> i w mniejszych ilościach z azotu, argonu, tlenu i pary wodnej (chmury są złożone z kryształków CO<sub>2</sub> i lodu).
- Na jego powierzchni występuje woda w postaci zestalonej, tworząca głębsze warstwy czap polarnych, pokrytych pyłem i zestalonym dwutlenkiem węgla (obecność dolin rzecznych świadczy, że kiedyś była tu w postaci ciekłej).
- Położenie osi i okres obrotu Marsa są bardzo zbliżone do ziemskich (doba słoneczna dłuższa o 41 minut od ziemskiej).
- Występują analogiczne pory roku do ziemskich – trwają one jednak 2 razy dłużej.
- Temperatura latem wzrasta do 30°C w strefie równikowej,
  - zimą w nocy spada do około -130°C.
- Różnice temperatury powierzchni planety wywołują potężne wiatry o prędkościach do 300 km/h (powstają wydmy).



# Mars

- Na Marsie znajduje się najwyższy wulkan Układu Słonecznego – Olympus Mons (wysokość blisko 27 km, średnica stożka około 550 km, zaś średnica krateru na wierzchołku ponad 60 km).
- Wokół planety przemieszczają się dwa naturalne satelity: Fobos i Deimos.



Powierzchnia Marsa uzyskana przez Mars Pathfinder



Księżycy Marsa: Fobos (po lewej) i Deimos (po prawej)



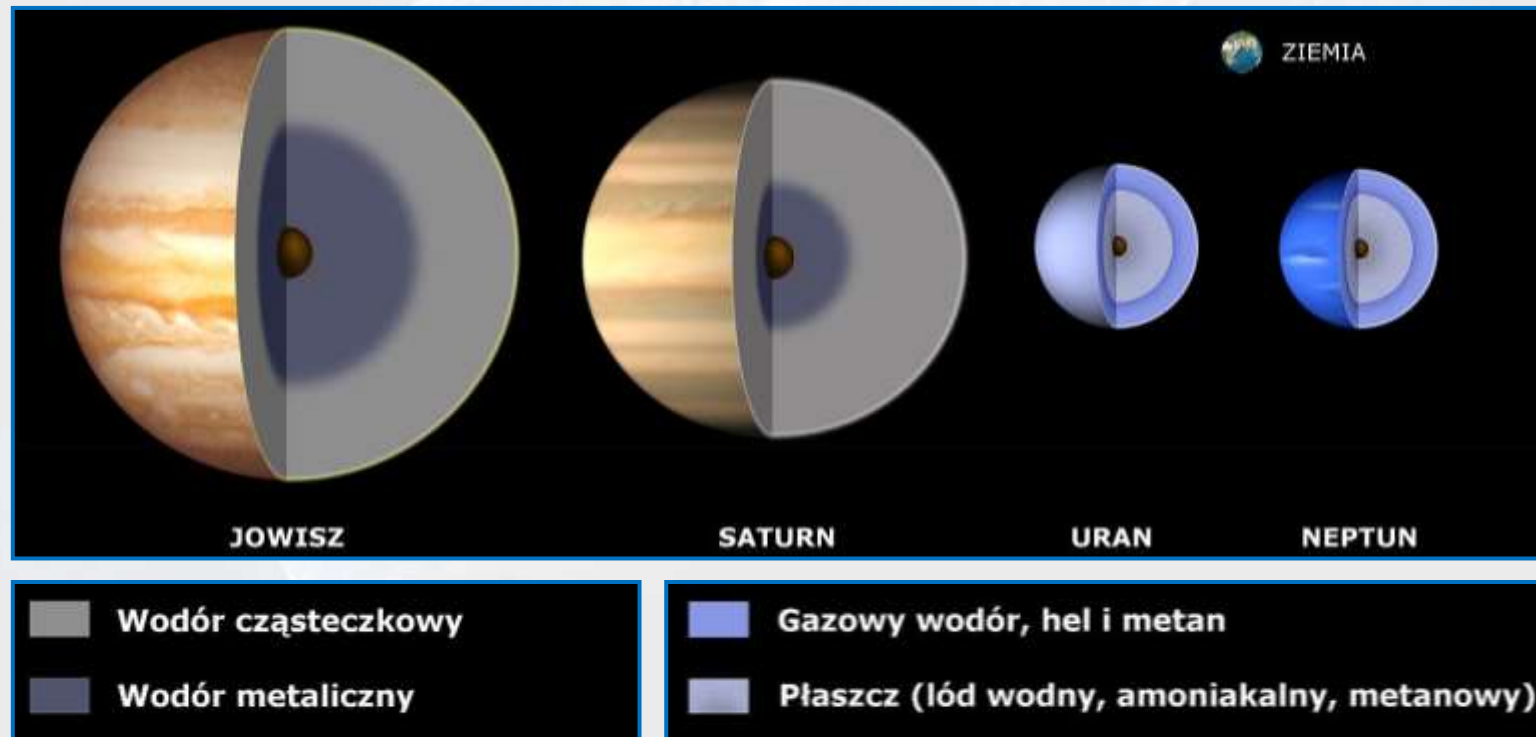
Zdjęcie Marsa – nad brzegiem planety widoczna cienka, zapylona atmosfera



Największy w całym Układzie Słonecznym, wulkan marsjański – Olympus Mons

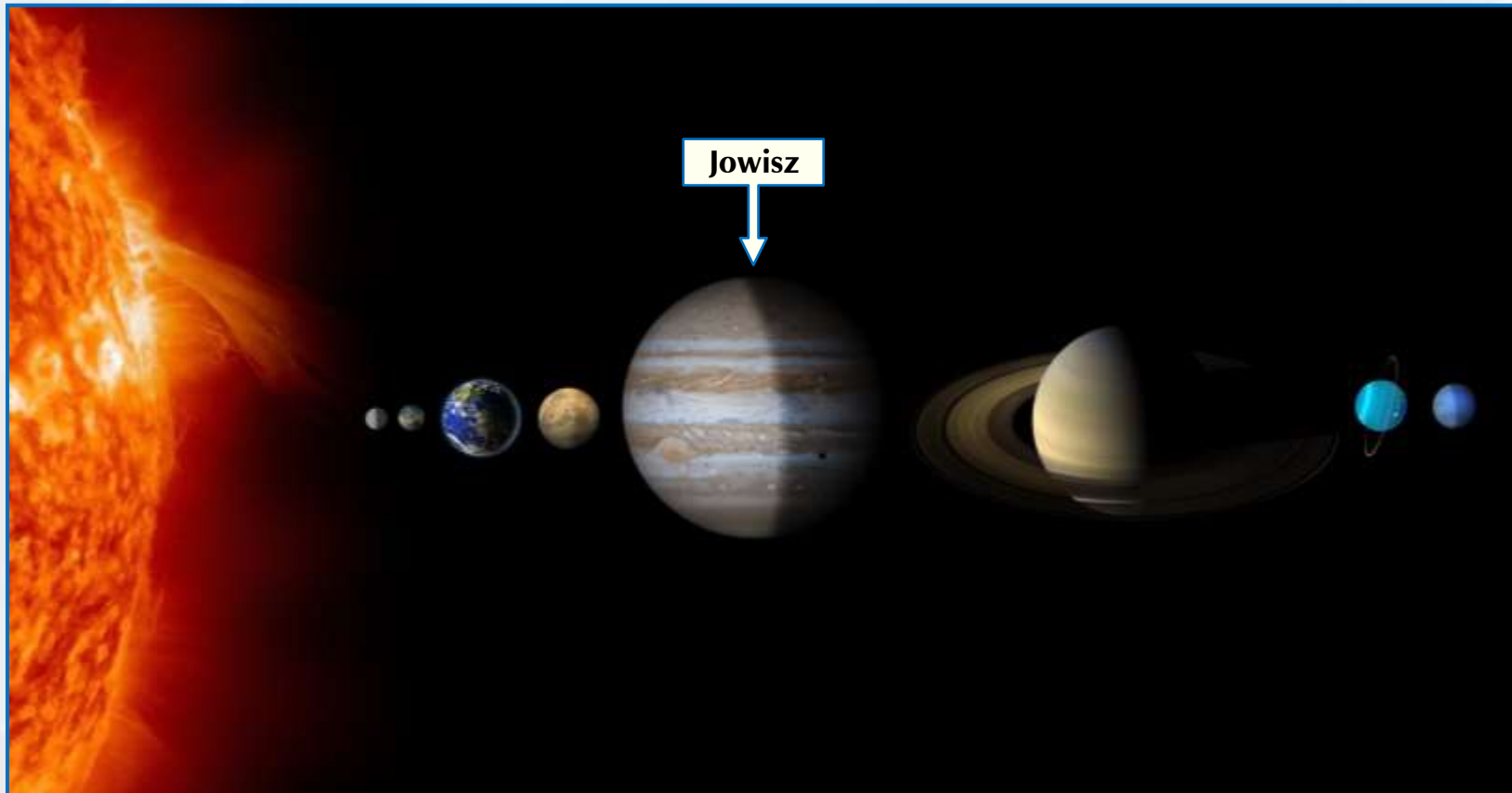
## 2. Planety olbrzymy (planety jowiszowe)

- **Planety olbrzymy (planety jowiszowe) (Jowisz, Saturn, Uran i Neptun)** – cechują się niewielką gęstością, stosunkowo niedużym stałym jądrem i bardzo grubą atmosferą, składają się głównie z wodoru, helu, metanu i amoniaku (wraz z głębokością przechodzi stopniowo w stan ciekły).
- Skład chemiczny tych planet jest podobny do składu Słońca i tylko ich zbyt małe masy stanęły na przeszkodzie do zapoczątkowania reakcji termojądrowych.
- Planety tej grupy wykazują silne spłaszczenie biegunowe, wynikające z szybkiego obrotu wokół własnej osi oraz z gazowo-ciekłego stanu większości materii, ułatwiającego jej przemieszczanie się w kierunku równika.
- Wokół każdej z planet krążą liczne księżyce oraz uformowały się pierścienie (najlepiej widoczne wokół Saturna), złożone głównie z rozrzedzonej materii międzyplanetarnej i brył lodu.



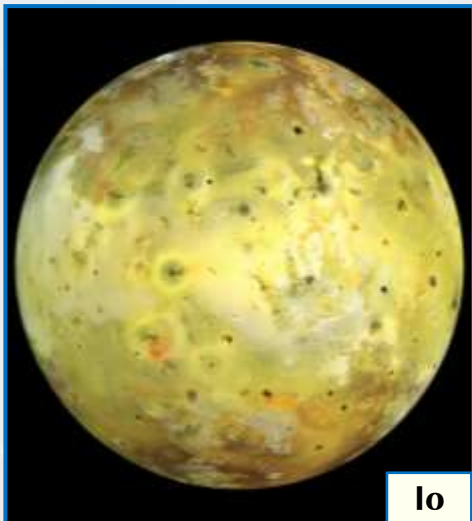
# Jowisz

- **Jowisz** jest czwartym pod względem jasności obiektem ziemskiego nieba i największą planetą Układu Słonecznego.
- Ze względu na wynoszący tylko 10 godzin czas obrotu wokół własnej osi, wykazuje on silne spłaszczenie biegunowe – około 200 razy większe od ziemskiego, przy średnicy planety tylko 11 razy większej od ziemskiej.
- 13% masy Jowisza skupione jest w stałym jądrze żelazowo-krzemianowym.
- Jest ono otoczone grubą warstwą ciekłego wodoru.

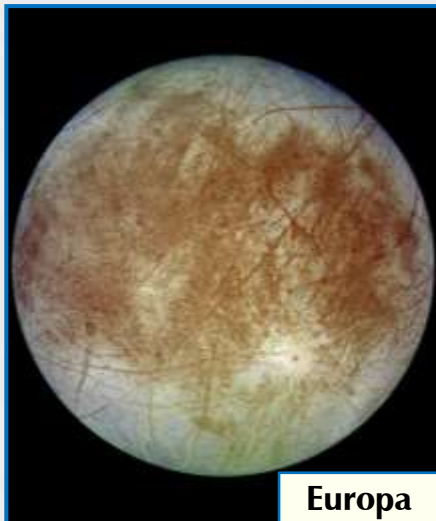


# Jowisz

- W zbudowanej głównie z wodoru i helu gazowej atmosferze Jowisza wieją silne wiatry (prędkość do 600 km/h).
- Zagadkową cechą Jowisza jest występowanie **wielkiej czerwonej plamy** (gigantycznego zawirowania w atmosferze).
- Dokoła Jowisza ukształtował się “układ planetarny” złożony z 80 księżyców (ostatnie 13. odkryto w latach 2018-2021).
- Najbardziej znane są tzw. księżycy galileuszowe odkryte w 1610 r. i porównywalne wielkością z ziemskim Księżycem: **Io**, **Europa**, **Ganimedes** i **Kallisto**.
- Zdjęcia księżyców Jowisza, przekazane przez sondy Voyager i Galileo, dostarczyły dowodów na utrzymującą się do dziś aktywność wulkaniczną na Io i Europie, intensywne procesy tektoniczne włącznie z trzęsieniami ziemi na Ganimedesie oraz występowanie pokryw lodowych na Europie.



Io



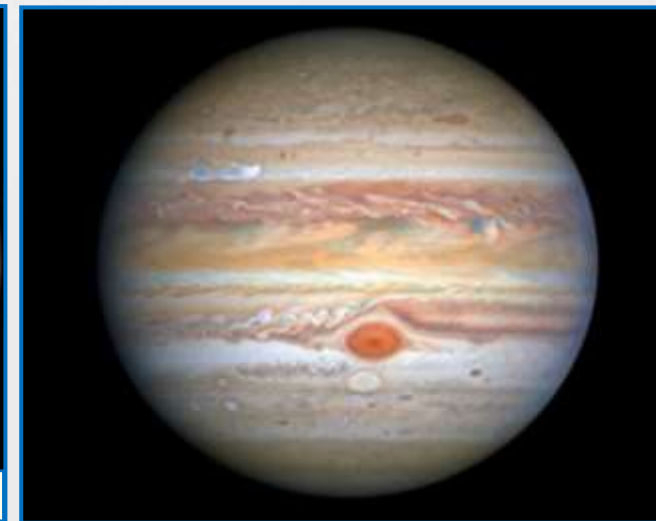
Europa



Ganimedes

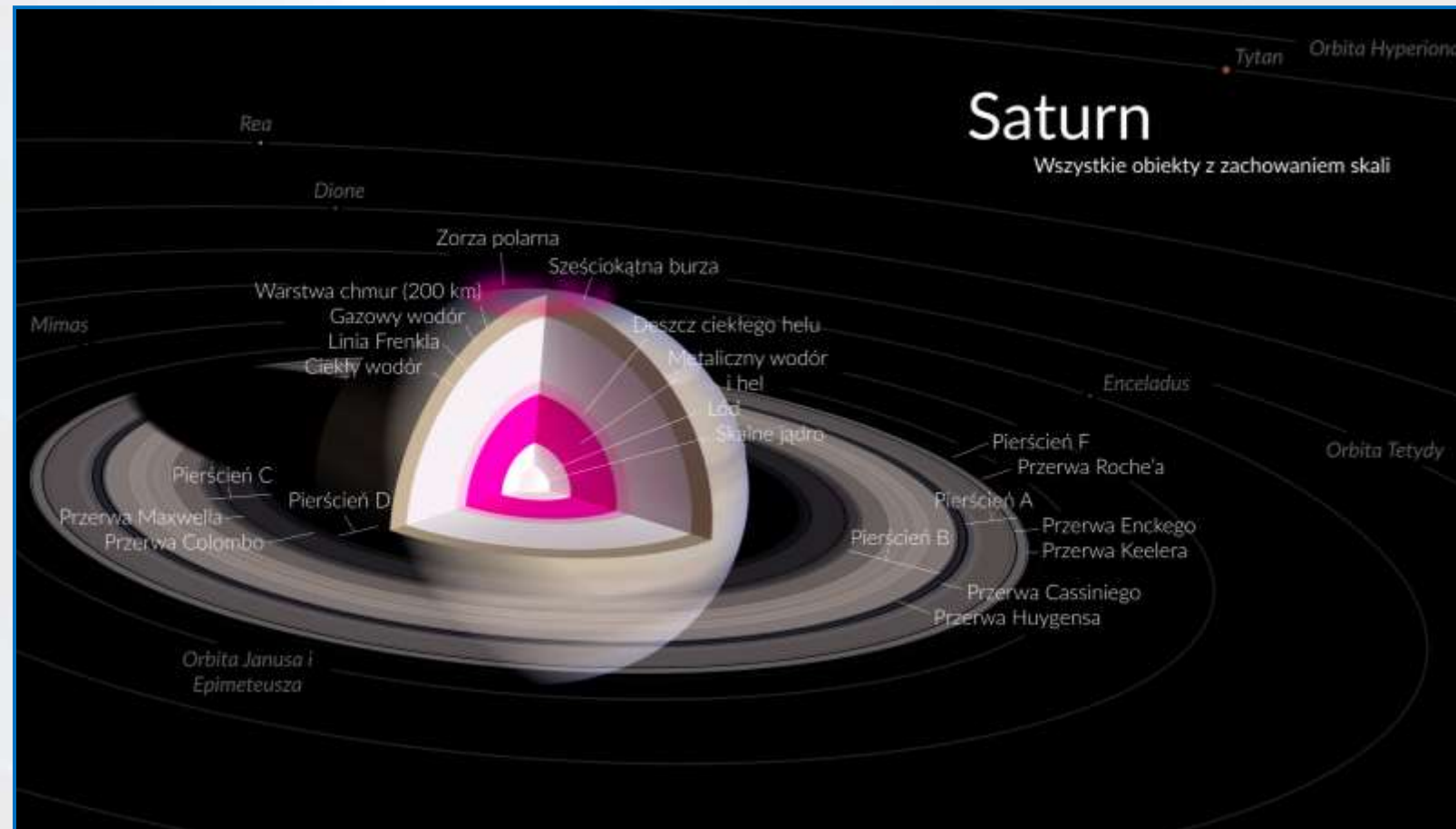


Kallisto



# Saturn

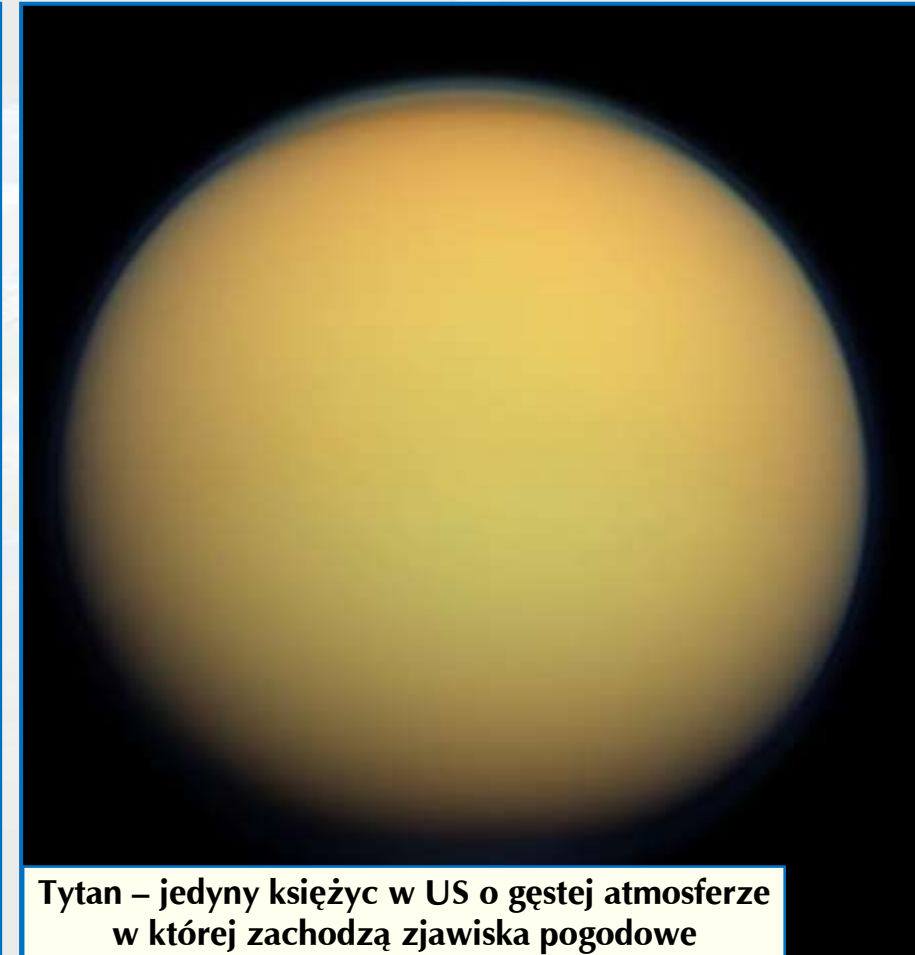
- **Saturn** – gazowy olbrzym, szósta planeta US pod względem oddalenia od Słońca, druga po Jowiszu pod względem masy (65 razy większa niż masa Ziemi) i wielkości (jego promień jest około 9 razy większy od promienia Ziemi).
- Wnętrze gazowego olbrzyma prawdopodobnie składa się z jądra z żelaza, niklu, krzemu i tlenu, otoczonego warstwą metalicznego wodoru, warstwy pośredniej ciekłego wodoru i ciekłego helu oraz zewnętrznej warstwy gazowej.
- Zewnętrzna warstwa atmosfery wydaje się na ogół spokojna, choć mogą się na niej utrzymywać długotrwałe układy burzowe – wieją na nim wiatry o prędkości około 1800 km/h.





# Saturn

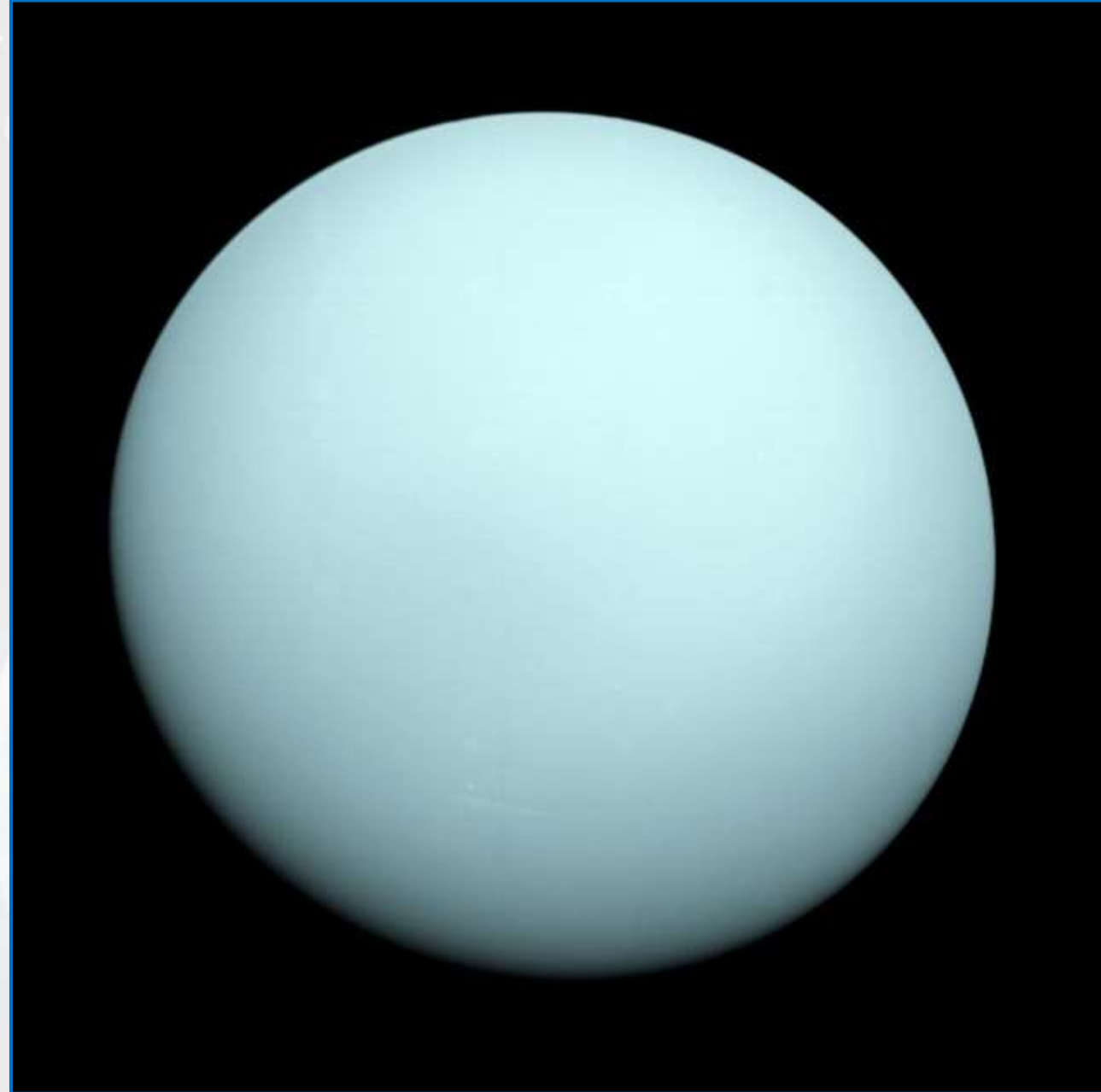
- Charakterystyczną cechą Saturna są najbardziej rozbudowane ze wszystkich planet pierścienie (jest ich 9), składające się głównie z lodu i w mniejszej ilości z odłamków skalnych;
- Obecnie znane są 62 naturalne satelity Saturna (53 z nich posiada swoje nazwy).
  - Księżyc Tytan to 2 co do wielkości księżyc w US (po księżycu Jowisza Ganimesie),
  - jest większy od planety Merkury i jest jedynym księżycem w Układzie Słonecznym posiadającym gęstą atmosferę.



Tytan – jedyny księżyc w US o gęstej atmosferze w której zachodzą zjawiska pogodowe

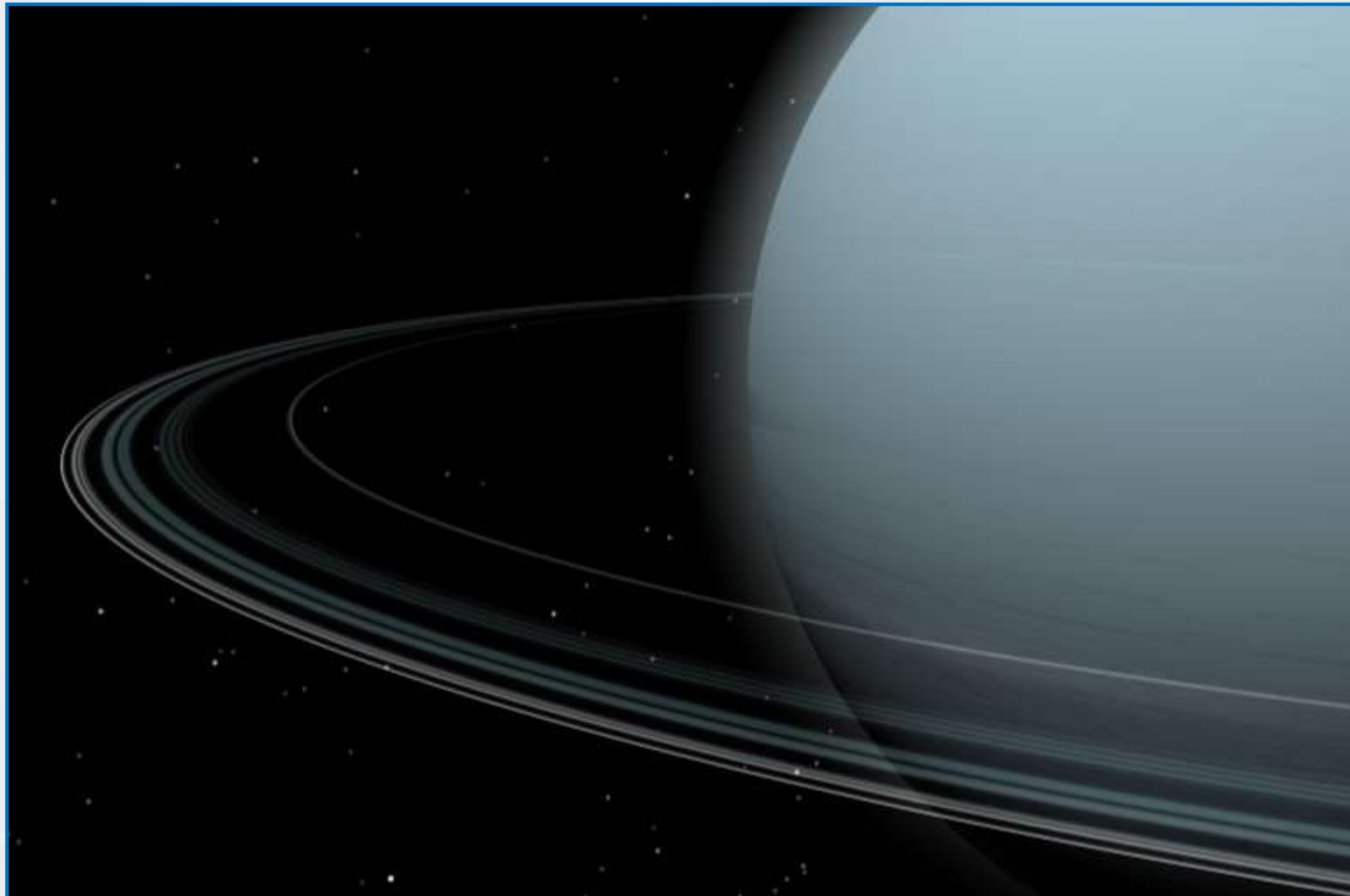
# Uran

- **Uran** – 7. w kolejności od Słońca, 3. pod względem wielkości i 4. pod względem masy planeta US.
- Uran budową i składem chemicznym przypomina Neptuna, a obie planety mają odmienną budowę i skład niż większe gazowe olbrzymy: Jowisz i Saturn.
- Astronomowie czasem umieszczają je w kategorii “lodowych olbrzymów”.
- Atmosfera Urana składa się głównie z wodoru i helu, zawiera więcej zamrożonych substancji lotnych (tzw. lodów), tj. woda, amoniak i metan oraz śladowe ilości węglowodorów.
  - Jego atmosfera jest najzimniejszą atmosferą planetarną w Układzie Słonecznym (minimalna temperatura to około  $-230^{\circ}\text{C}$ ).
  - Ma ona złożoną, warstwową strukturę.
  - Uważa się, że jej najniższe chmury tworzy woda, a najwyższa warstwa chmur jest utworzona z kryształków metanu.
- Wnętrze Urana składa się głównie z lodów i skał.



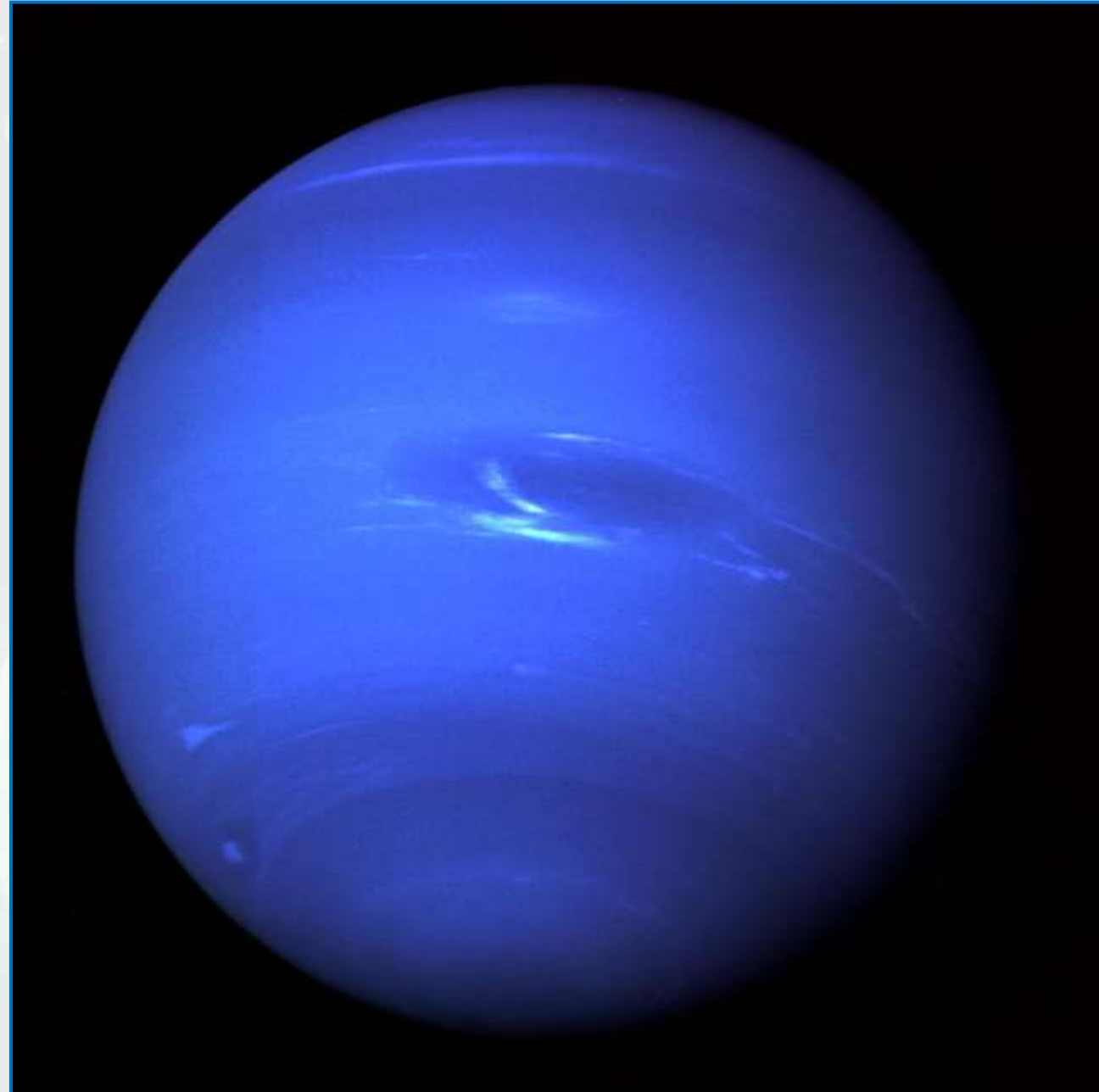
# Uran

- Uran posiada system pierścieni, magnetosferę i liczne księżyce (27 znanych).
- System Urana ma unikalną konfigurację wśród planet, ponieważ jego oś obrotu jest silnie nachylona i znajduje się prawie w płaszczyźnie orbity planety.
- W tej sytuacji jego biegun N i S leżą tam, gdzie równik większości innych planet.



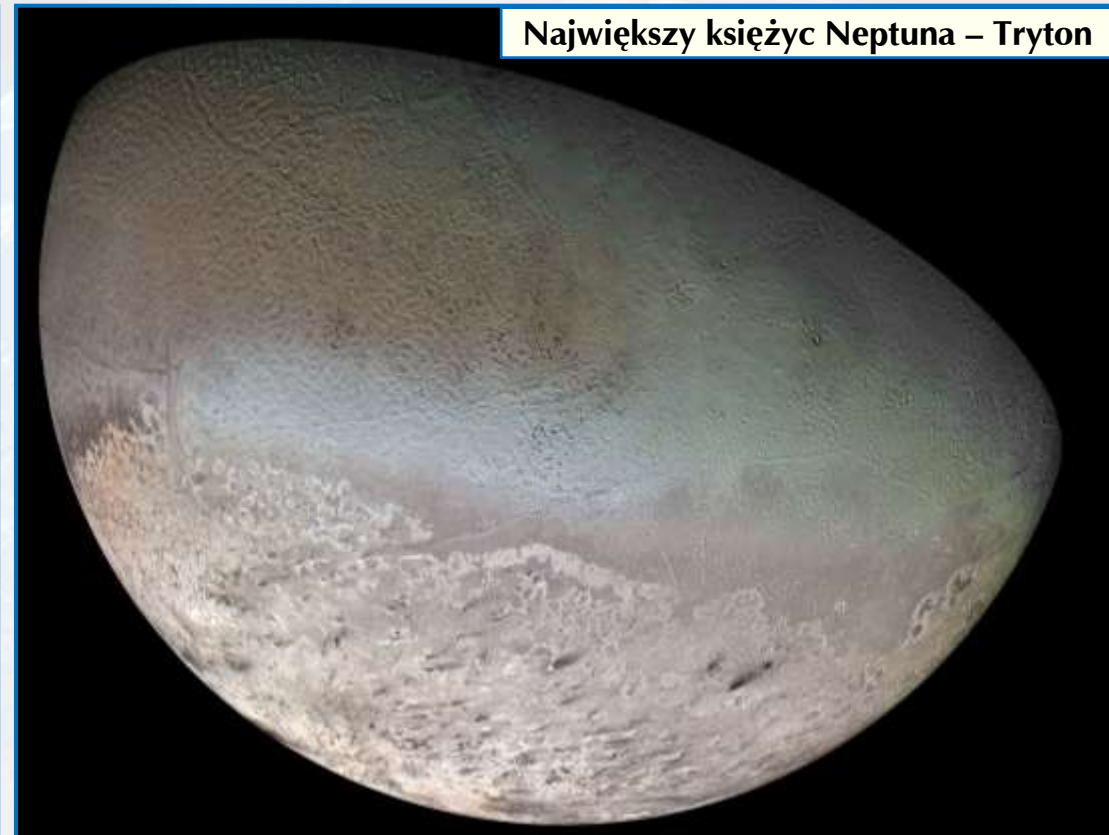
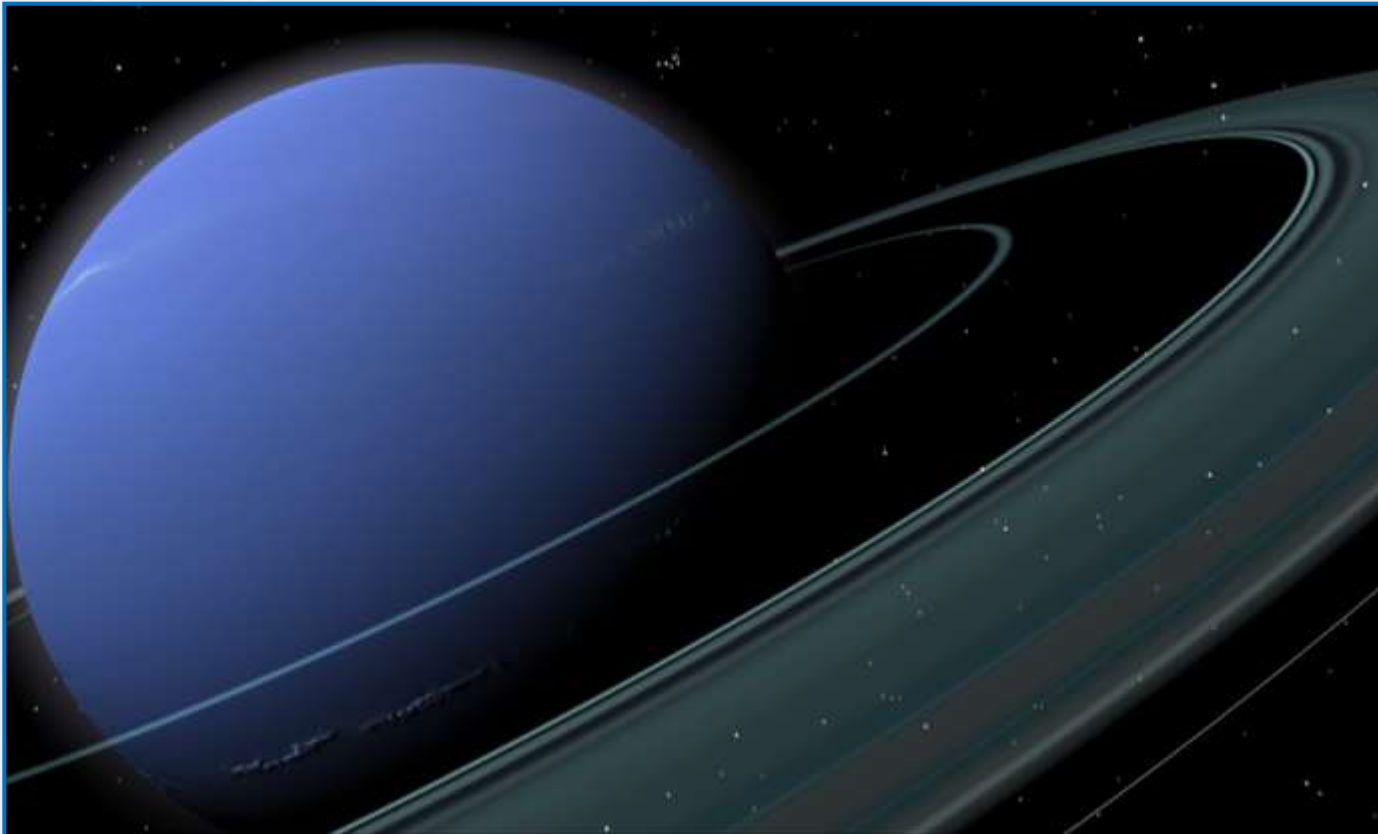
# Neptun

- **Neptun** – gazowy olbrzym, ósma, najdalsza od Słońca planeta w US (4. pod względem średnicy i 3. pod względem masy).
- Neptun jest jedyną planetą, której istnienie wykazano nie na podstawie obserwacji nieba, ale na drodze obliczeń matematycznych.
- Niespodziewane zmiany w ruchu orbitalnym Uranu doprowadziły astronomów do wniosku, że podlega on perturbacjom pochodzącym od nieznannej planety.



# Neptun

- Neptun przypomina składem Uran (określany jako tzw. “lodowy olbrzym”).
- Atmosfera Neptuna, choć – podobnie jak na Jowiszu i Saturnie – składa się głównie z wodoru i helu wraz ze śladami węglowodorów i prawdopodobnie azotu, zawiera większą ilość tzw. “lodów”, czyli substancji lotnych w warunkach ziemskich, takich jak woda, amoniak i metan (przyczynia się do nadania jej charakterystycznego niebieskiego koloru).
- Wnętrze Neptuna, podobnie jak Urana, składa się głównie z lodów i skał.
- Neptun ma słaby i niekompletny system pierścieni.
- Posiada on 14 księżyców – Tryton – to największy księżyc Neptuna.



Największy księżyc Neptuna – Tryton

# Planety Układu Słonecznego (podsumowanie)

PLANETA	Średnia odległość od Słońca (w j.a.)	Czas obiegu wokół Słońca	Czas obiegu wokół własnej osi	Średnica równikowa (w km)	Masa (masa* Ziemi = 1)	Średnia gęstość (g/cm <sup>3</sup> )	Liczba księżyców
Merkury	0,4	88 dni	58 dni 15 h	4 879	0,1	5,4	0
Wenus	0,7	224,7 dnia	243 dni 0 h 27 min.	12 104	0,8	5,2	0
Ziemia	1,0	365,25 dnia	23 h 56 min. 04 s	12 756	1,0	5,5	1
Mars	1,5	1,9 roku	24 h 37 min.	6 792	0,1	3,9	2
Jowisz	5,2	11,9 roku	9 h 55 min.	142 984	317,8	1,3	80
Saturn	9,5	29,5 roku	10 h 39 min.	120 536	95,2	0,7	83
Uran	19,2	84,0 roku	17 h 14 min.	51 118	14,5	1,3	27
Neptun	30,1	164,8 roku	16 h 06 min.	49 528	17,1	1,6	14

\*masa Ziemi wynosi  $5,9722 \cdot 10^{24}$  kg



## **Małe ciała Układu Słonecznego**

# 1. Planetoidy

- **Planetoidy** obserwuje się regularnie w tych samych rejonach US (łącznie ich liczba szacowana dziesiątki milionów):
  - **tj. w głównym pasie głównym**, rozciągającym się **między orbitami Marsa i Jowisza** (do 2020 r. naliczono 990 tys.),
    - większość tych skalistych planetoid porusza się po niemal kołowych orbitach heliocentrycznych, ale ze względu na niewielką masę tych ciał i bliskość planet ich trajektorie mogą ulegać znacznym zmianom,
      - prawdopodobnie obydwie księżyce Marsa stanowią przechwycone przez jego pole grawitacyjne planetoidy,
      - istnieje około trzystu planetoid, których nietypowe tory mogą przecinać się z orbitami Ziemi, Wenus i Merkurego;
  - **w Pasie Kuipera**, położonym **na peryferiach US poza orbitą Neptuna**,
    - reprezentuje on obecnie bardzo dużą liczbę planetoid (zdecydowanej większości ich dalej nie znamy) zbudowanych przede wszystkim z lodu, z najlepiej poznanym Plutonem.

Planetoidy – małe ciała niebieskie o wymiarach średnicy nie przekraczających 1000 km.





# Problem z Plutonem – czym on jest?

Pluton

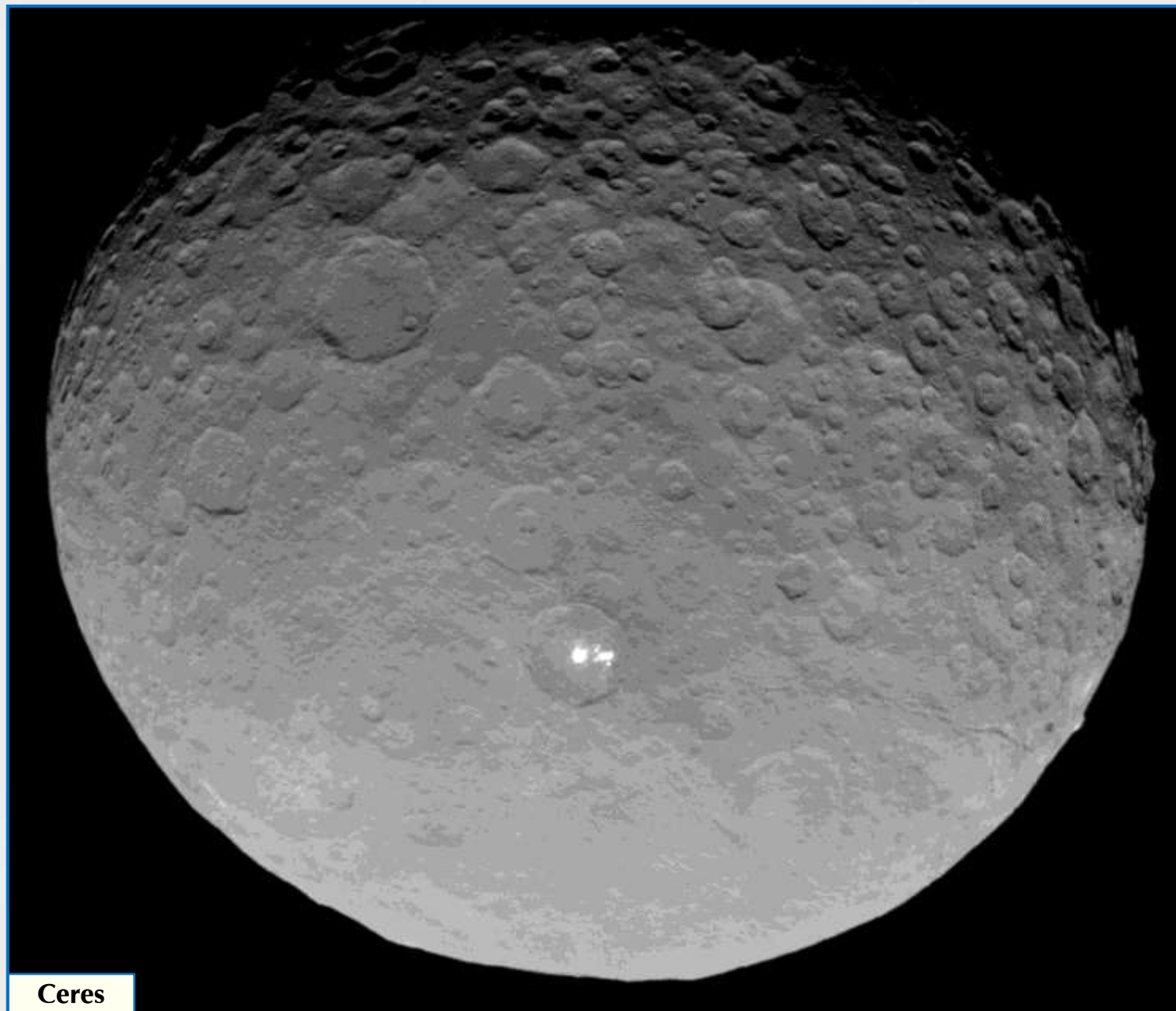
- W sierpniu 2006 r. astronomowie z Międzynarodowej Unii Astronomicznej postanowili skreślić **Plutona** z listy planet.
  - Za uznaniem go za planetoidę przemawiają zarówno parametry orbity (odchyła się ona od płaszczyzny ekliptyki o kąt  $17^\circ$ ), wielkość, jak i jego budowa.
- Został on uznany jako jedna z tzw. **planet karłowatych**, czyli ciało które:
  - wykonuje ruch obiegowy wokół Słońca,
  - dzięki odpowiednio dużej masie, posiada on grawitację pozwalającą uzyskać kształt zbliżony do kulistego,
  - nie jest satelitą planety lub innego ciała niegwiazdowego.
- Pomimo, że Pluton został wykreślony, to jednak dla wielu naukowców była to decyzja zbyt pochopna z którą się oni nie zgadzają.
  - Takie też wnioski wysunięto podczas spotkania astronomów z października 2014 r.



# Planety karłowate

→ Za planety karłowate uznano łącznie do chwili obecnej 5 ciał niebieskich (łącznie z Plutonem) znajdujących się w Układzie Słonecznym (ich całkowita liczba jest większa – w najbliższych latach zapewne będzie powiększona):

- **Ceres** (planetoida z pasa głównego),
- **Pluton** (obiekt pasa Kuipera),
- **Haumea** (obiekt z pasa Kuipera),
- **Makemake** (obiekt z pasa Kuipera),
- **Eris** (obiekt z pasa Kuipera).



## 2. Meteoroidy

- **Meteoroidy** – drobne ciała, **mniejsze od planetoid**, występujące w przestrzeni międzyplanetarnej.
- Najczęściej są to niewielkie bryły materii lub ziarna pyłu (ich rozmiary nie przekraczają 10 m).
  - Rozmiary meteoroidów nie pozwalają na ich obserwację w kosmosie.
  - Ciała te ujawniają się, wchodząc w atmosferę ziemską bądź uderzając w sztuczne satelity i niszcząc je.



# Meteor

- **Meteor** – zjawisko świetlne (tzw. świecący ślad), znane powszechnie pod nazwą “**spadającej gwiazdy**”, tworzące się **wskutek wejścia meteoroidu w zasięg atmosfery ziemskiej**.
- Wyraźnie widoczny na niebie jasny ślad tworzy się w wyniku świecenia par ulatniających się z powierzchni meteoroidu oraz z nagranych i zjonizowanych gazów atmosfery wzdłuż trasy jego przelotu.
- Okresowo występują tzw. **roje meteorów**, kiedy pojawiają się one nadzwyczaj często i ze ściśle określonego punktu na niebie.
  - Tłumaczy się to przechodzeniem Ziemi przez pozostałość komety, która uległa rozpadowi.
  - Najbardziej znanymi rojami są:
    - **Perseidy** obserwowane około 12 sierpnia każdego roku,
    - **Leonidy** widoczne około 17 listopada co roku,
    - **Akwarydy** – w maju,
    - **Orionidy** – w październiku,
    - **Geminidy** – w grudniu.



# Meteoryt

- **Meteoryt** – większe meteoroidy które nie uległy odparowaniu w atmosferze i spadły na powierzchnię Ziemi.
- Zjawiska świetlne pojawiają się, kiedy meteoroid znajdzie się na wysokości 150 km, zaś w granicach 60 – 80 km większość drobnych ziaren odparowuje.
- Pozostałe, wchodząc w niższe warstwy atmosfery, wyhamowują i częściowo stygną.
- Do wyjątkowych rzadkości należą meteoryty, które na Ziemię trafiają jeszcze rozżarzone.



Meteoryty



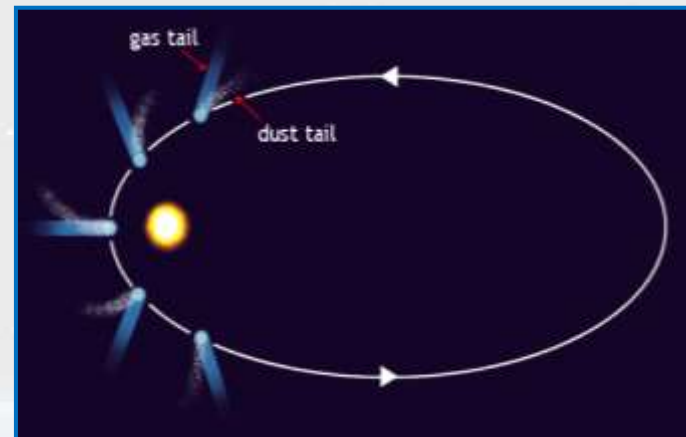
### 3. Komety

- **Komety** – niewielkie ciała, zbudowane głównie z zestalonych gazów (lodu, dwutlenku węgla, amoniaku, metanu) i cząstek nietopnych, cyklicznie pojawiające się w pobliżu gwiazdy (Słońca w Układzie Słonecznym) z rejonu:
  - tzw. **Pasa Kuipera** – położonego w odległości 500 – 1000 jednostek astronomicznych za orbitą Plutona (znajdują się w nim także wcześniej opisane planetoidy),
  - **Obłoku Oorta** – leżącego w odległych peryferiach Układu Słonecznego, w odległości 30 tys. – 100 tys. jednostek astronomicznych.
- Komety mają bardzo wydłużone orbity eliptyczne i pojawiają się w pobliżu Słońca albo z określoną częstotliwością (komety okresowe), albo tylko jednokrotnie (komety jednopojawieniowe).
  - Z około 1000 znanych komet jedynie niewiele ponad 150 to komety okresowe.

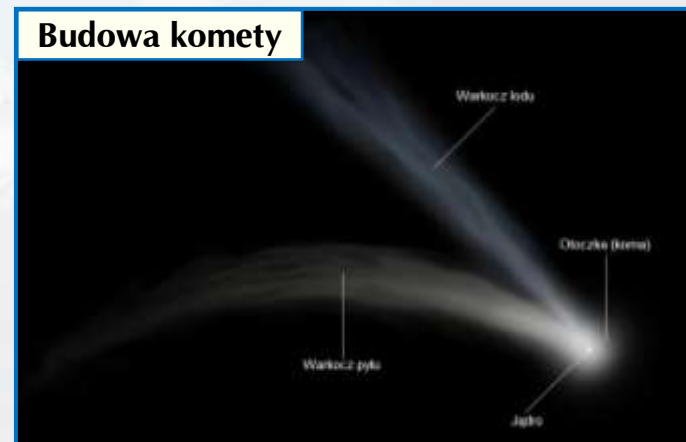


# Budowa komety

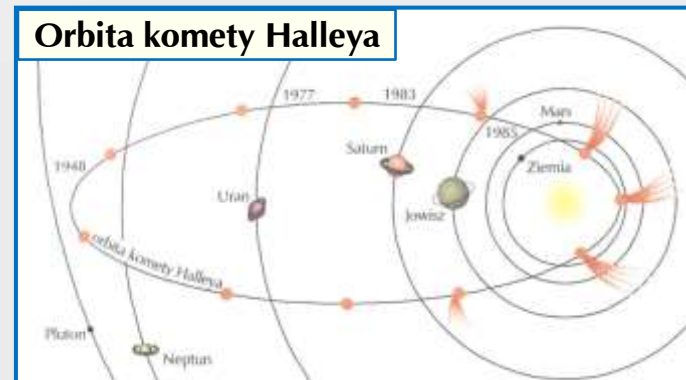
- Główną część komety stanowi **jądro** o średnicy kilku do kilkunastu kilometrów, złożone z zanieczyszczonych pyłem lodów o różnym składzie (jest widoczne niezależnie od odległości komety od Słońca).
- Wraz ze zbliżaniem się do Słońca pod wpływem ciepła lód ulega sublimacji i powstałe gazy tworzą dokoła jądra otoczkę gazowo-pyłową, określaną jako **koma**.
- W centrum Układu Słonecznego koma wytwarza długą smugę, zwróconą w kierunku przeciwnym do Słońca - tzw. **warkocz komety** lub **ogon komety**.
- Każde zbliżenie się do Słońca powoduje znaczne straty materii.
- Przykładowo kometa Halleya uwalnia aż 15 ton gazów i pyłu na sekundę.



Budowa komety



Orbita komety Halleya



# KONIEC



**Materiały pomocnicze do nauki  
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)**

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*  
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE  
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**