

Gruppo Astrofili Astigiani Beta Andromedae

IL SISTEMA SOLARE

Un gran bel giramento di sfere (ma non solo!)

IL SISTEMA SOLARE

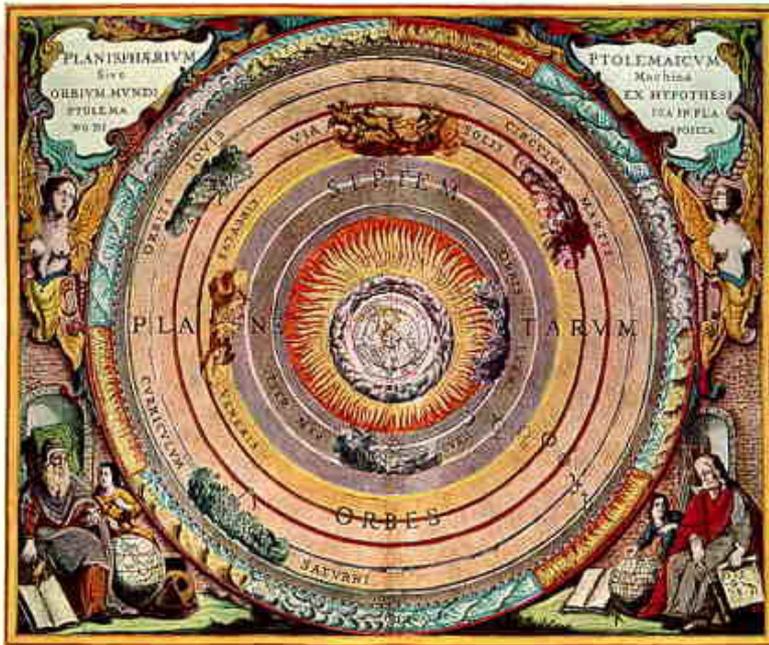
1. Concezioni storiche del sistema solare
2. Descrizione dei pianeti
3. Come osservare i pianeti

Le prime osservazioni

- Osservazione continua del cielo
- Riconoscimento delle regolarità dei moti del cielo (dì e notte, fasi lunari, stagioni)
- Alcune stelle si muovono rispetto alle altre: i pianeti (lett. astri erranti)
- Ricerca di modelli per prevedere gli spostamenti dei pianeti

Il modello tolemaico

- Aristotele: la Terra è fissa al centro dell'Universo, i pianeti percorrono orbite circolari
- Tolomeo (II sec d.C.) rielabora nell'*Almagesto* la teoria geocentrica aggiungendo gli “epicicli”



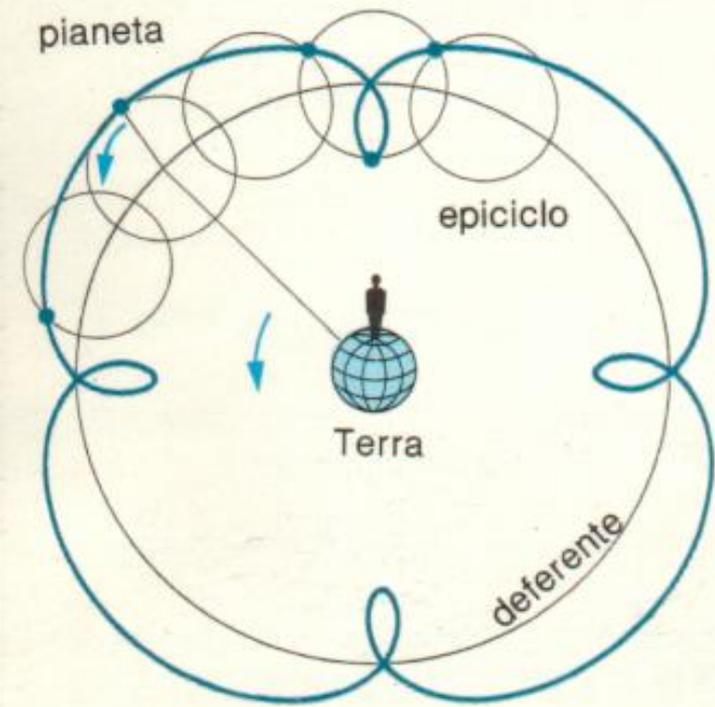
La struttura del cosmo secondo l'ipotesi tolemaica



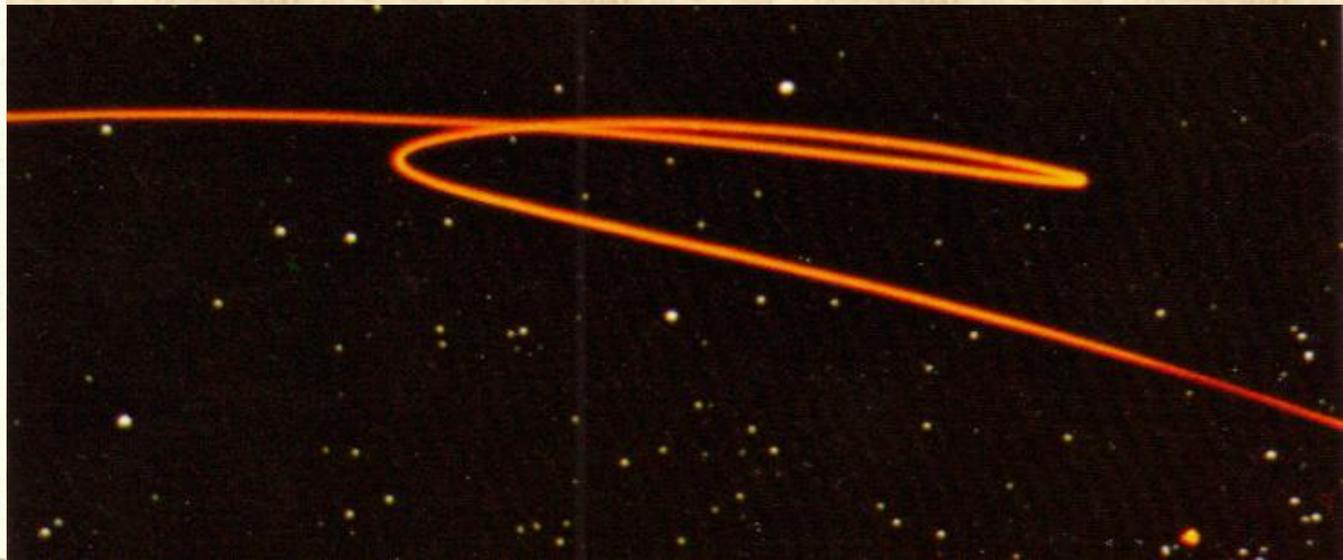
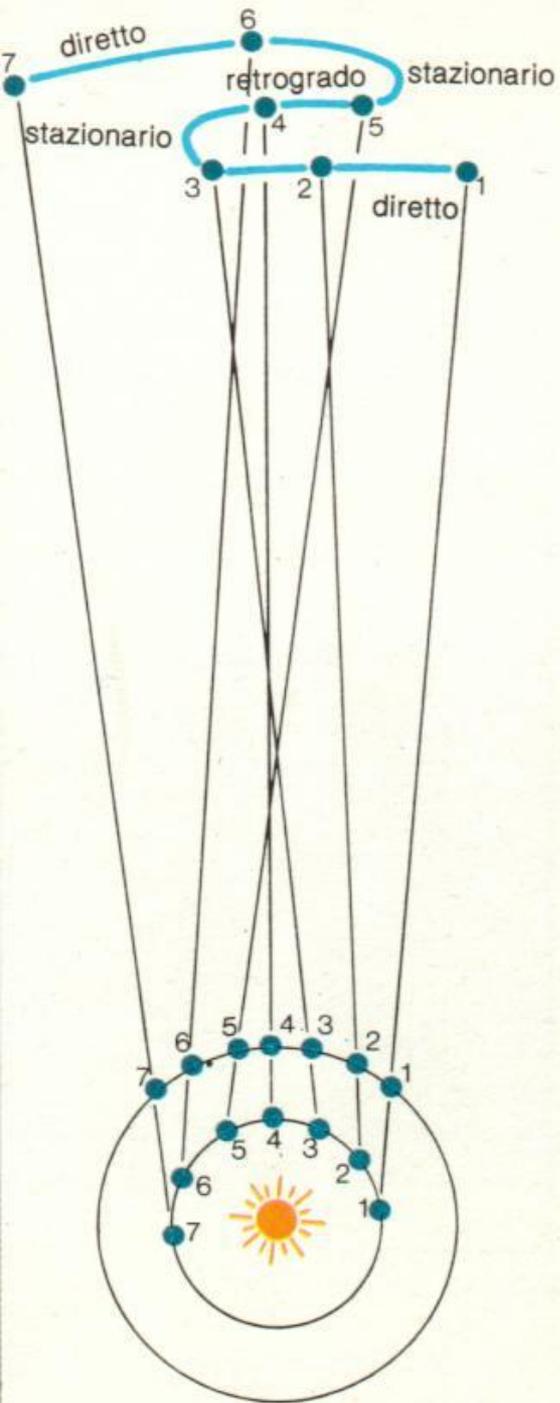
Crisi dei modelli

- La soluzione classica: gli "epicicli"

- Soluzione più semplice: il sistema ELIOCENTRICO



- Il problema del "cappio"



PLANISPHERIVM

Sive

UNIVERSI TO

EX HYPO

COPERNI

PLANO

COPERNICANVM

Systema

TIVS CREATI

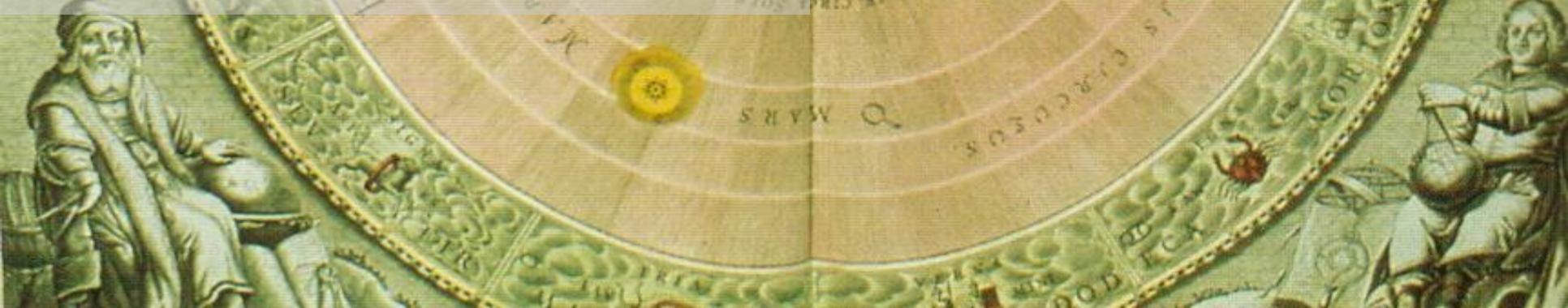
THESI

CANA IN

EXHIBITVM

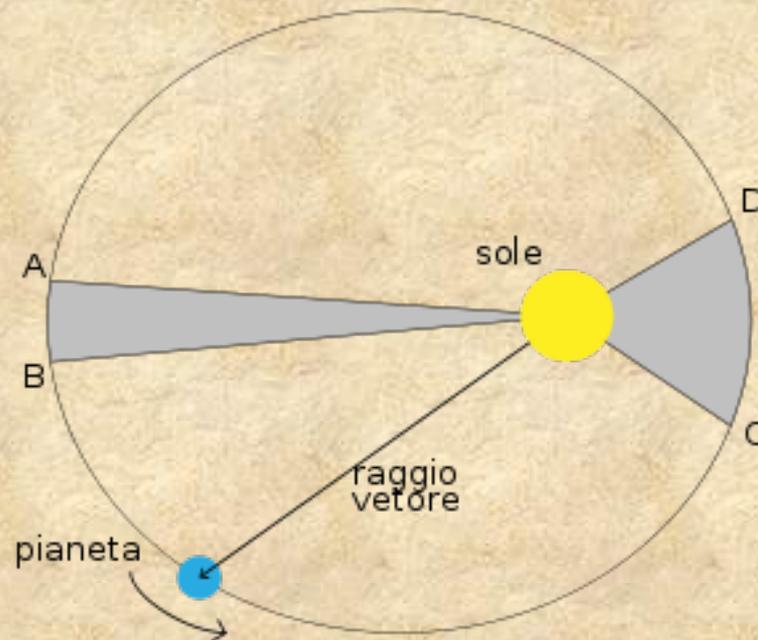
Il modello copernicano

- *Il Sole al centro del sistema solare*
- *La Terra e gli altri pianeti percorrono orbite circolari*
- *Esistono corpi che non ruotano attorno alla Terra*



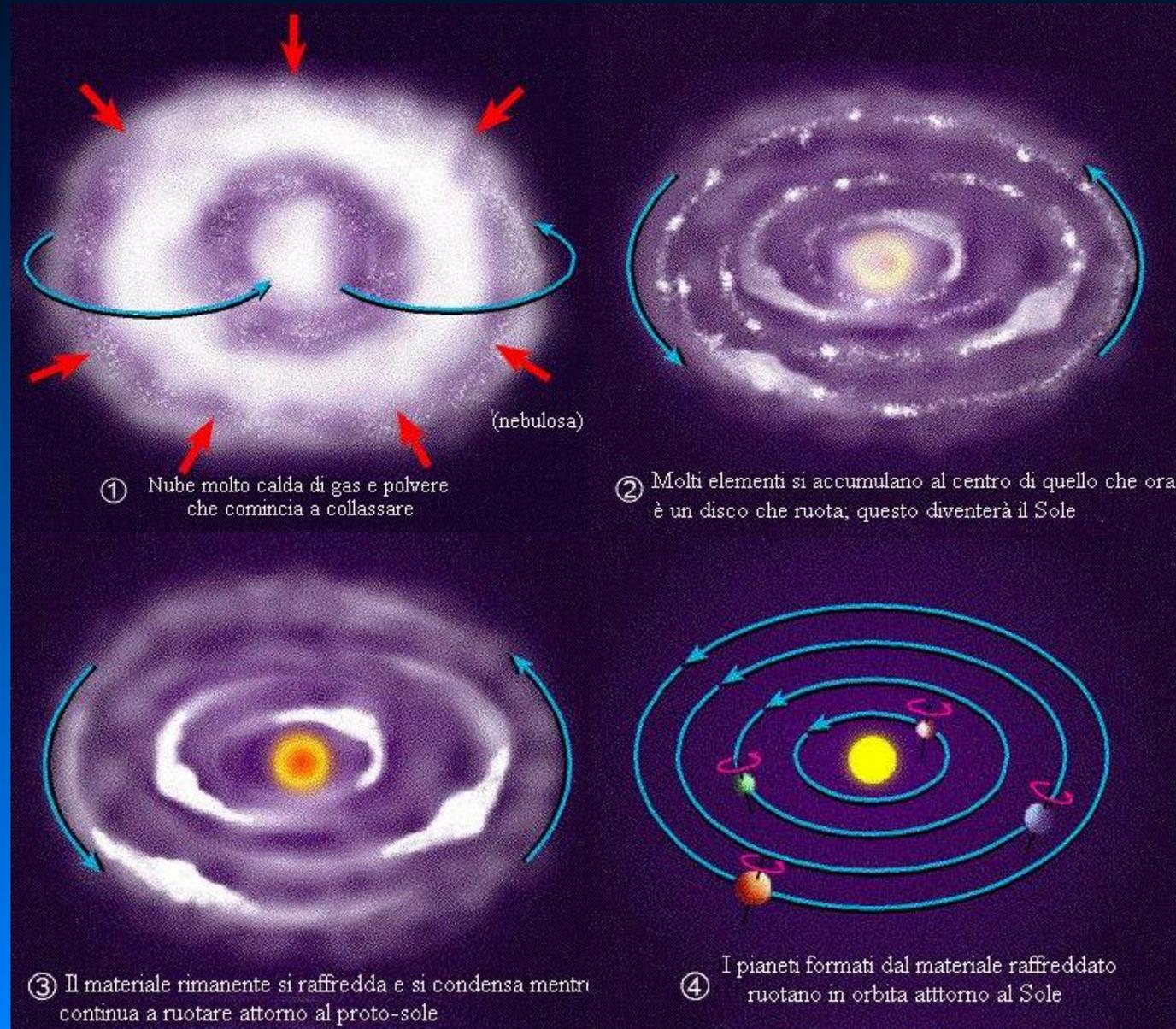
Le leggi di Keplero

1. I pianeti si muovono su orbite ellittiche di cui il Sole occupa uno dei fuochi
2. Il raggio vettore che congiunge un pianeta al Sole spazza aree uguali in tempi uguali
3. Il quadrato dei tempi di rivoluzione è proporzionale al cubo del raggio di rivoluzione

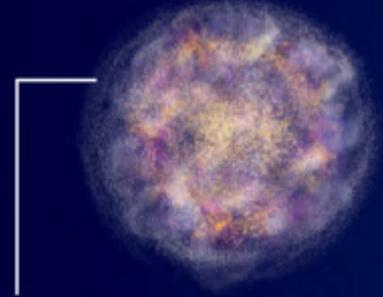


Formazione del sistema solare

- Dal Big Bang alla nube protoplanetaria
- La formazione del Sole
- La nascita dei pianeti

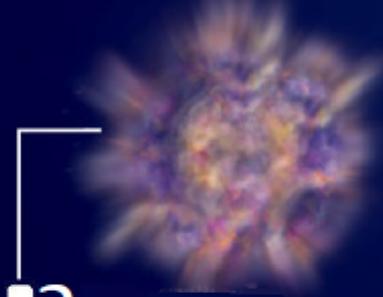


Formazione del Sistema Solare



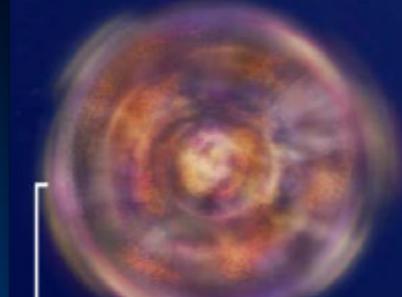
1 Nube informe

4,5 miliardi di anni fa, le materie prime del sistema solare risiedono in una nube di gas e polveri. I componenti dominanti erano idrogeno e elio, ma anche carbonio, ossigeno, grani di azoto e polveri.



2 Il collasso comincia

Una perturbazione della nebulosa produce condensazione di materia nelle regioni della nube con alta densità di polveri e gas. Ciascuna dà origine a un gruppo di stelle – una volta che la prima inizia a brillare, la sua radiazione aiuta a energizzare la nebulosa, iniziando la generazione di giovani stelle.



3 Singoli sistemi

Quando il materiale cade verso l'interno, le collisioni tra particelle e nubi di gas annullano i movimenti in opposte direzioni, mentre la conservazione di quantità di moto angolare provoca una veloce rotazione delle regioni centrali del materiale condensato.



4 Appiattimento disco

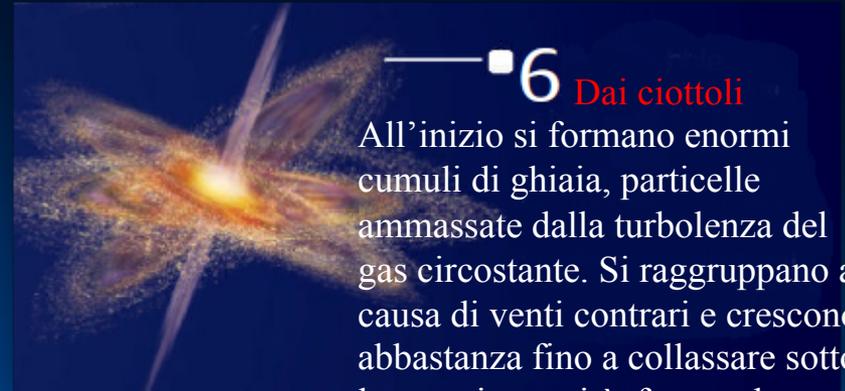
Il risultato è un disco che gira, il suo orientamento deriva dalla rotazione del globulo originale. Polvere e ghiaccio sono concentrati attorno al centro, mentre il gas forma un alone più flessibile e continua a cadere verso il centro fino a quando le condizioni diventano estreme per creare protostelle.

Formazione del Sistema Solare



5 Sistema protoplanetario

Milioni di anni dopo il collasso, la fusione nucleare ha preso inizio nella zona centrale della stella e l'eccesso di gas è stato assorbito dal nuovo Sole. Ciò che rimane più vicino al sistema solare è gradualmente spinto distante dalla radiazione solare.



6 Dai ciottoli

All'inizio si formano enormi cumuli di ghiaia, particelle ammassate dalla turbolenza del gas circostante. Si raggruppano a causa di venti contrari e crescono abbastanza fino a collassare sotto la propria gravità, formando protopianeti con dimensioni fino a 2.000 km di diametro.



7 Problemi di crescita

I nuovi protopianeti orbitano intorno al sole, la loro gravità attira i ciottoli rimanenti crescendo rapidamente di massa. Nel Sistema solare interno, raggiungono delle dimensioni di Marte, nell'esterno le dimensioni di Urano.

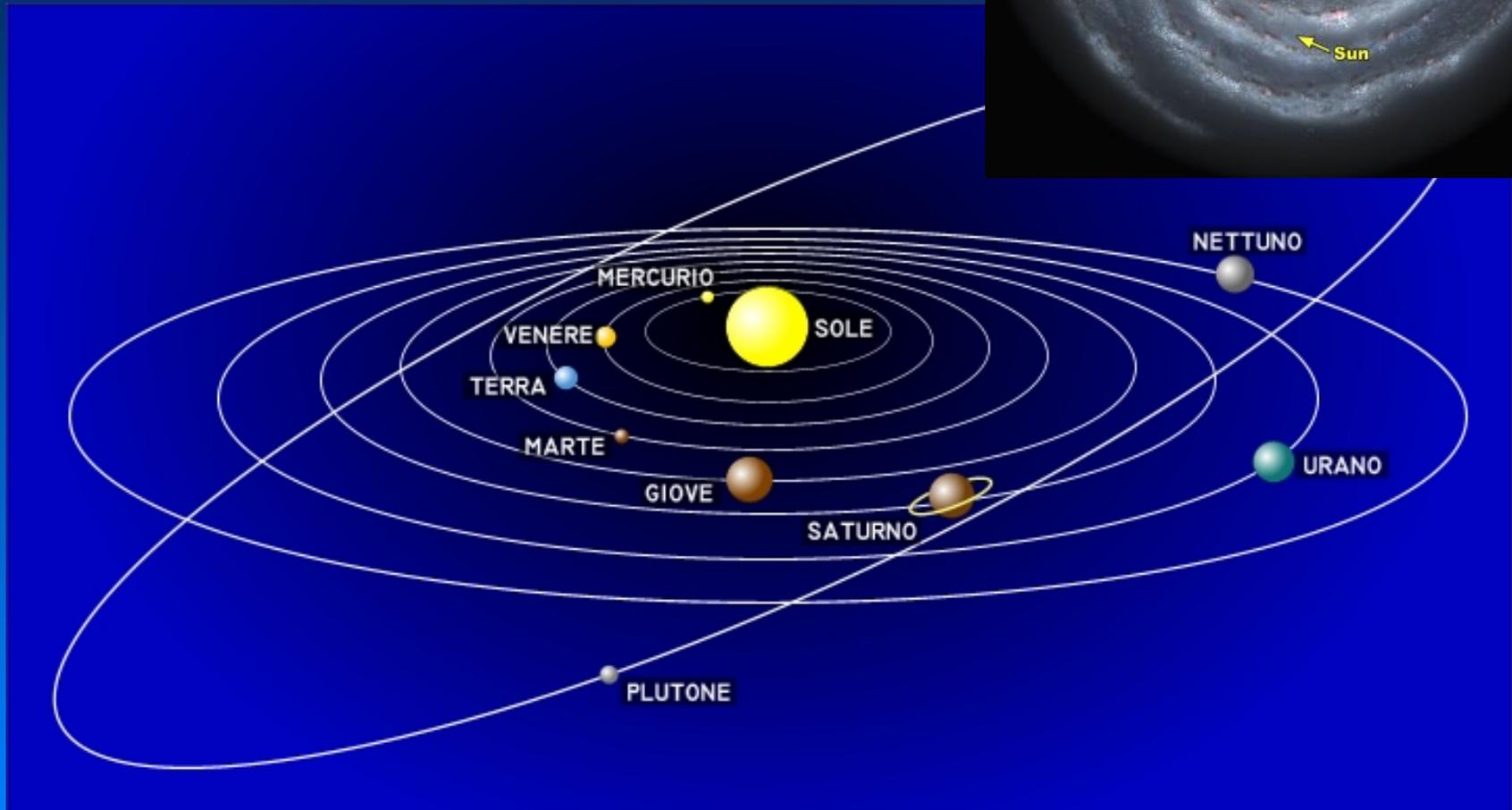


8 Migrazioni planetarie

Durante la migrazione planetaria, i pianeti giganti del sistema solare esterno cambiano posizione e configurazione attraendo i corpi più piccoli. La loro gravità dà luogo alla creazione degli asteroidi della Fascia di Kuiper e della nube di Oort

I PIANETI

Il sistema solare è formato da una stella, otto pianeti, decine di satelliti, milioni di comete ed asteroidi



PIANETI

MERCURIO

VENERE

TERRA

MARTE

GIOVE

SATURNO

URANO

NETTUNO

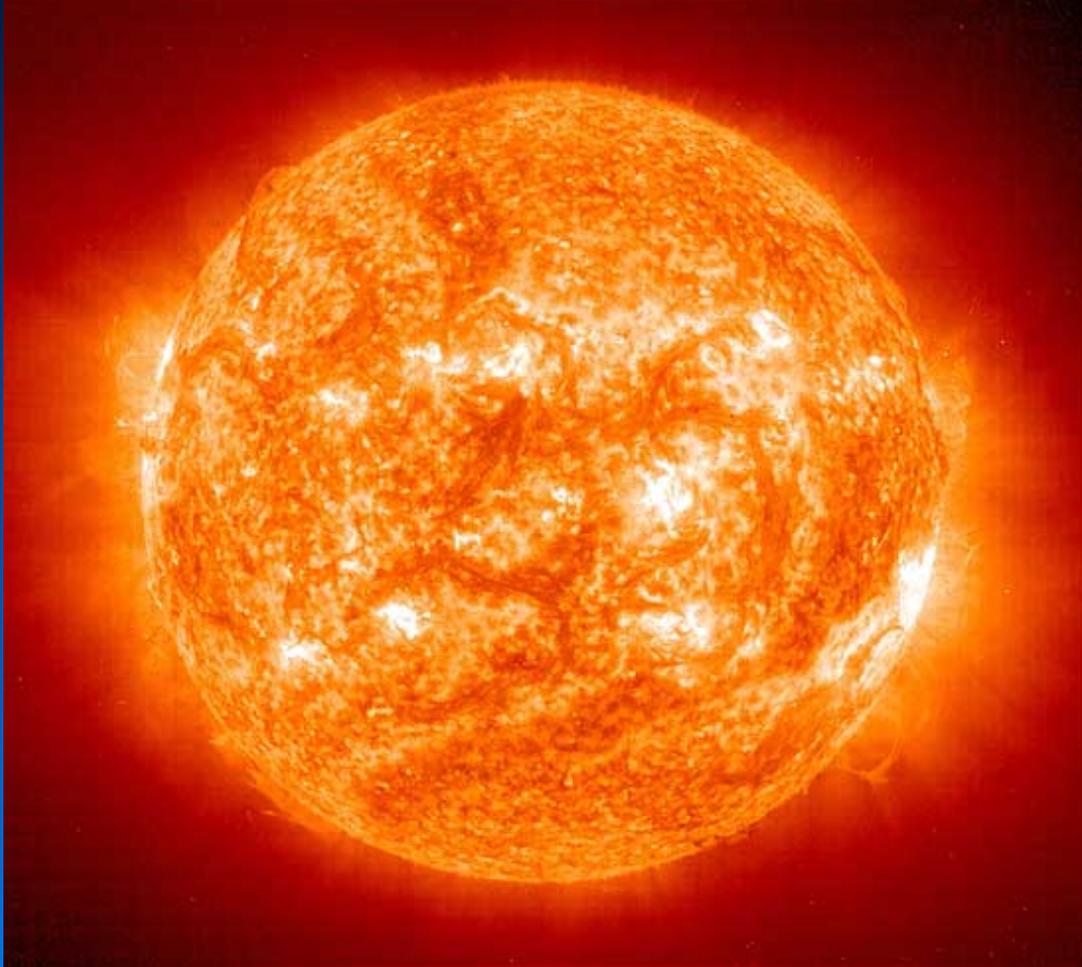


CERERE

PLUTONE

PIANETINI

IL SOLE



- Il Sole è una stella, la stella più vicina alla Terra.
- La temperatura della sua superficie è di circa 5500° , ma al centro essa giunge ai 15 milioni di gradi.
- Anche il Sole ruota su se stesso e si sposta nello spazio facendo muovere tutto il sistema solare.

Formazione di una stella

01 - Perturbazione di una nebulosa

Una stella nasce quando una nuvola di gas e polveri interstellari passa attraverso una onda di densità galattica o è compresso dalla esplosione di una supernova vicina o perturbata dalle maree gravitazionali di una stella di passaggio.

02 - Lento collasso

Le regioni più dense nella nebulosa collassano sotto la propria gravità. Procedendo nella concentrazione della massa, i nuclei cominceranno a girare più rapidamente aumentando di temperatura.

03 - Disco di accrescimento

I movimenti delle particelle delle nubi di gas e polvere generano collisioni casuali e tendono ad appiattirsi in una sottile area, creando un disco che gira sempre più rapidamente.

04 - Nascita di una protostella

Cadendo sempre più materiale nel nucleo della nebulosa, si avvia la produzione di radiazione infrarossa che irradia la materia circostante, respingendo indietro la tendenza al collasso. Il nucleo della nebulosa è ora un protostella.

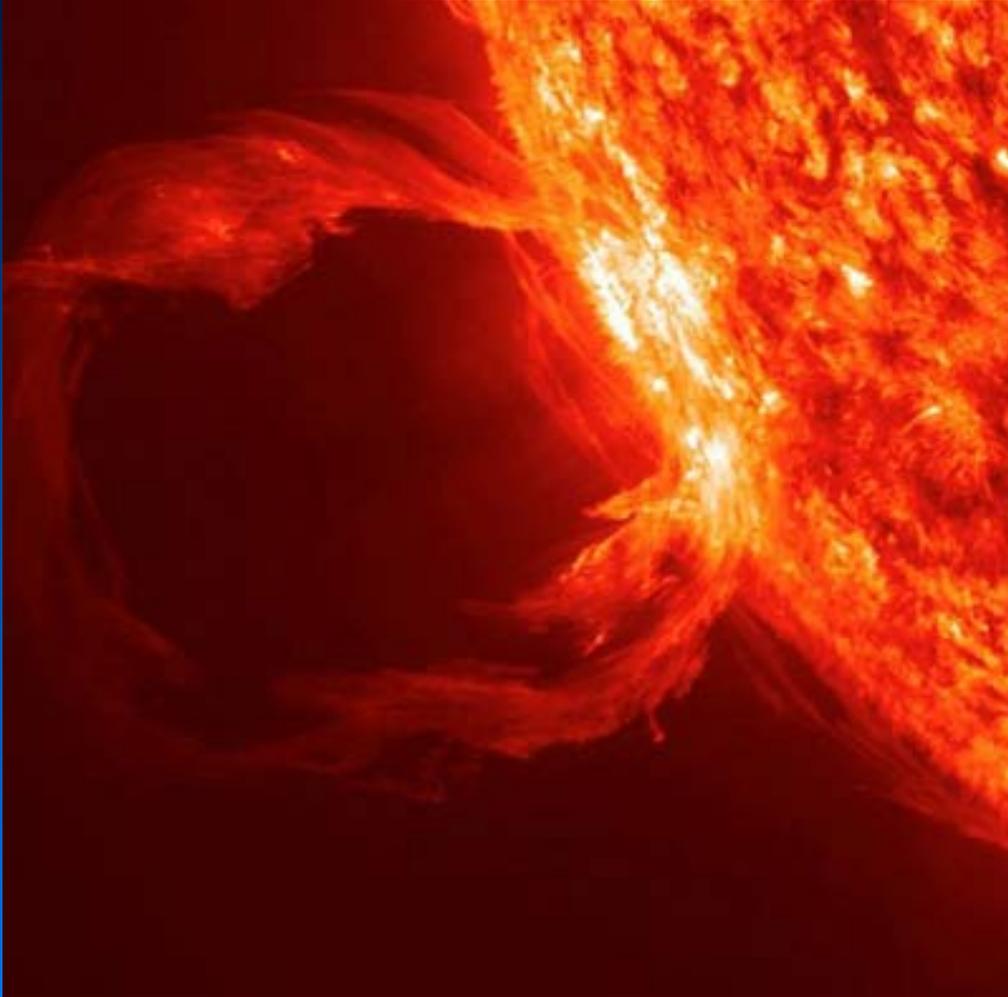
05 - Accensione!

La protostella è calda e abbastanza densa per innescare la fusione nucleare iniziando a convertire l'idrogeno in elio. La stella inizia a brillare ma passa attraverso violente fluttuazioni prima di stabilizzarsi.

06 - Deflusso bipolare

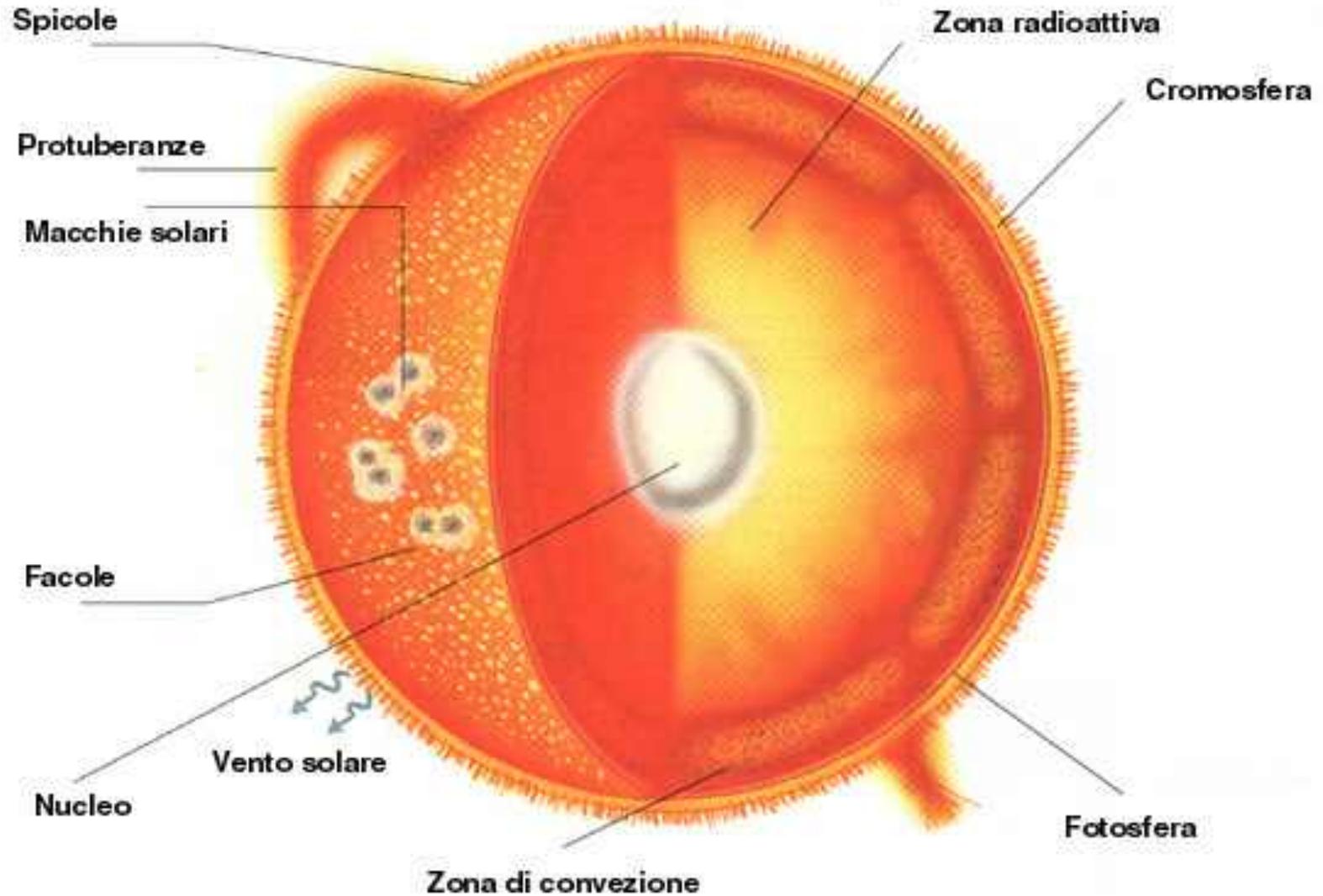
Il gas continua a cadere sulla stella, accumulandosi sul suo equatore. È invece espulso ai suoi poli in violenti getti: deflusso bipolare. La pressione della radiazione emessa dalla nuova stella, spinge il gas rimanente della nebulosa verso l'esterno.

DI CHE COS'E' FATTO IL SOLE?



- Il Sole è composto da gas caldissimi. Gli elementi chimici presenti sul Sole sono gli stessi individuabili anche sulla Terra e sui gli altri pianeti; cambiano le percentuali delle quantità.
- I gas presenti in grandi quantità sono IDROGENO (70%) ed l'ELIO (25%)

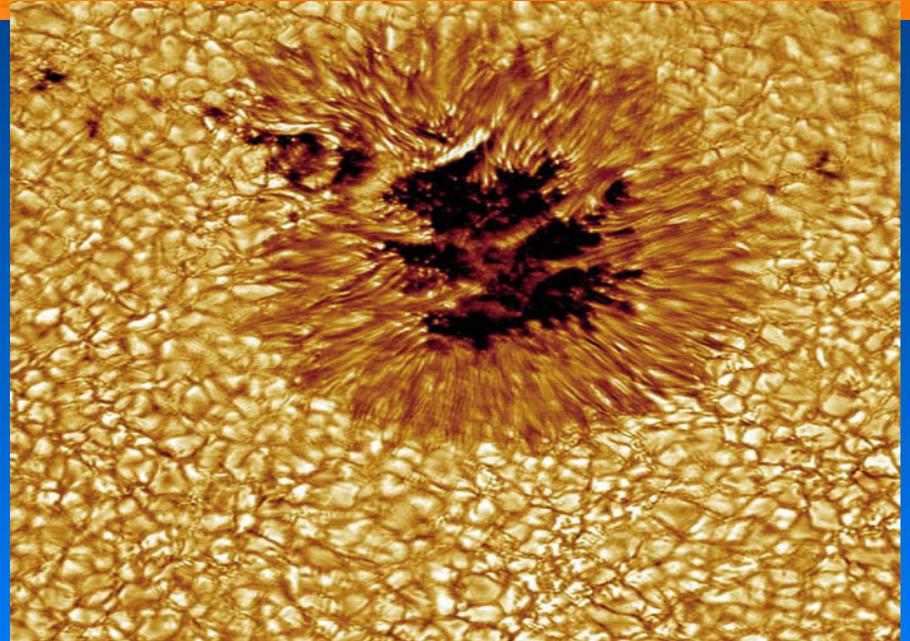
SCHEMA DELLA STRUTTURA DEL SOLE



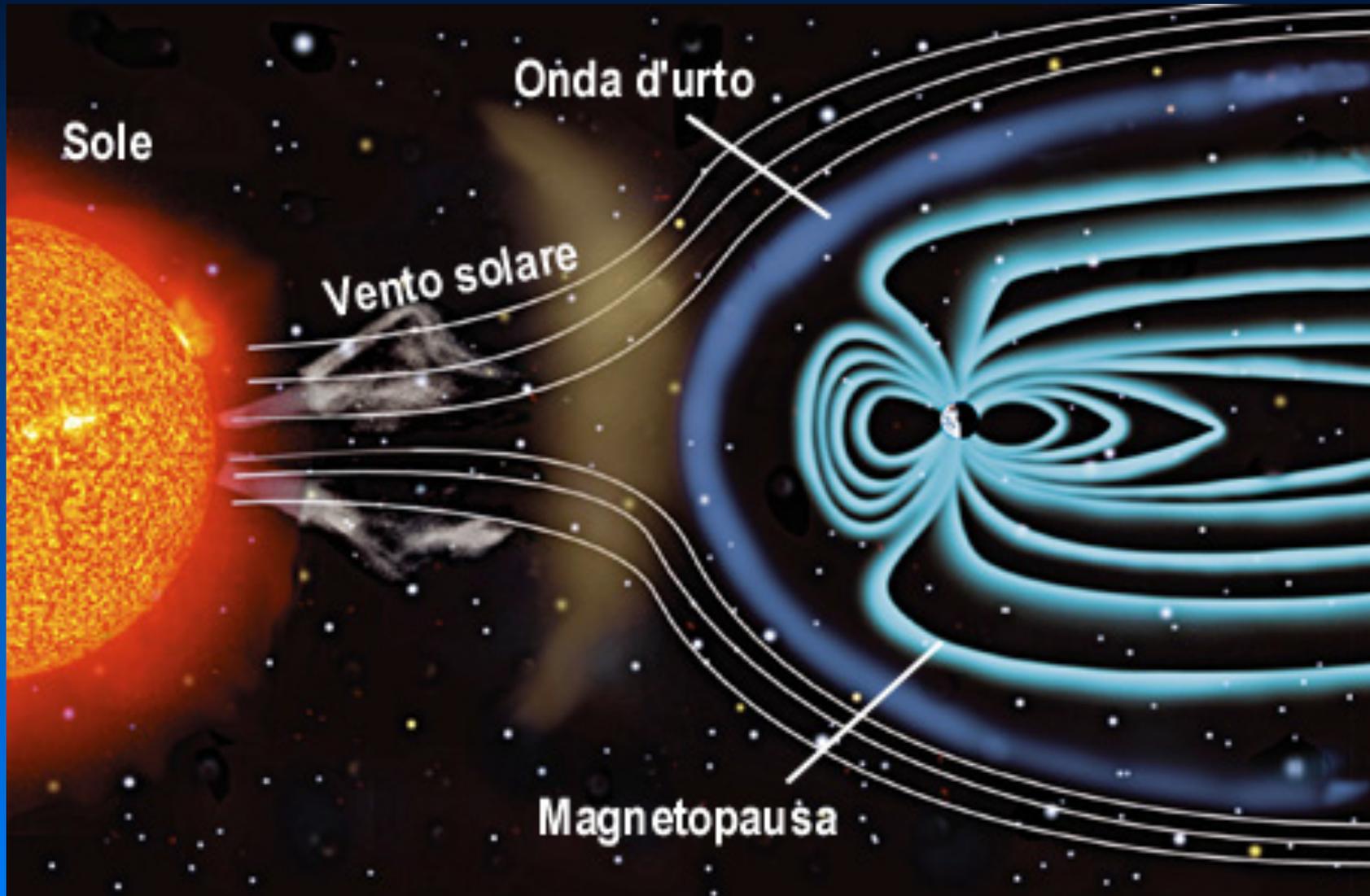
LE MACCHIE SOLARI

Le **macchie solari** sono regioni della superficie solare con temperature inferiori rispetto alle zone circostanti.

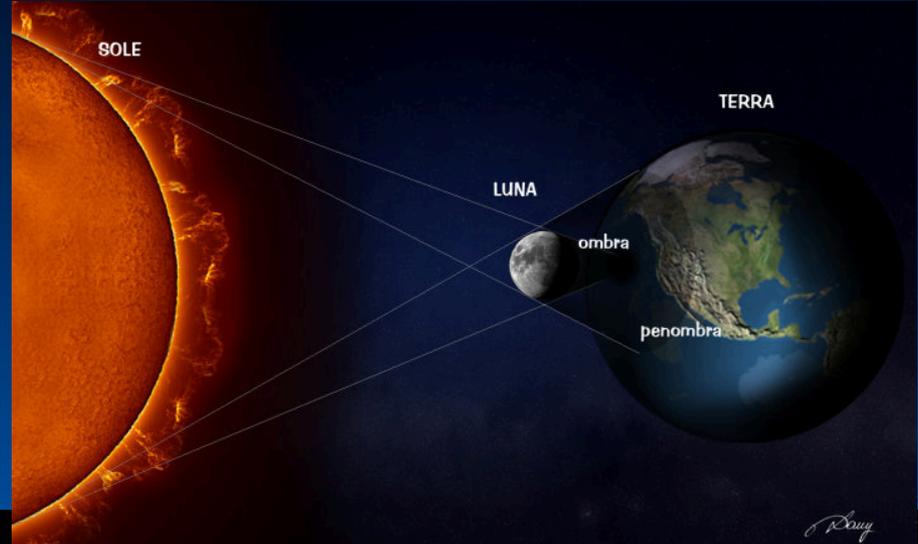
In realtà, le macchie solare non sono scure. Al contrario, sono molto luminose e possiedono temperature elevate. Ciò che le rende visibili come una macchia scura è il contrasto con le regioni circostanti ancora più luminose.



LE FASCE DI VAN ALLEN

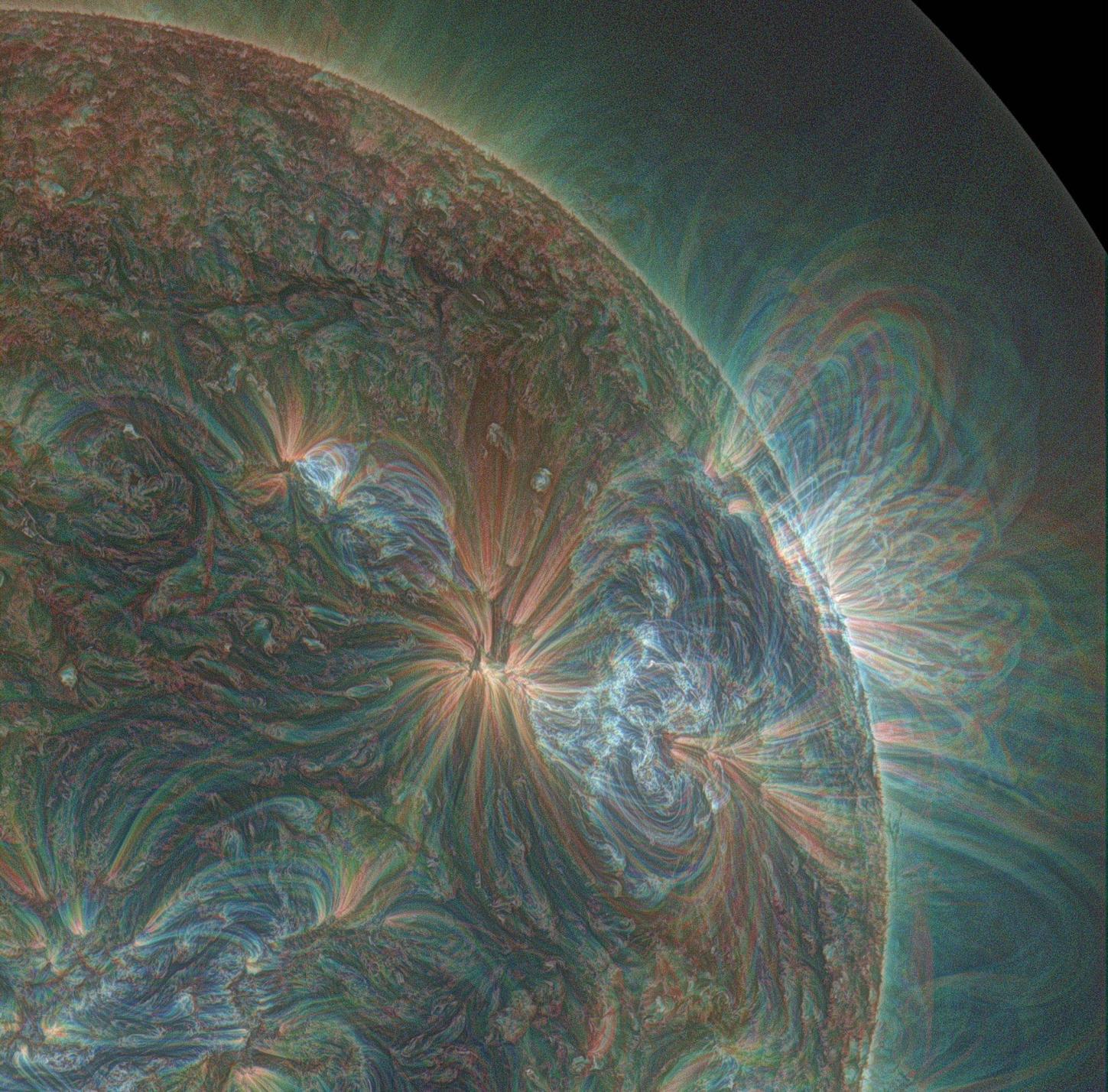


ECLISSI DI SOLE



- Totale e parziale
- Corona solare
- Anello di diamante



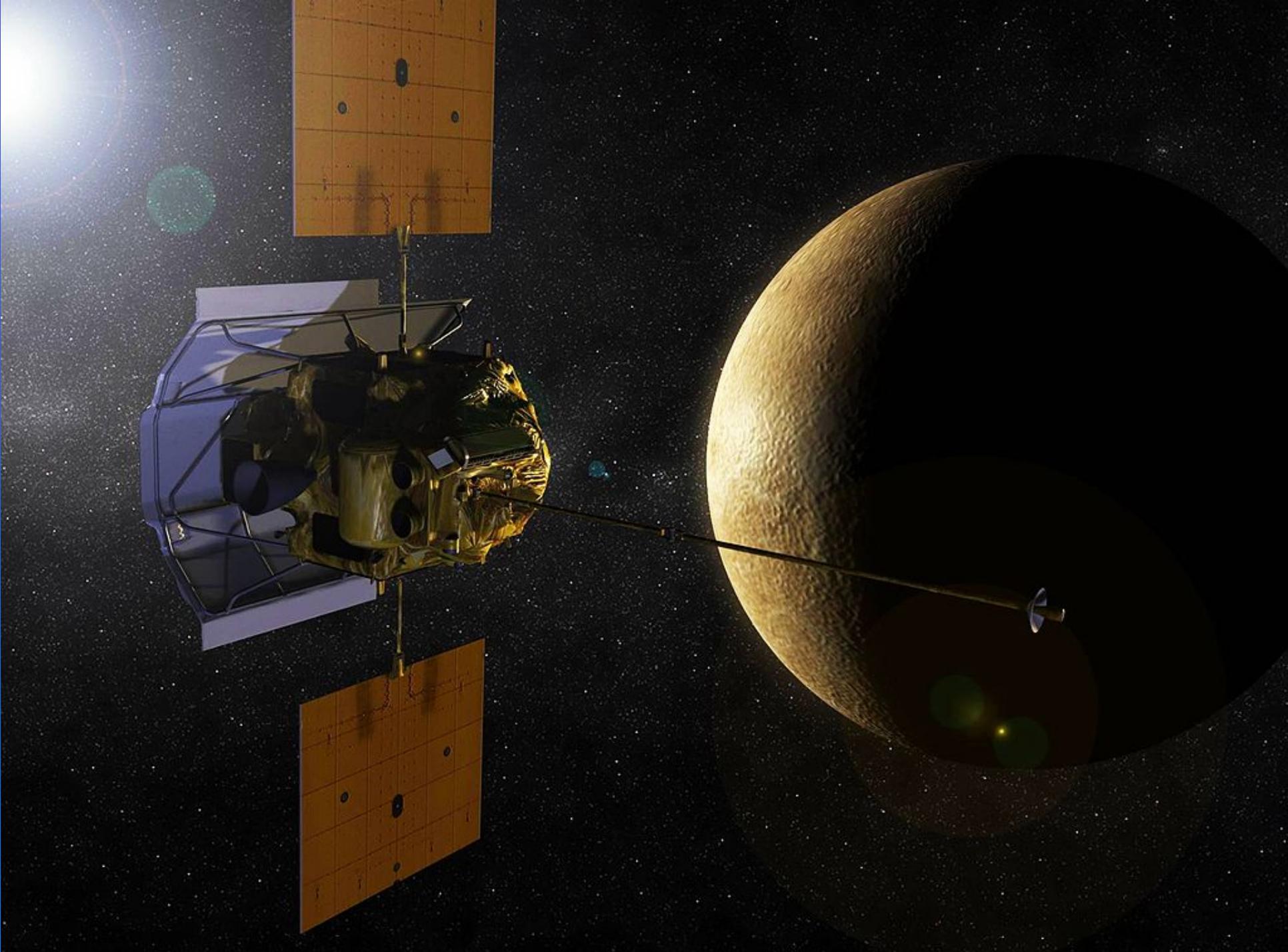


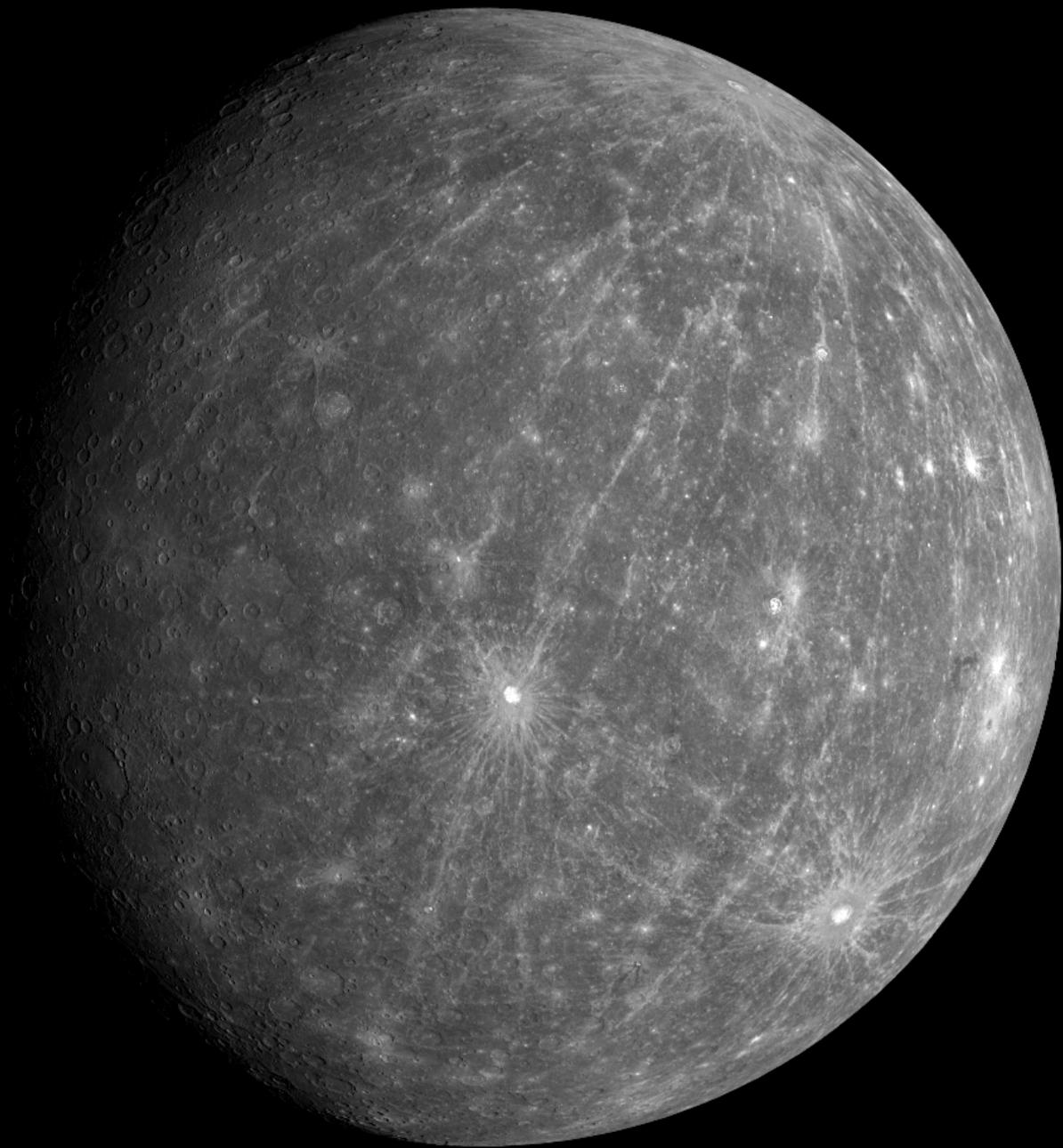
Mercurio



| | |
|------------------------|--------------------------------|
| Distanza dal Sole | 45.9 / 69.7 Milioni di km |
| Diametro equatoriale | 4880 km |
| Periodo di rivoluzione | 88 giorni |
| Periodo di rotazione | 59 giorni |
| Massa (Terra = 1) | 0.056 |
| Temperatura | -170 °C notte 450 °C giorno |

- Il più vicino al Sole
- Simile alla Luna per aspetto (crateri) e dimensioni (un po' più grande)
- Tre giri su sé stesso ogni due giri intorno al Sole
- Densità doppia rispetto alla Terra









Distanza dal Sole 107.4 / 109
Milioni di km

Diametro equatoriale 12 104 km

Periodo di rivoluzione 224.7 giorni

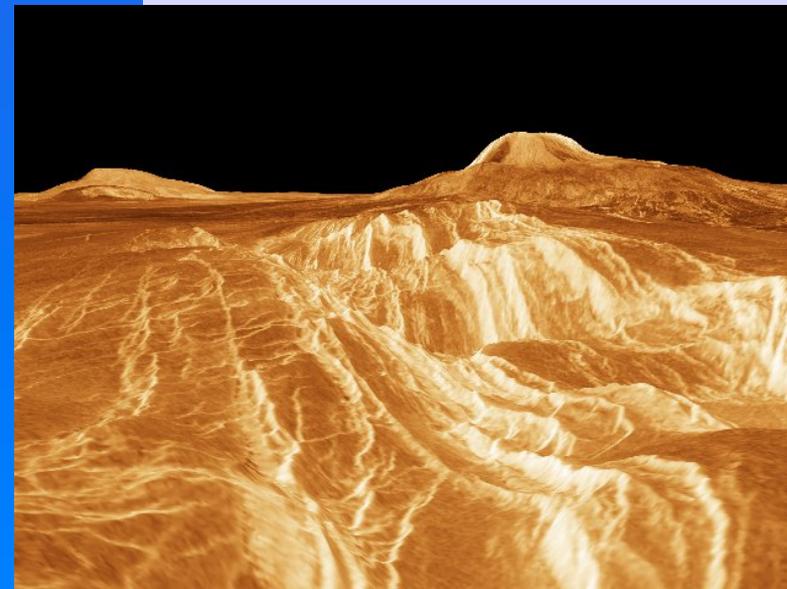
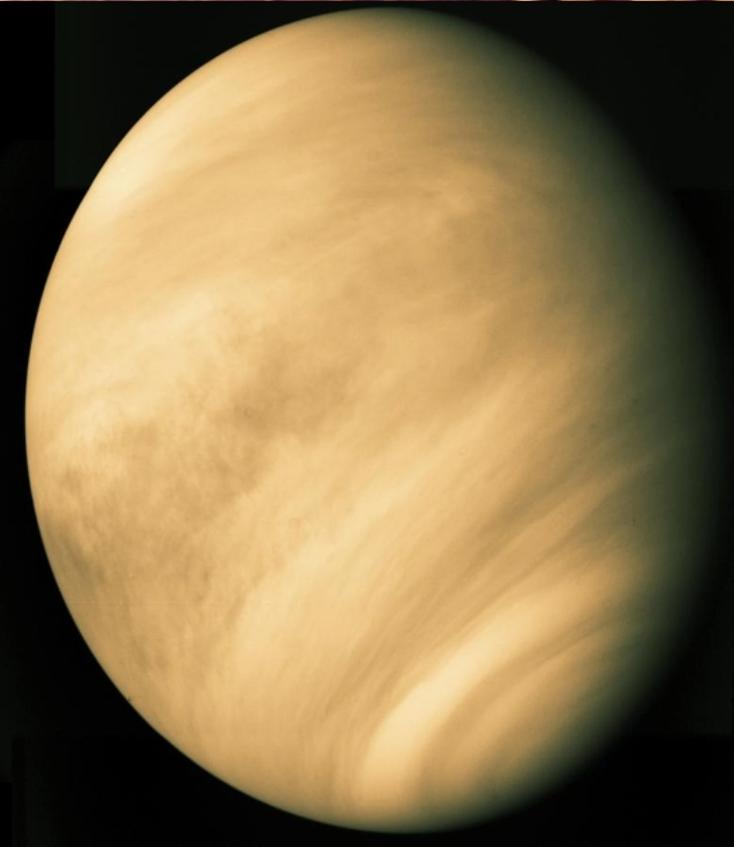
Periodo di rotazione 243 giorni

Massa 0.817
(Terra = 1)

Temperatura -33 °C notte
480 °C giorno

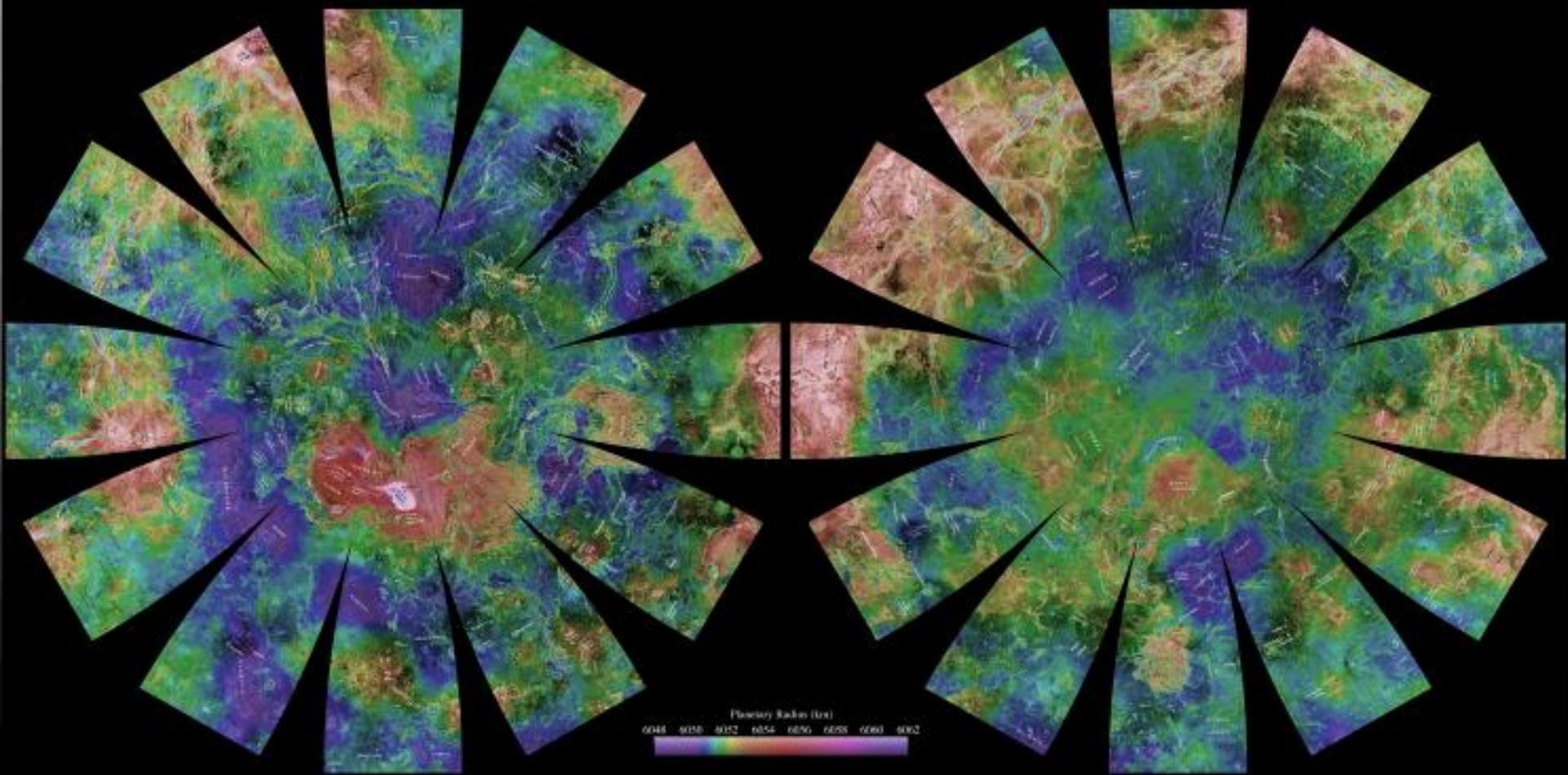
Venere

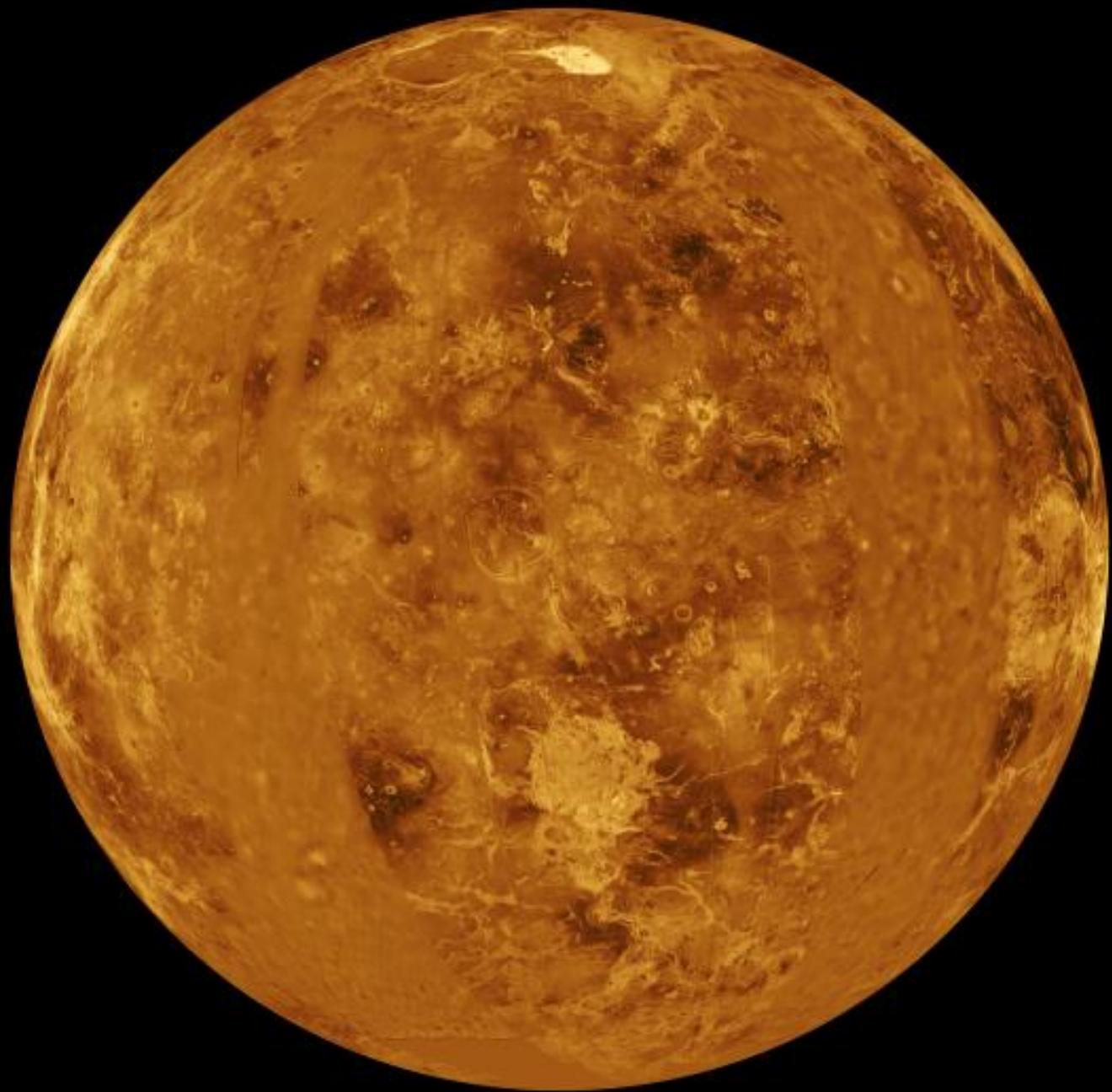
- Simile alla Terra per aspetto (nubi) e dimensioni
- Densa atmosfera
- Alte temperature e pressioni

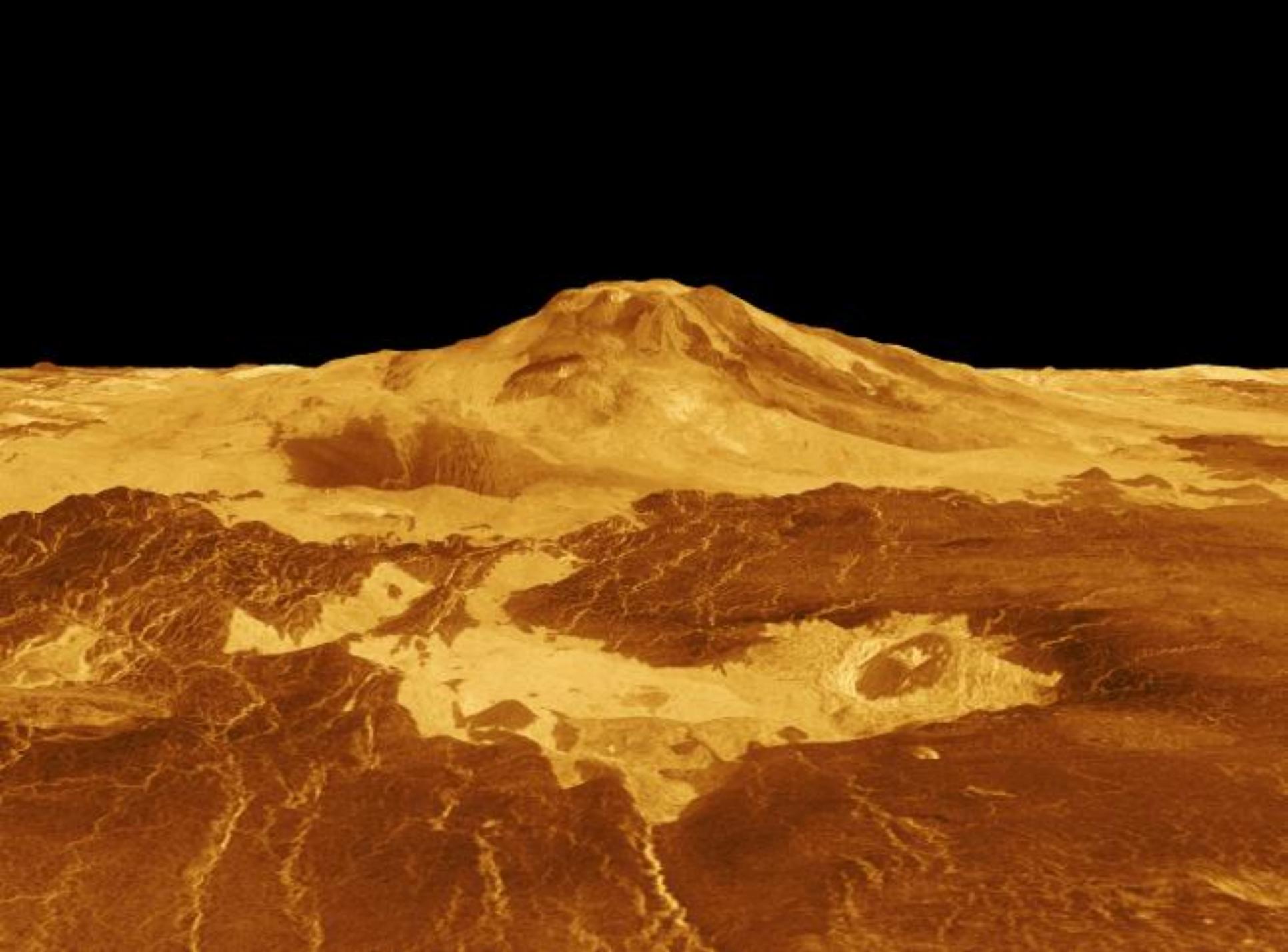


Northern Hemisphere of Venus

Southern Hemisphere of Venus



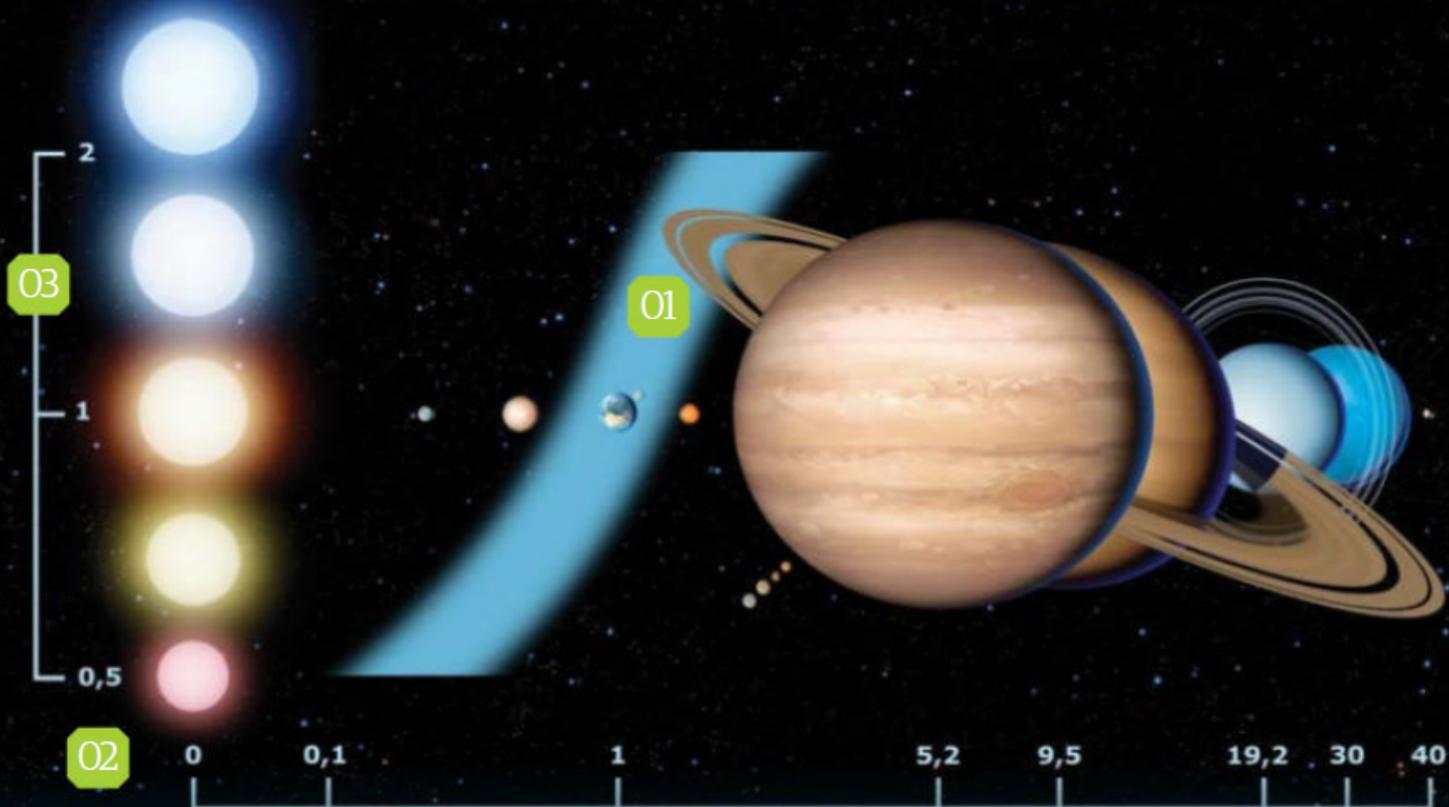












LA ZONA ABITABILE

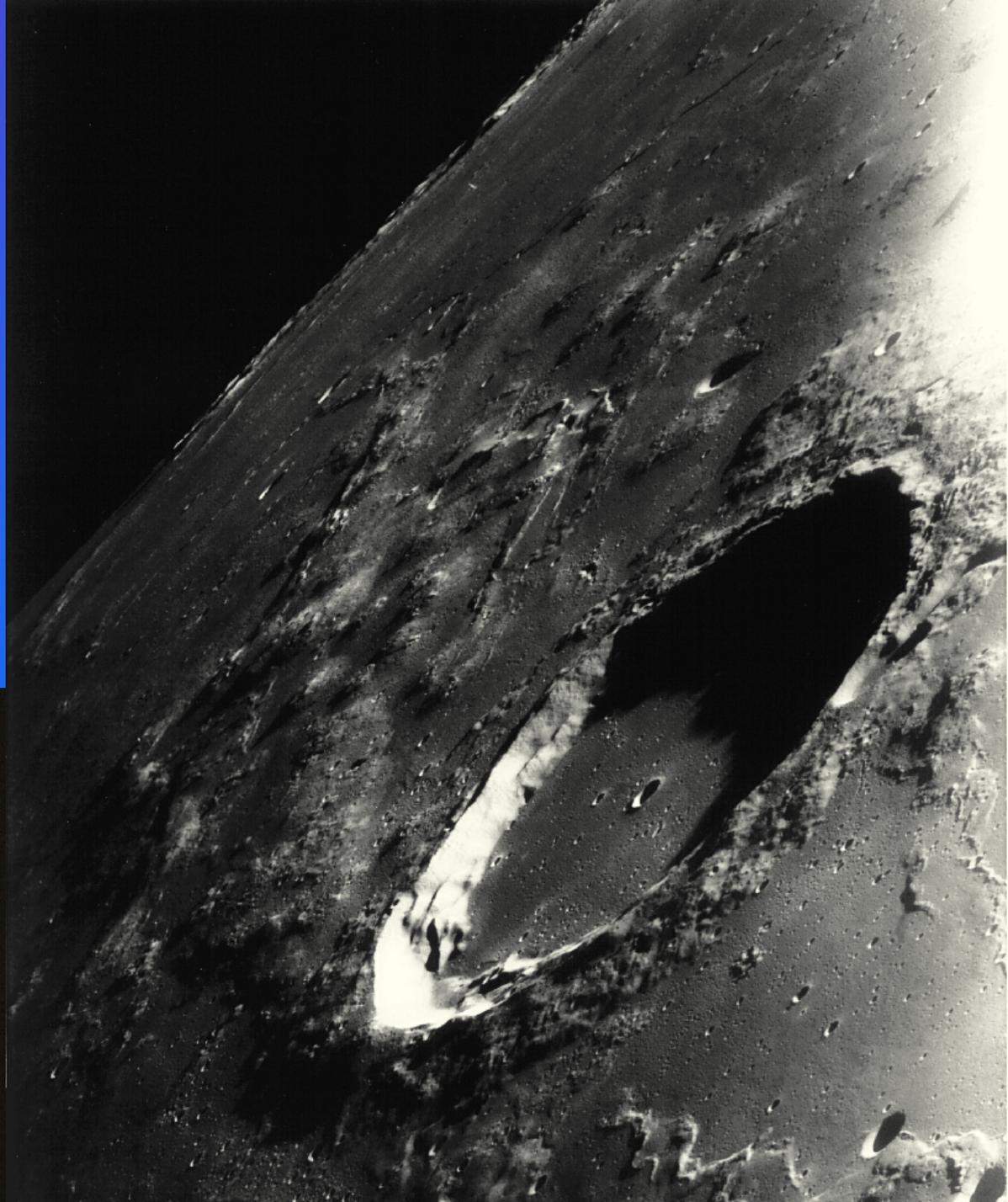
1 - La zona abitabile
La banda azzurra indica che solo la Terra può ospitare vita nel Sistema Solare.

2 – Raggio dei pianeti
La Terra ha valore 1. Gli altri pianeti sono troppo piccoli o troppo grandi.

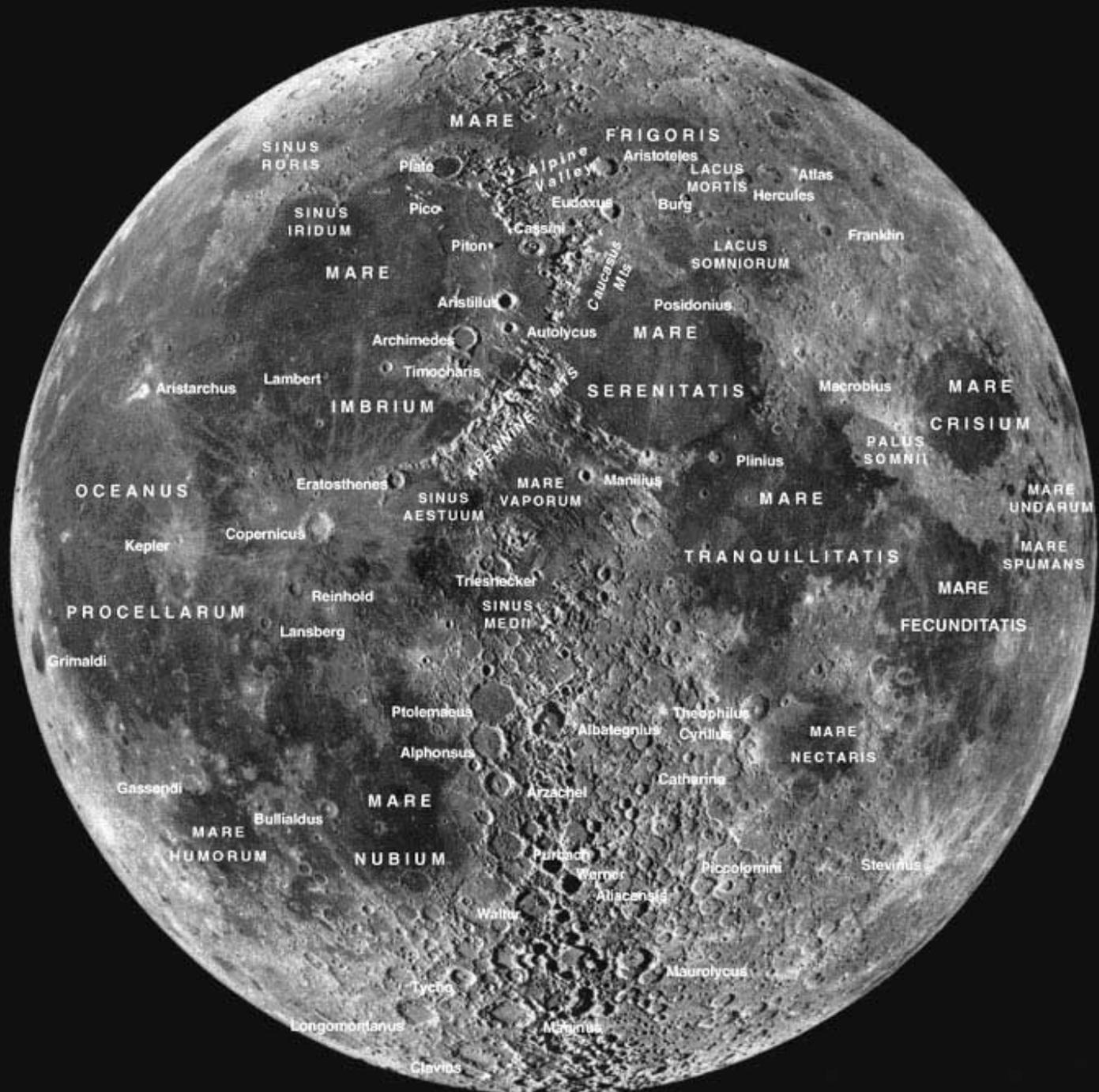
3 – Massa relativa del Sole
Il Sole ha massa perfetta per provvedere il giusto ammontare di energia alla Terra

La Luna

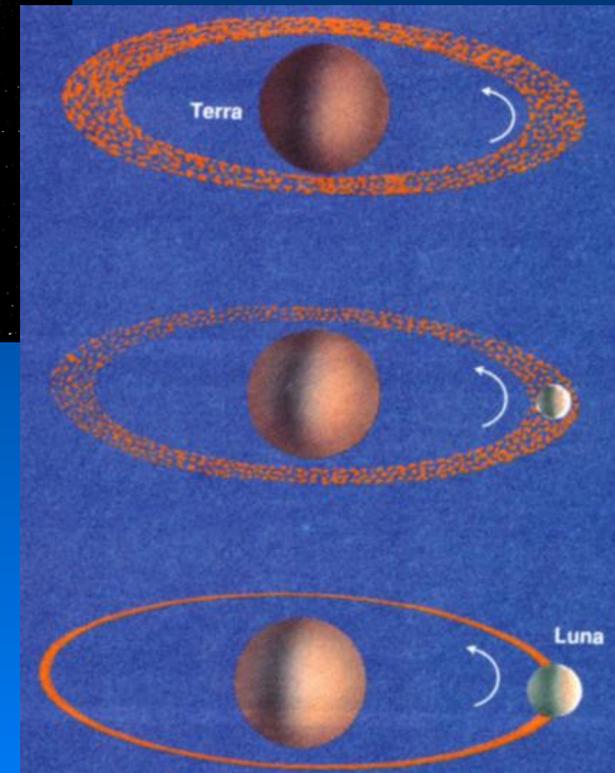
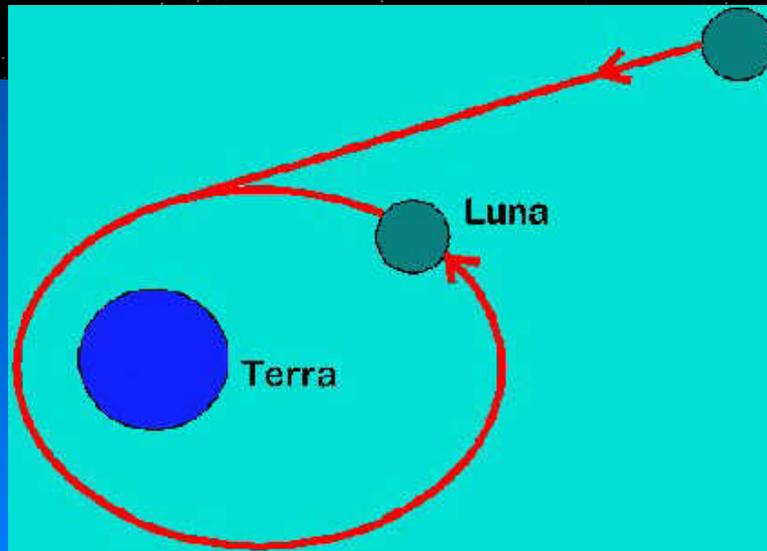
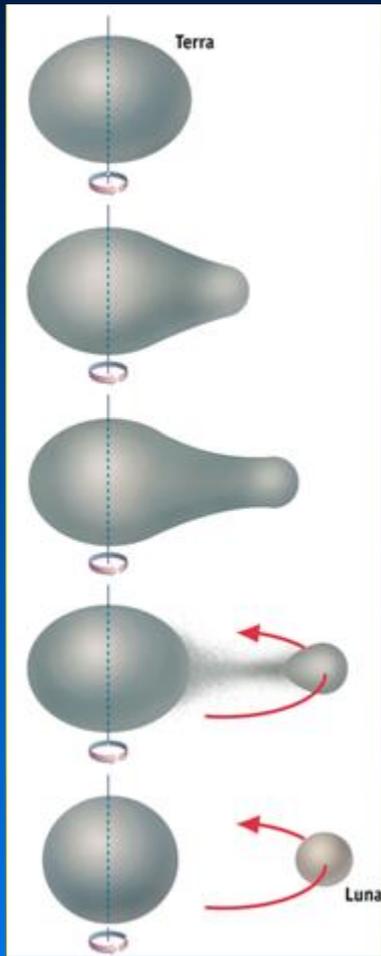
- È l'unico satellite naturale della Terra ed è l'oggetto più vicino (in media 384.000 km)
- 3476 km di diametro (un quarto della Terra)
- Mese siderale: 27.3 giorni
- Mese sinodico: 29.5 giorni







LA “NASCITA” DELLA LUNA





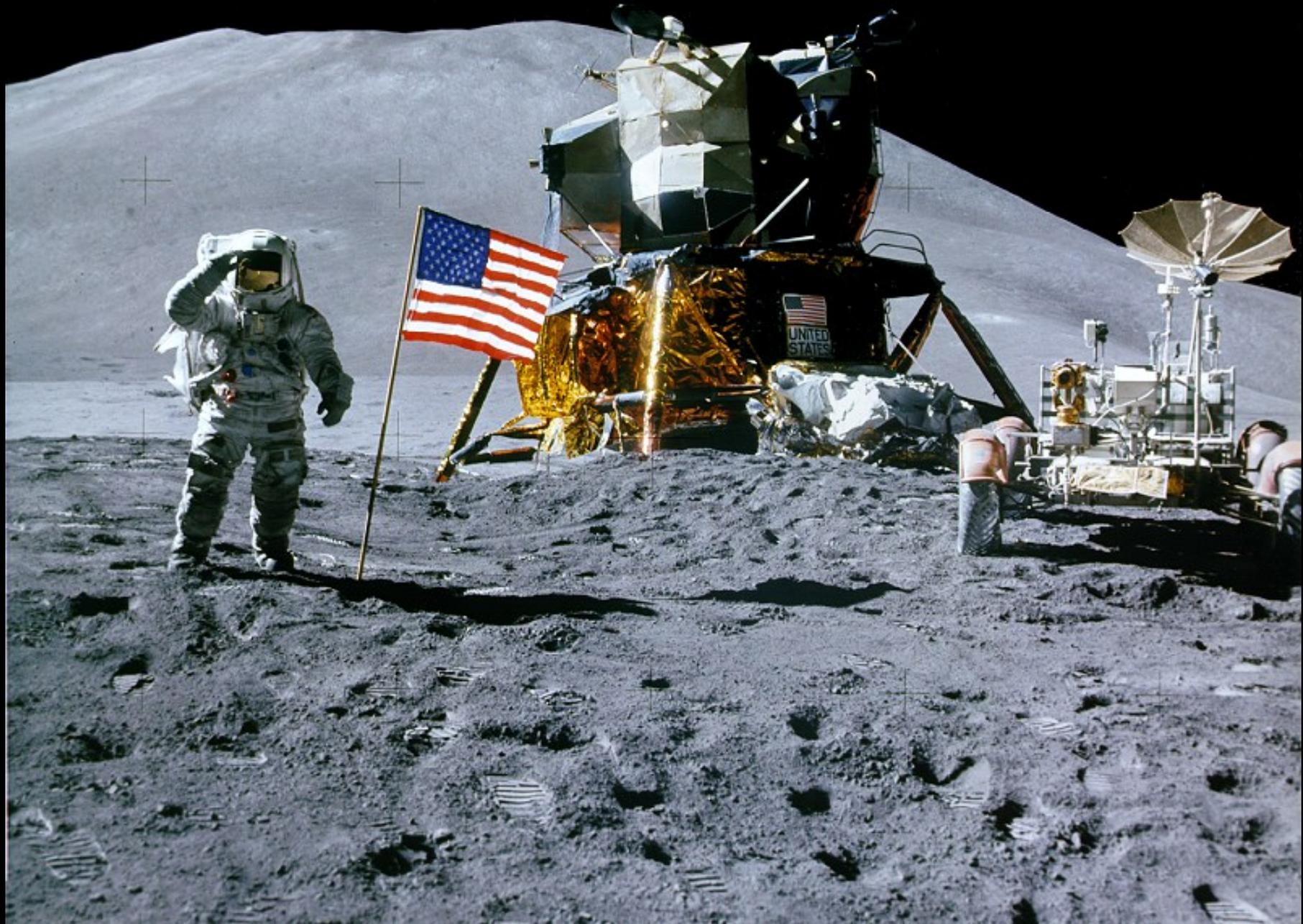
Rupes recta

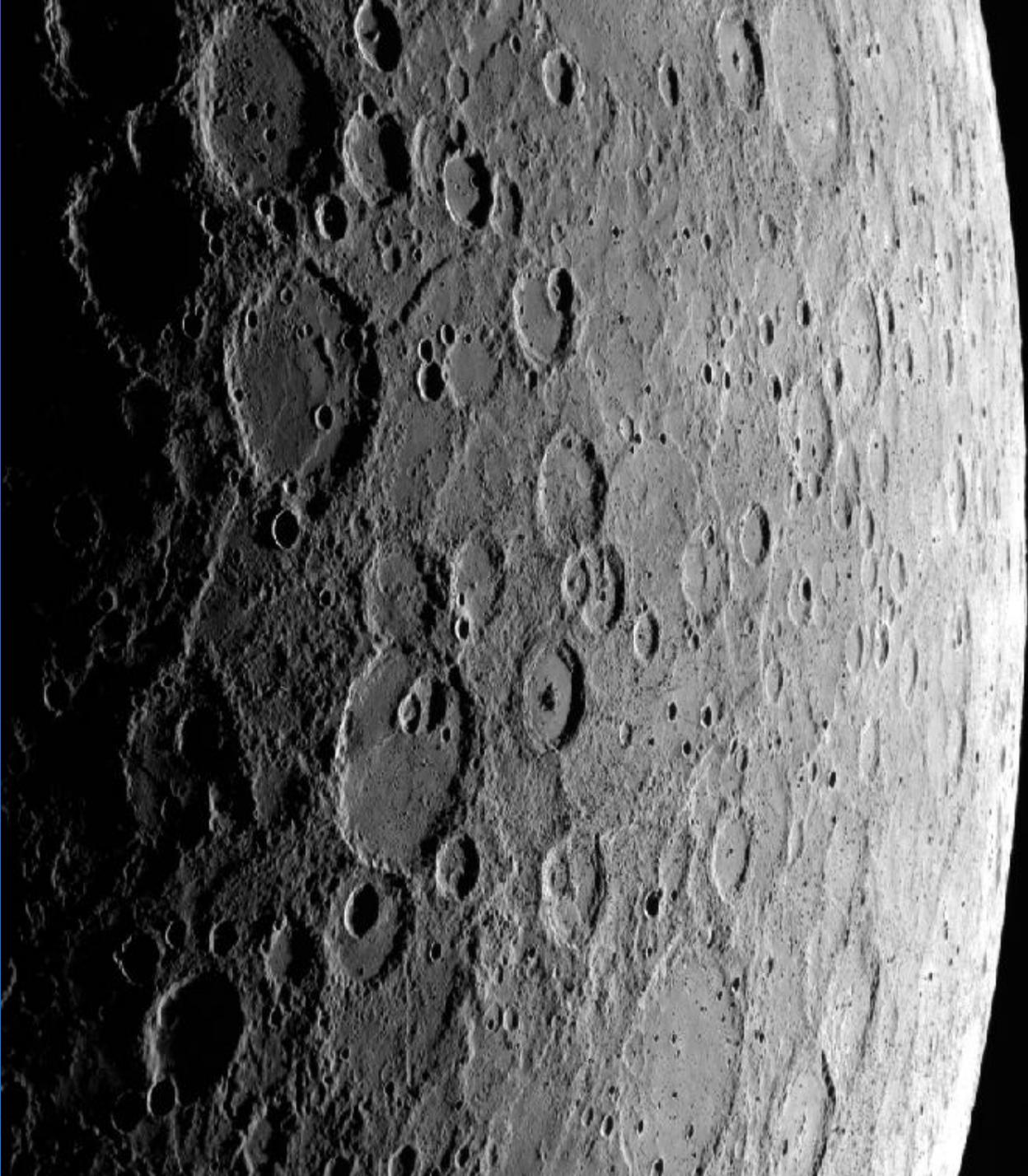


Kepler

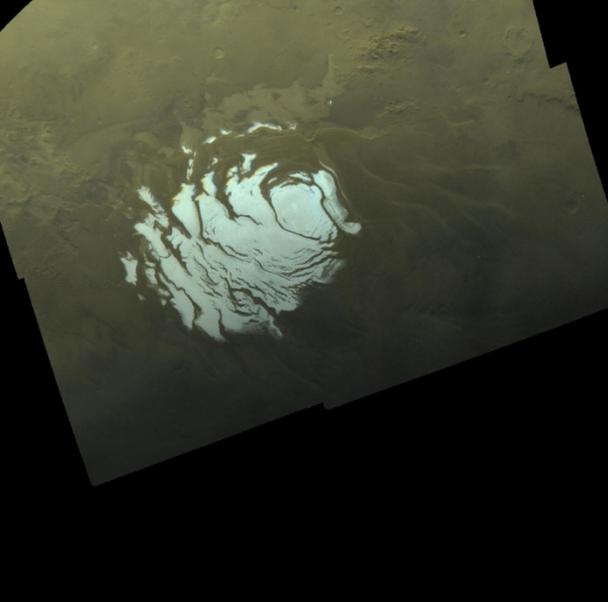


Monti
Appennini e
cratere
Eratostene





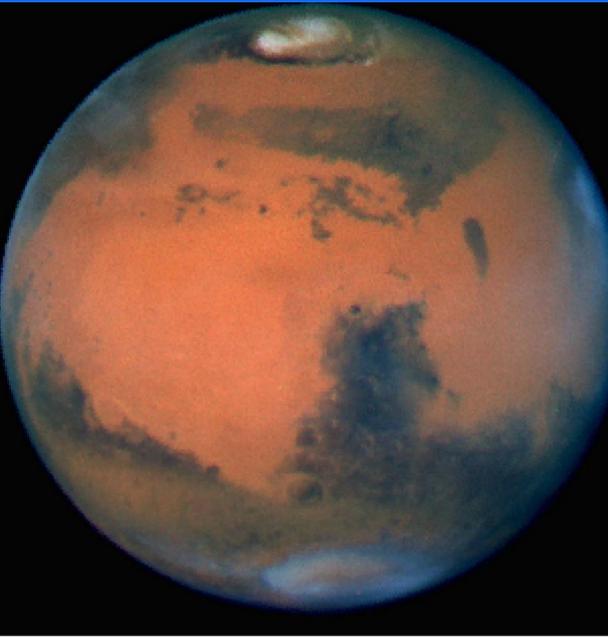




Marte

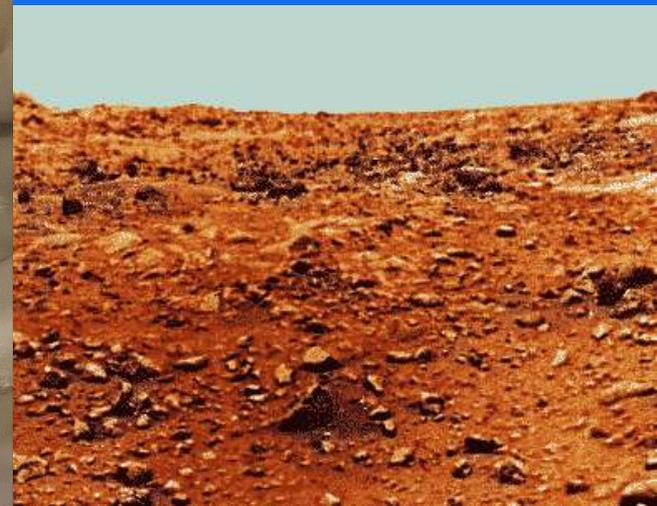
- Suolo ricco di ferro, atmosfera rarefatta, calotte polari
- Canali

- Acqua?
- La vita?



| | |
|------------------------|-----------------------------------|
| Distanza dal Sole | 206.7 / 249.1 Milioni di km |
| Diametro equatoriale | 6787 km |
| Periodo di rivoluzione | 687 giorni |
| Periodo di rotazione | 24 ore 37 minuti 23 secondi |
| Massa (Terra = 1) | 0.108 |
| Temperatura | -23 °C |

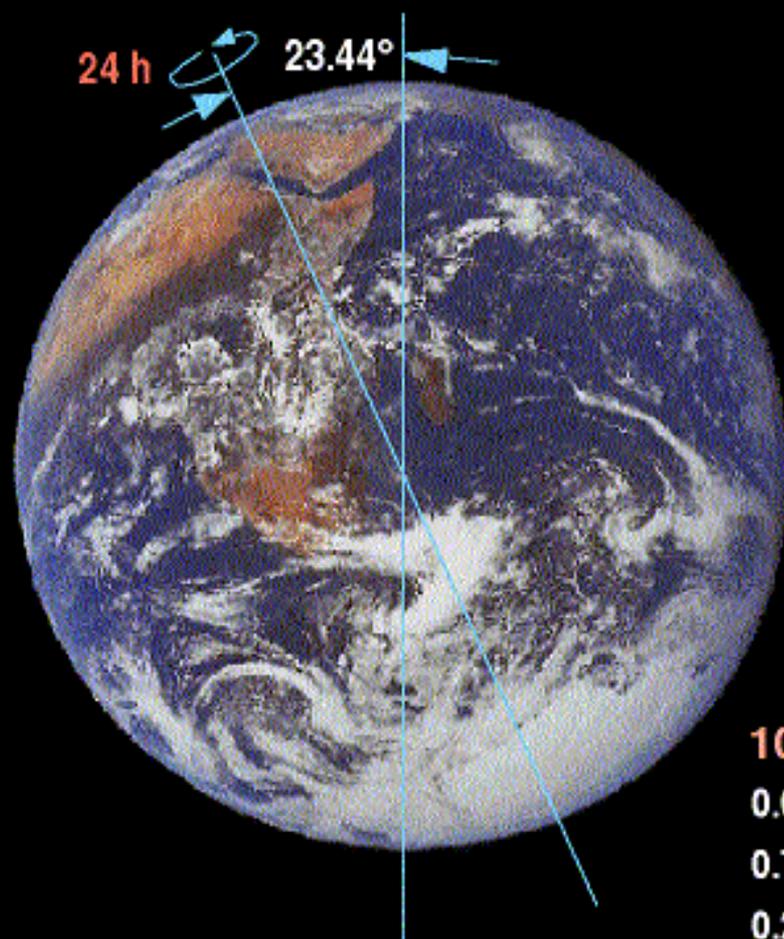
La superficie di Marte



EARTH

COMPARISON

MARS



YEAR

365 Days 686 Days
(667 Sols)

GRAVITY

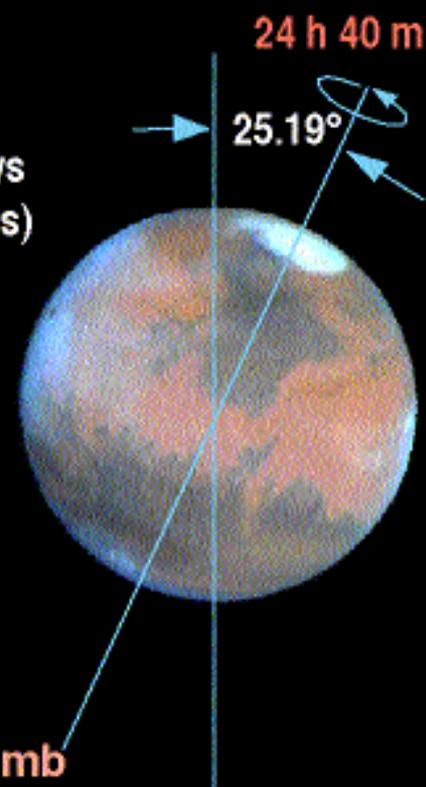
38% of earth

SUNLIGHT

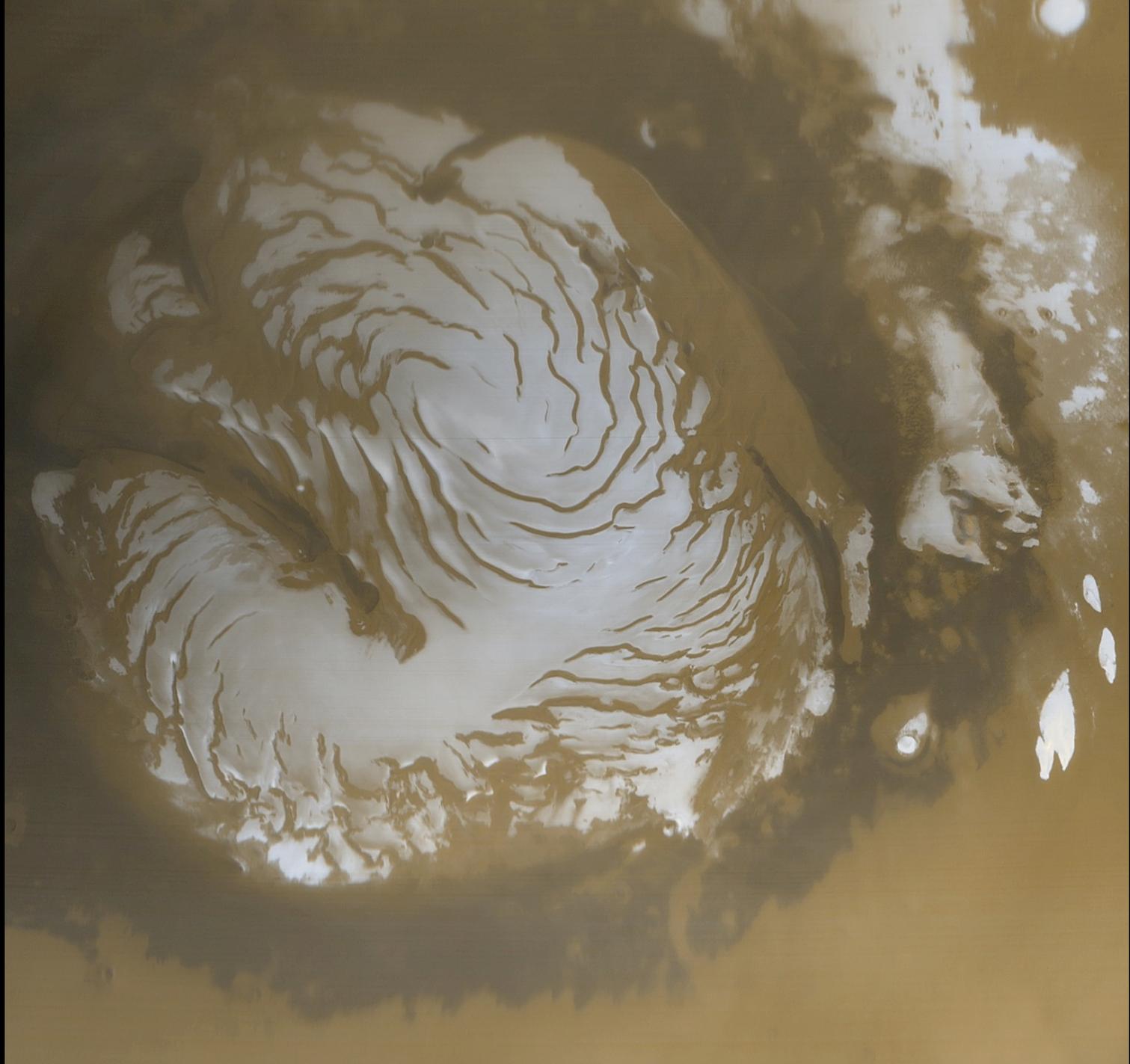
44% of earth

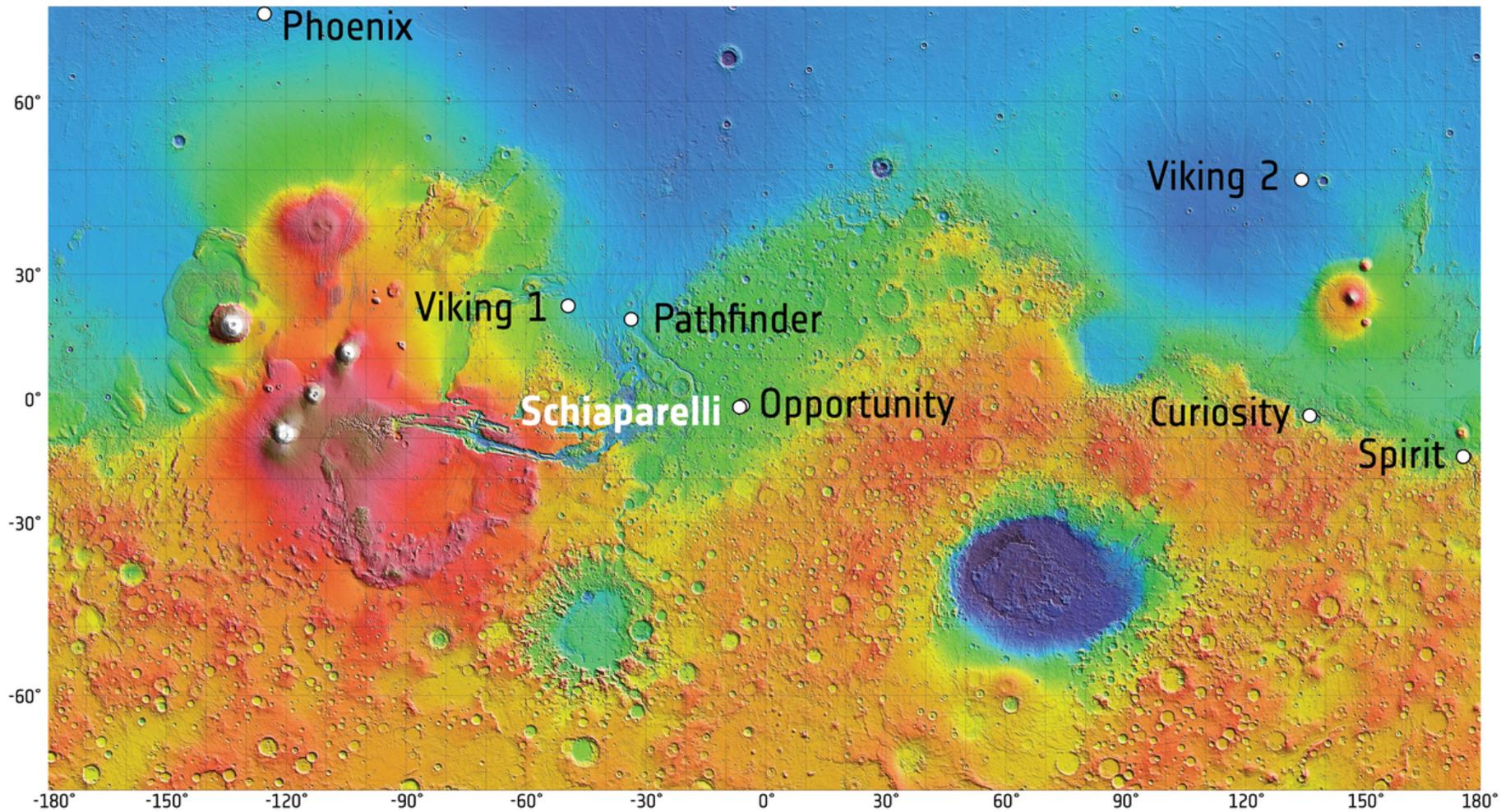
ATMOSPHERE

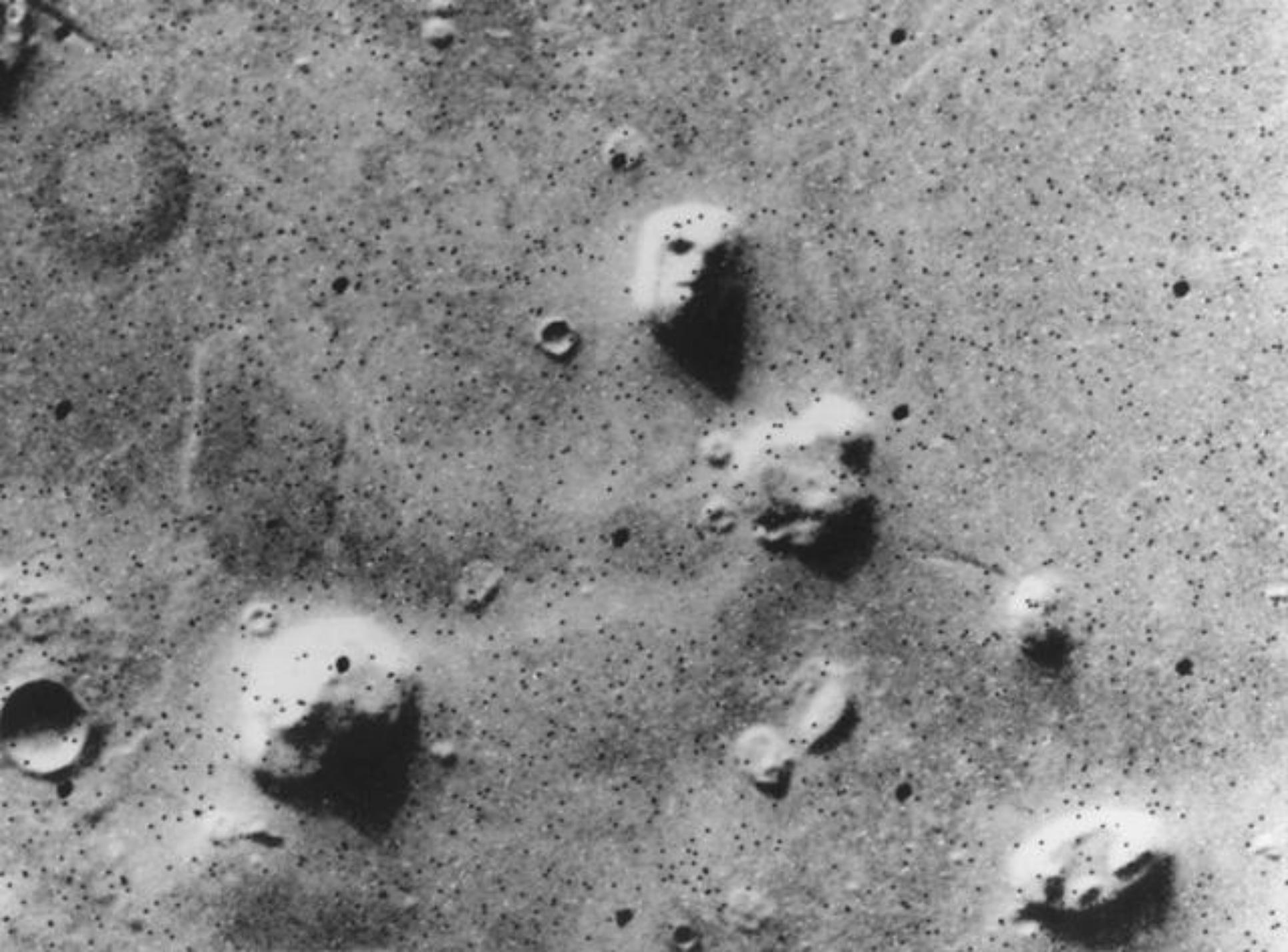
| 1013mb | Total | 7.6 mb |
|-----------|------------------|--------------|
| 0.00035 | CO ₂ | 0.95 |
| 0.781 | N ₂ | 0.027 |
| 0.210 | O ₂ | 0.0013 |
| 0 to 0.04 | H ₂ O | 0 to 0.00021 |
| 0.0093 | Ar | 0.016 |

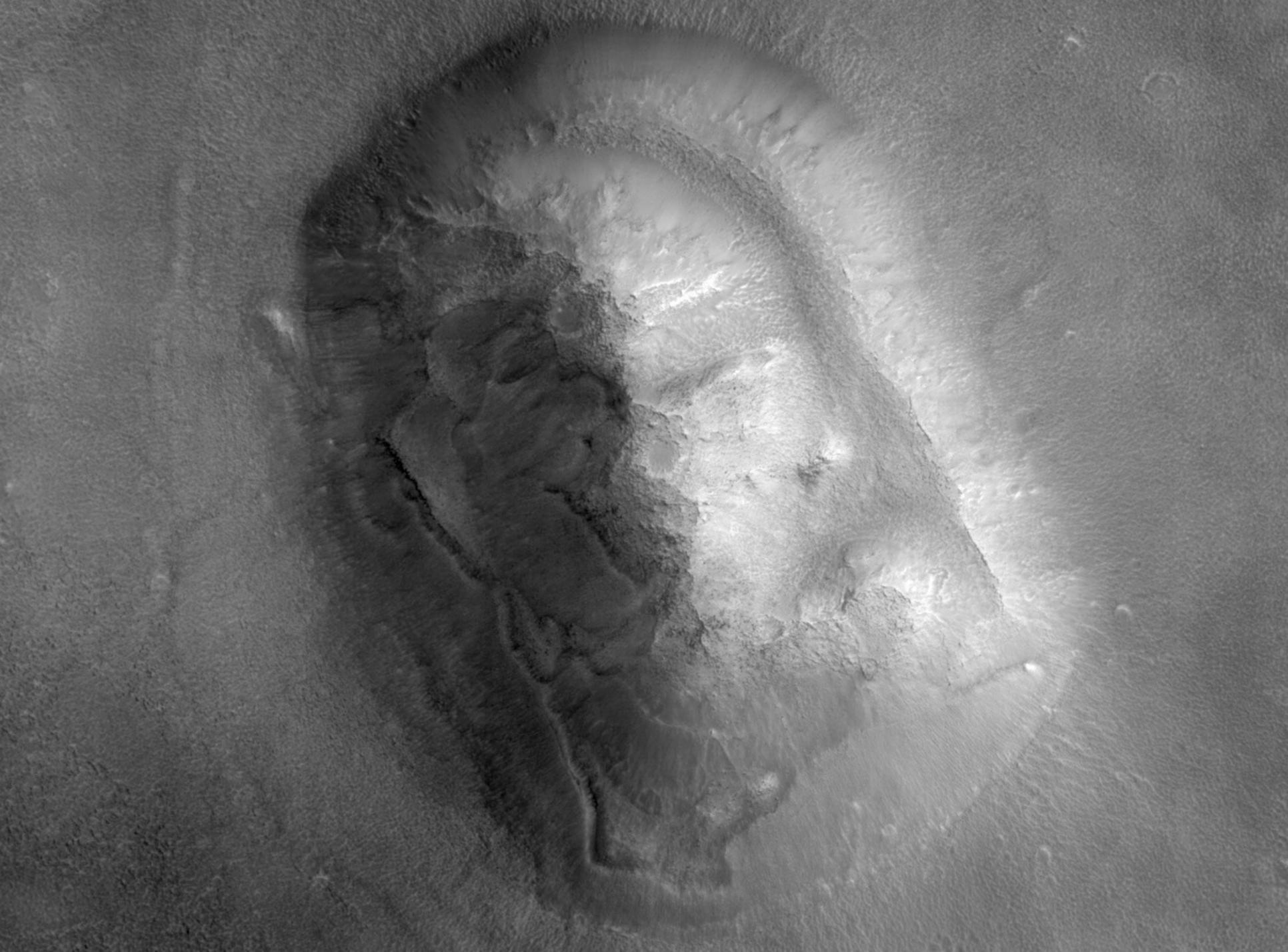


Mars, courtesy
P. James and NASA



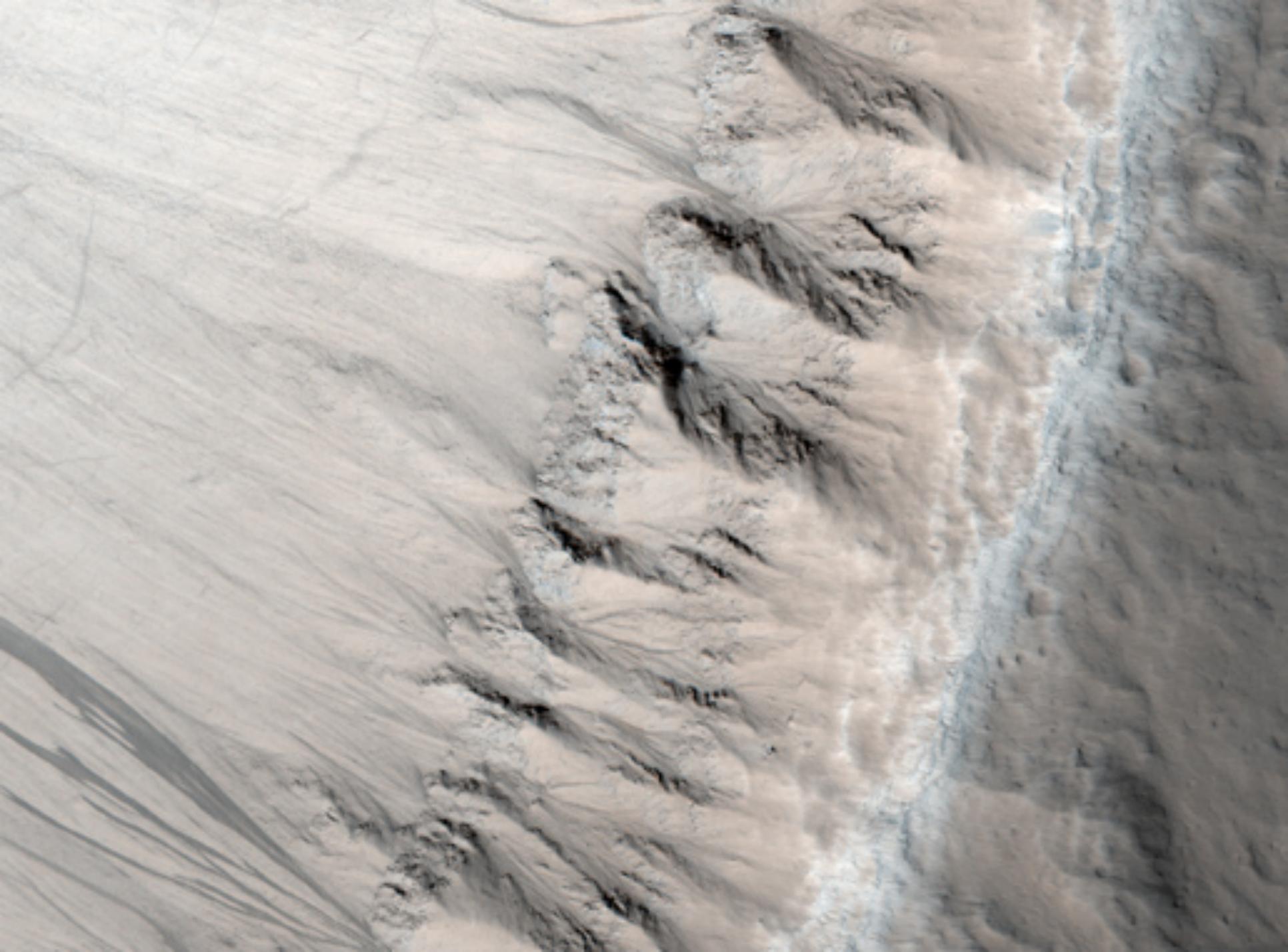








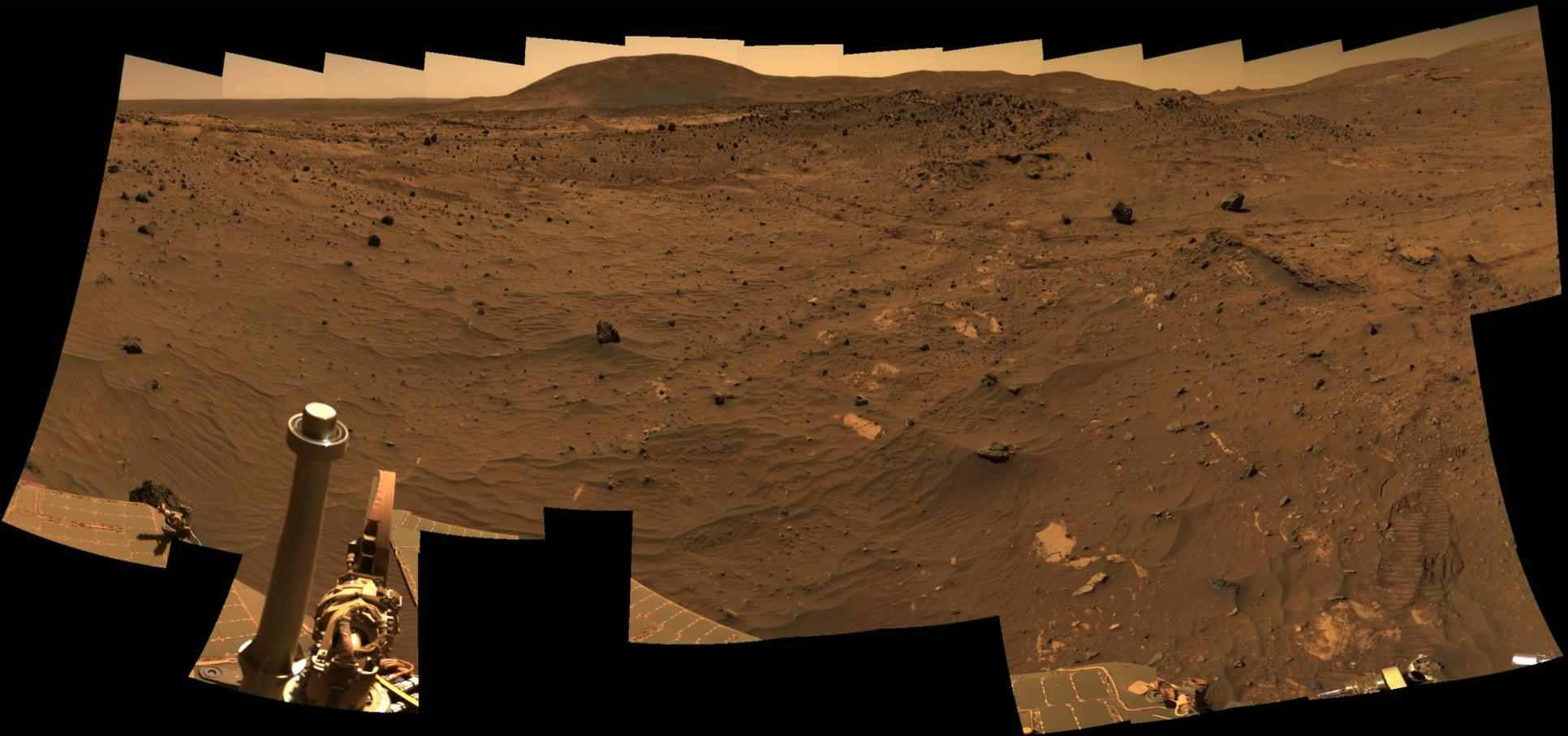




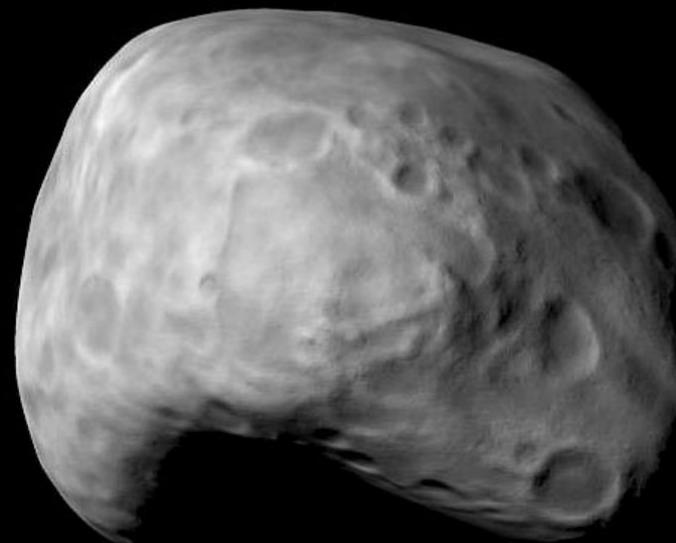












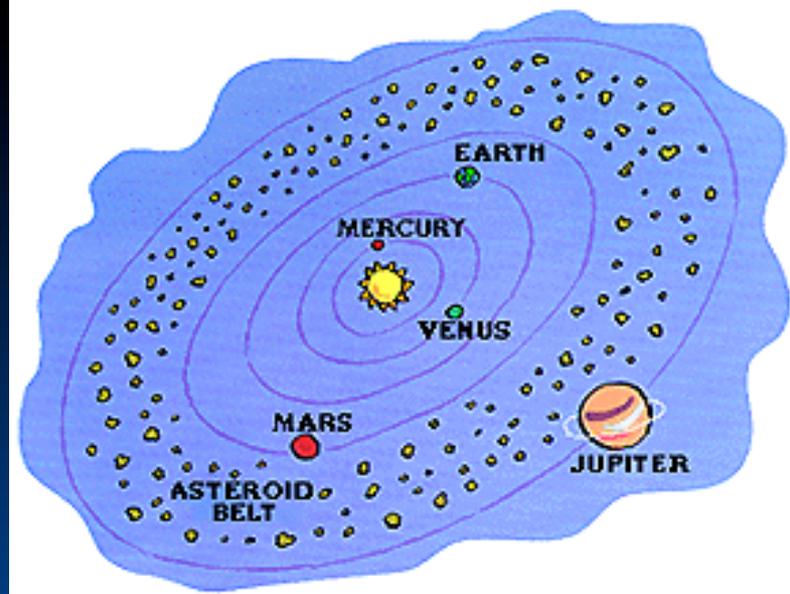
Deimos



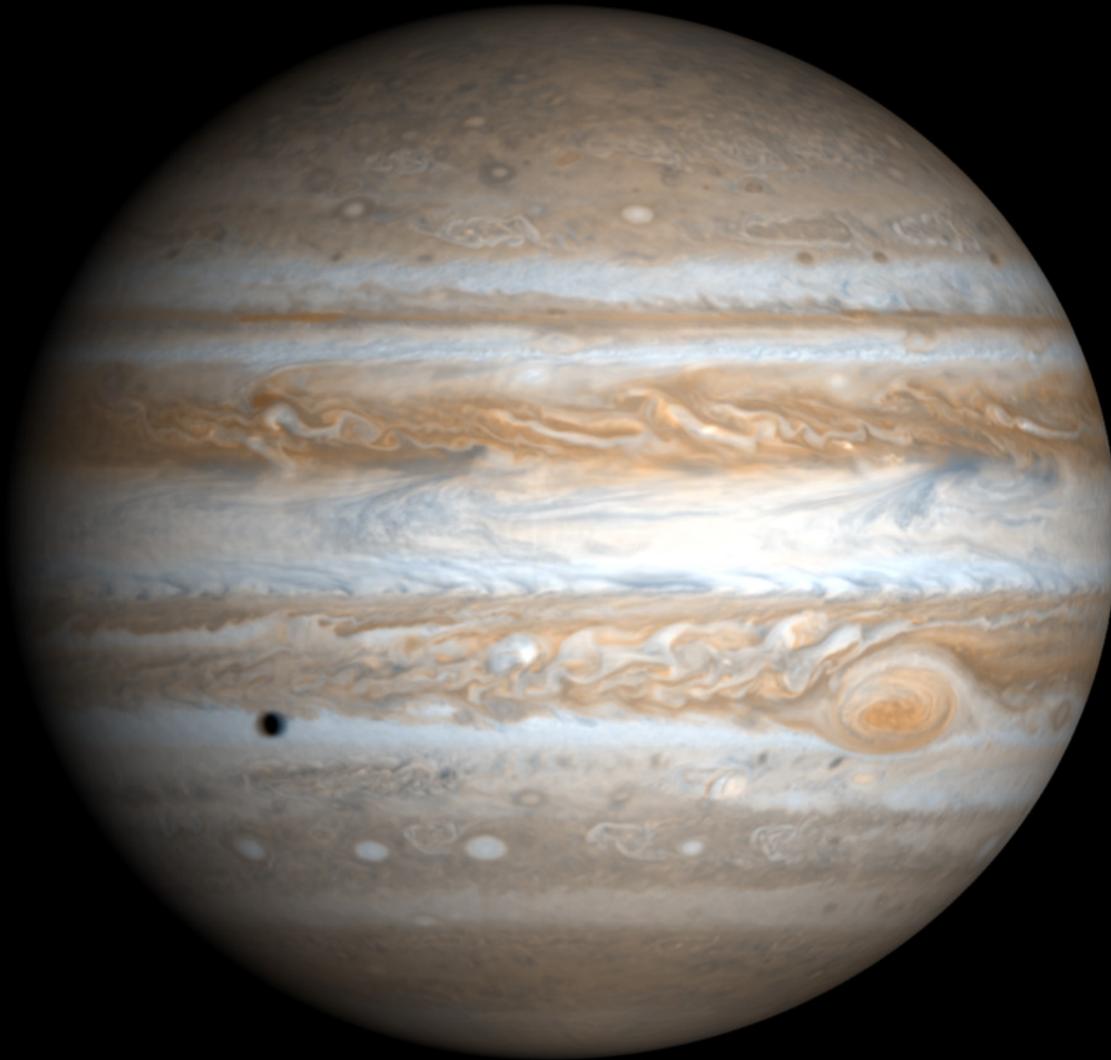
Phobos

Fascia degli asteroidi

- Titius e Bode enunciano una legge che stabilisce le posizioni reciproche dei pianeti: funziona ma manca un pianeta tra Marte e Giove
- Piazzi nel 1801 scopre Cerere (mille km di diametro); quindi si scoprono Pallade, Vesta e Hygiea
- Oggetti con dimensioni minori di alcune centinaia di chilometri
- Un pianeta distrutto o mai finito?

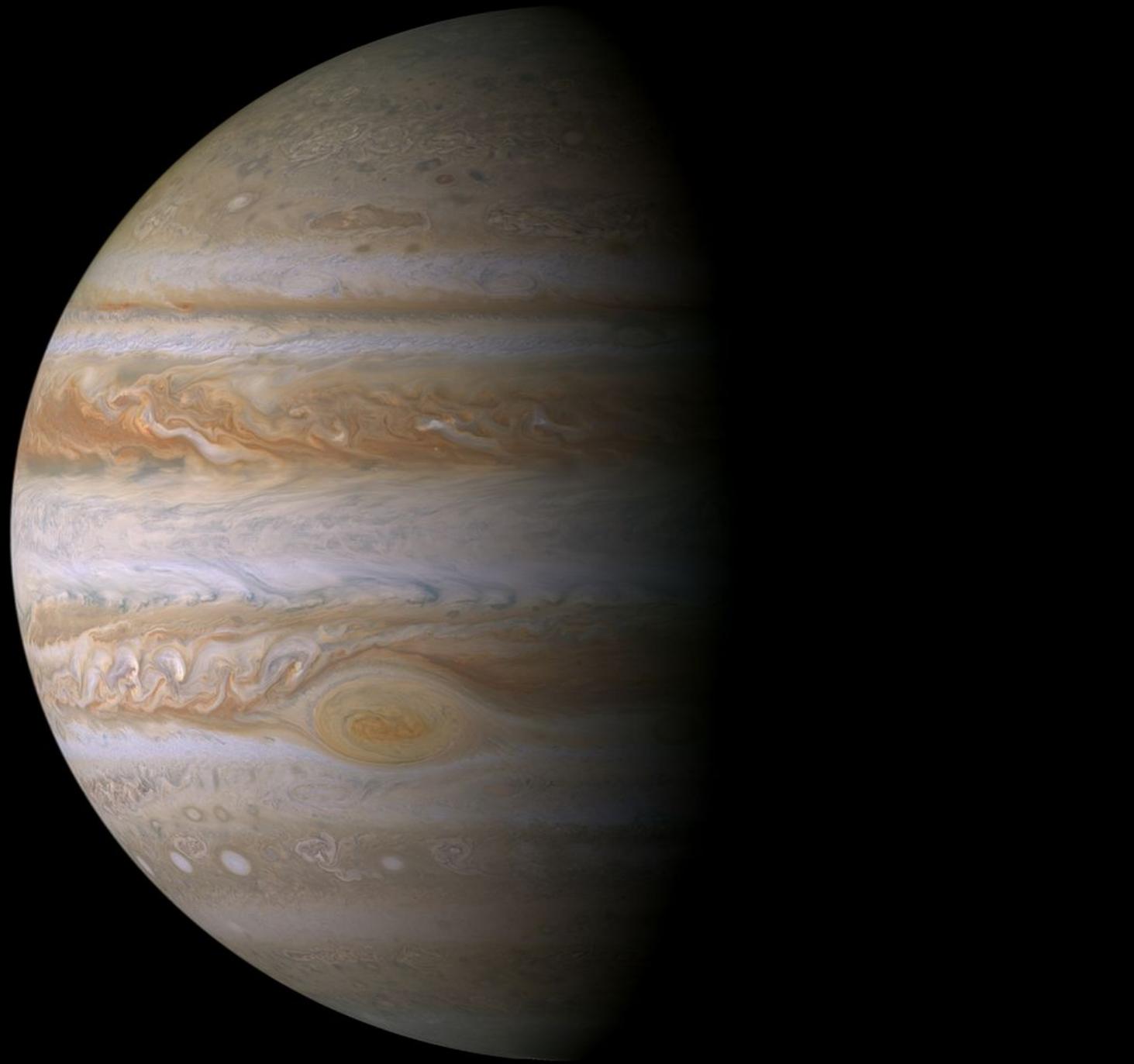


Giove



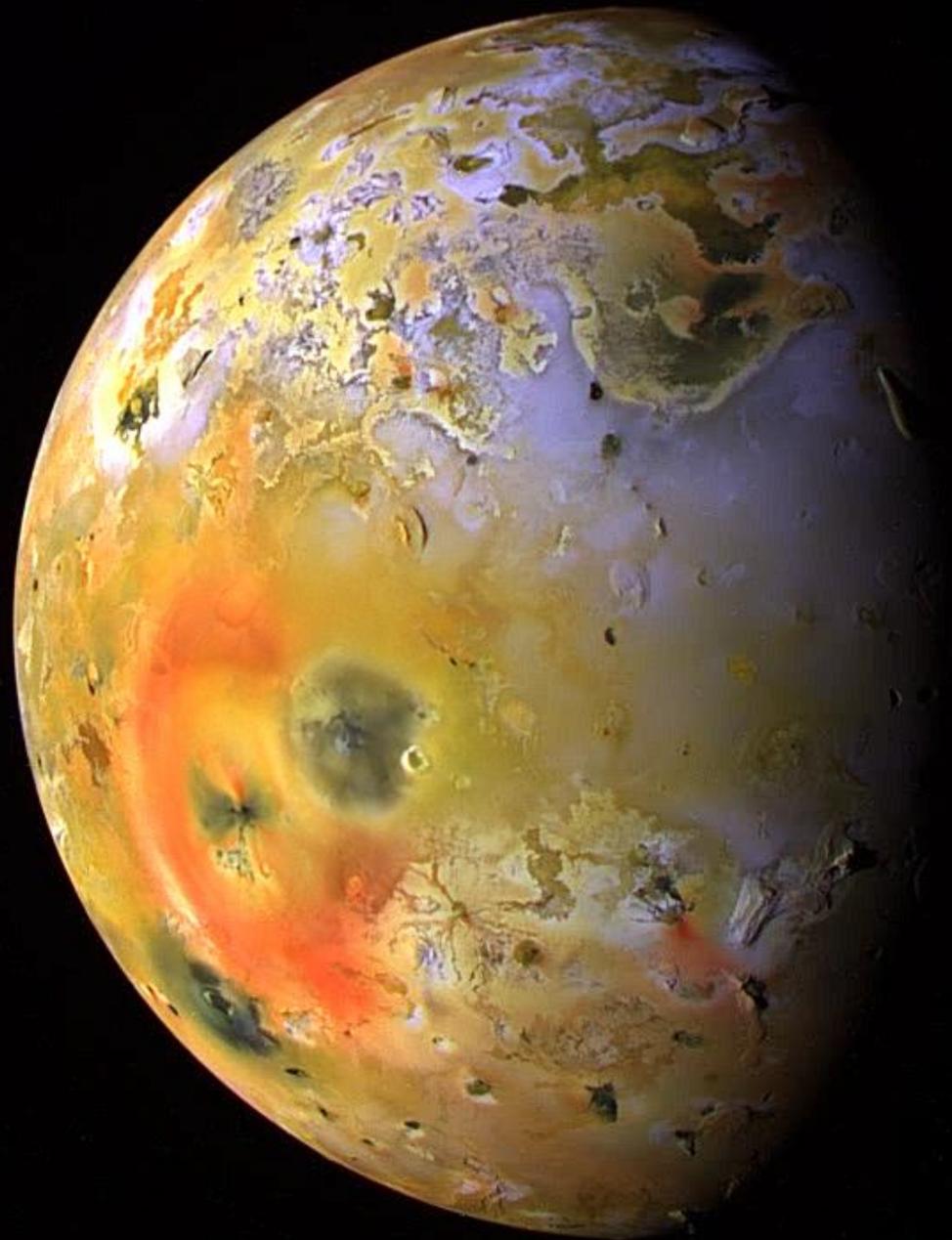
| | |
|------------------------|----------------------------------|
| Distanza dal Sole | 740.9 / 815.7 Milioni di km |
| Diametro equatoriale | 142 800 km |
| Periodo di rivoluzione | 11.86 anni |
| Periodo di rotazione | 9 ore 50 minuti 30 secondi |
| Massa (Terra = 1) | 317.9 |
| Temperatura | -150 °C nubi |

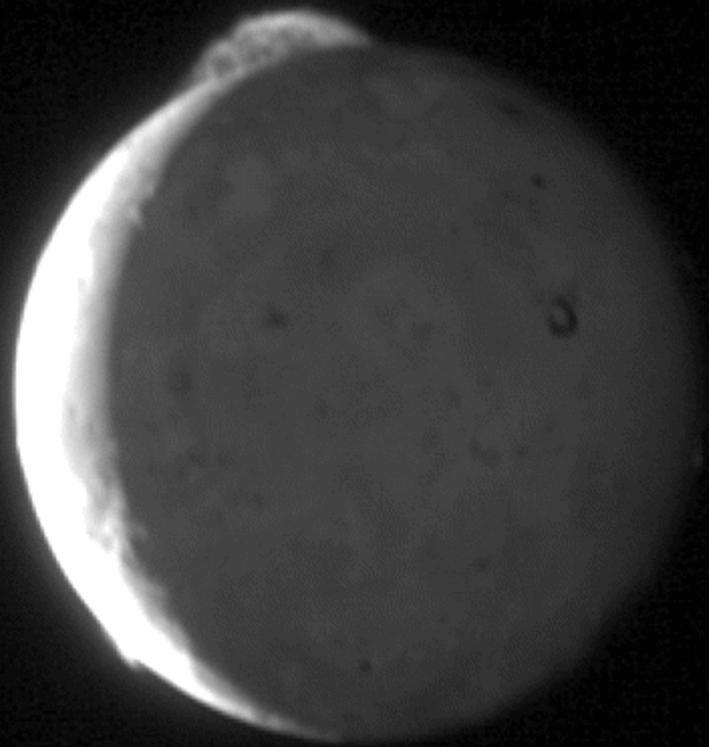
- Pianeta gigante gassoso
- Composizione: idrogeno ed elio (una stella?)
- Satelliti galileiani: Io, Europa, Ganimede, Callisto

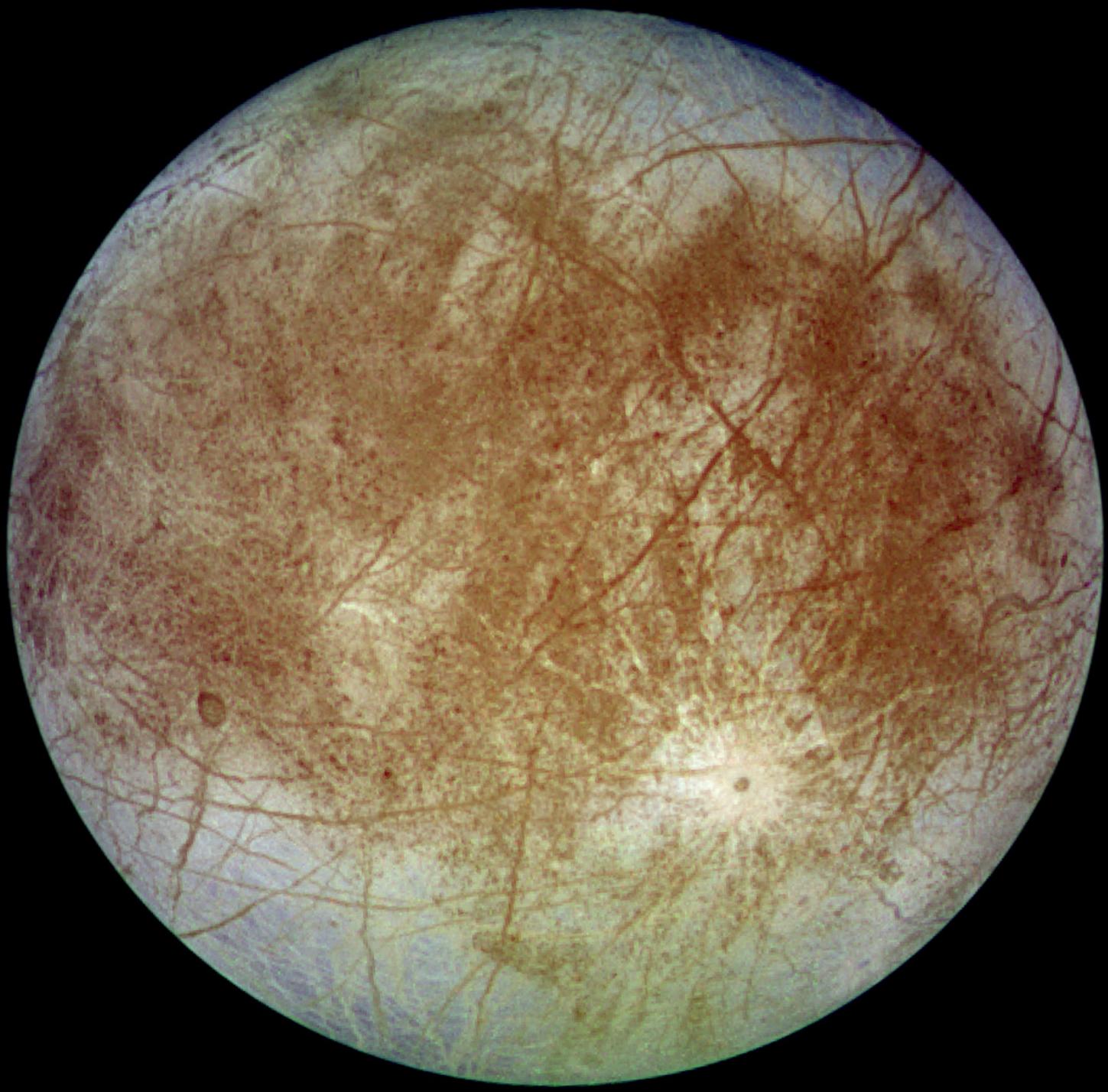


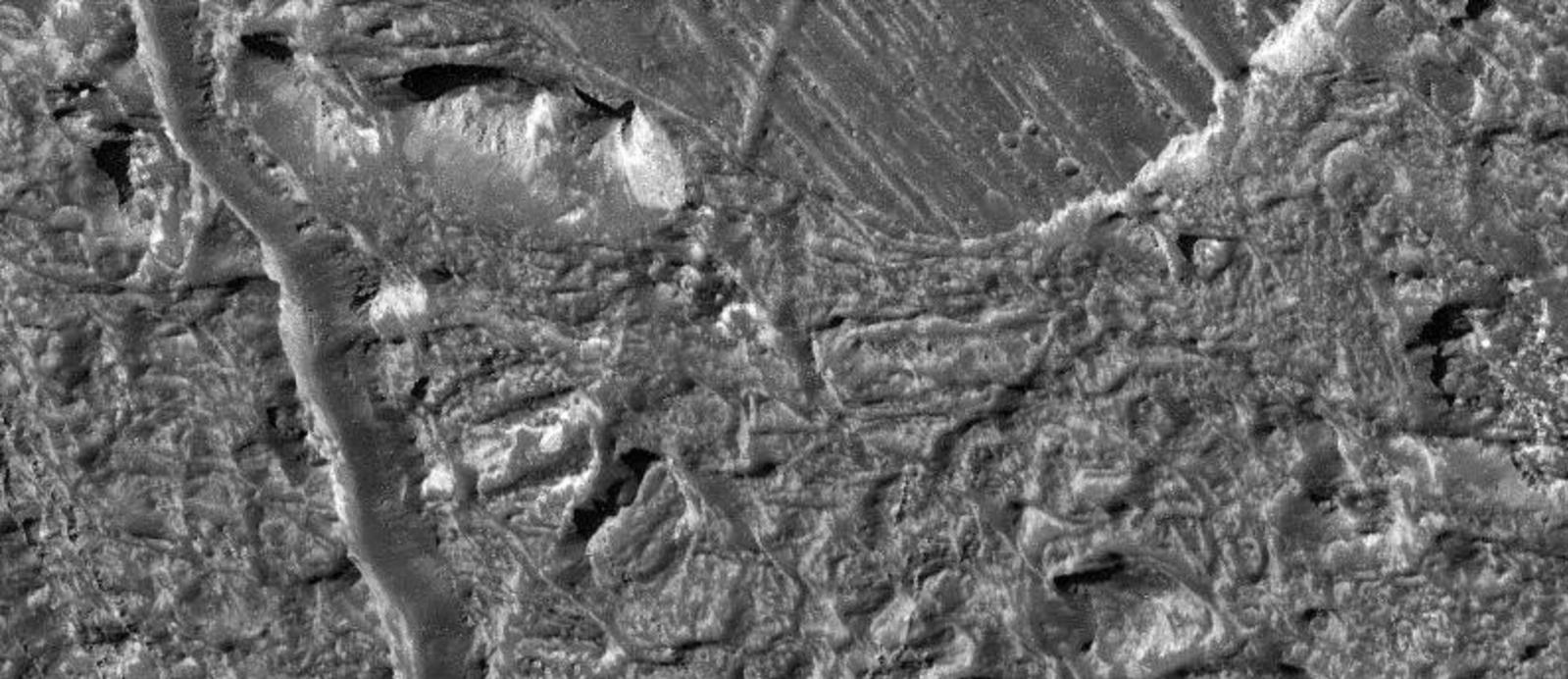
I SATELLITI GALILEIANI

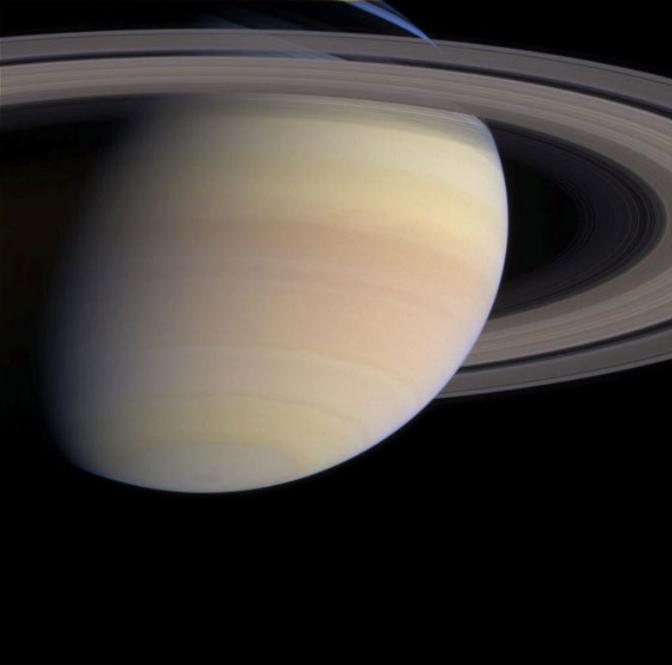










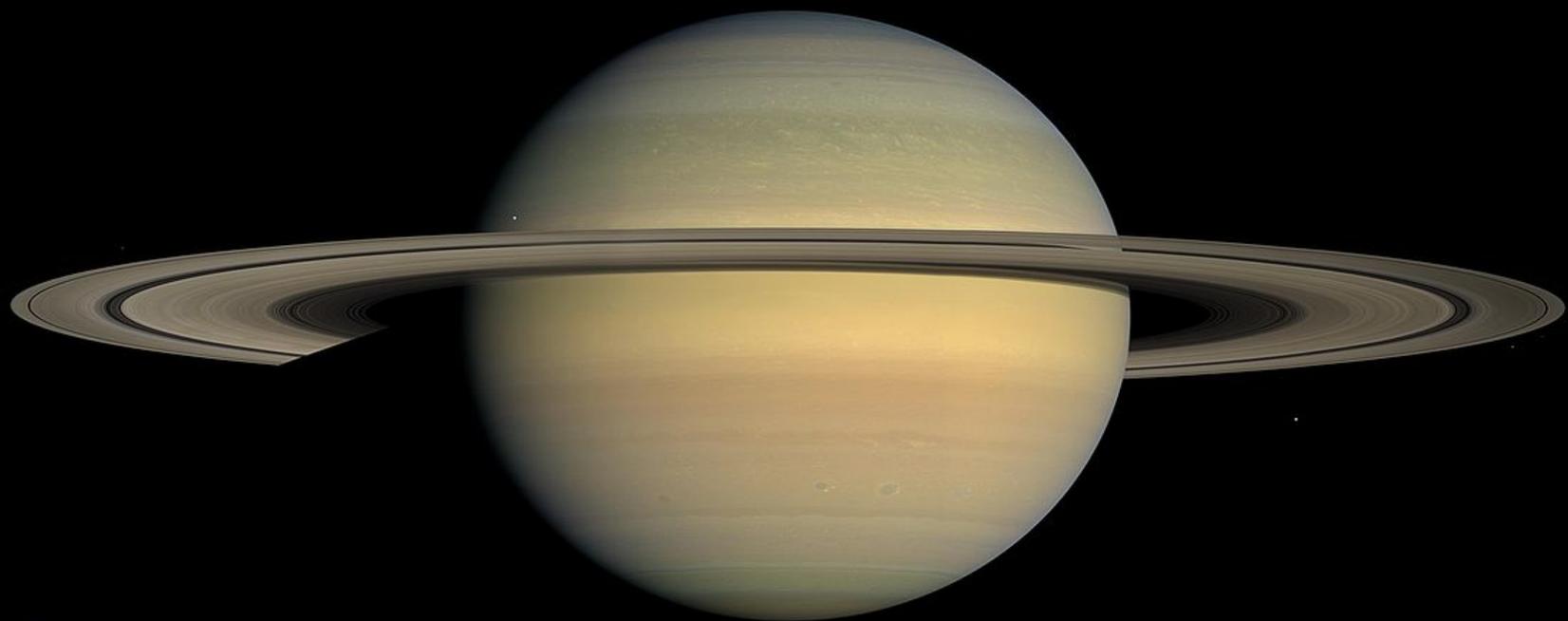


Saturno

- Gli anelli: ghiaccio e polveri
- Le lune: satelliti principali e “pastori”

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Distanza dal Sole | 1347 / 1507 Milioni di km |
| Diametro equatoriale | 120 000 km |
| Periodo di rivoluzione | 29.46 anni |
| Periodo di rotazione | 10 ore 32 minuti |
| Massa (Terra = 1) | 95.2 |
| Temperatura | -180 °C nubi |





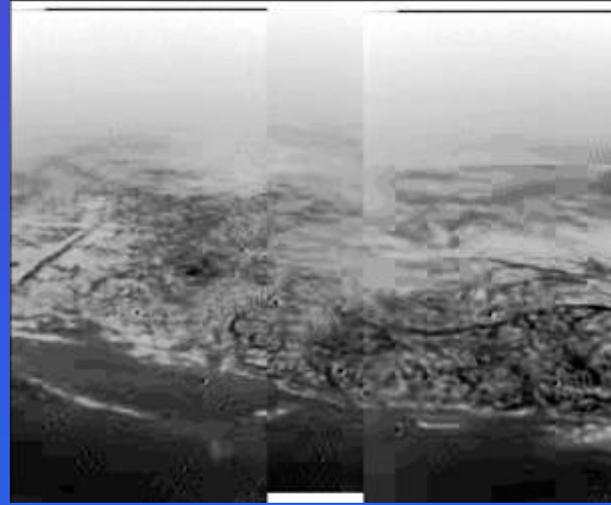
Titano



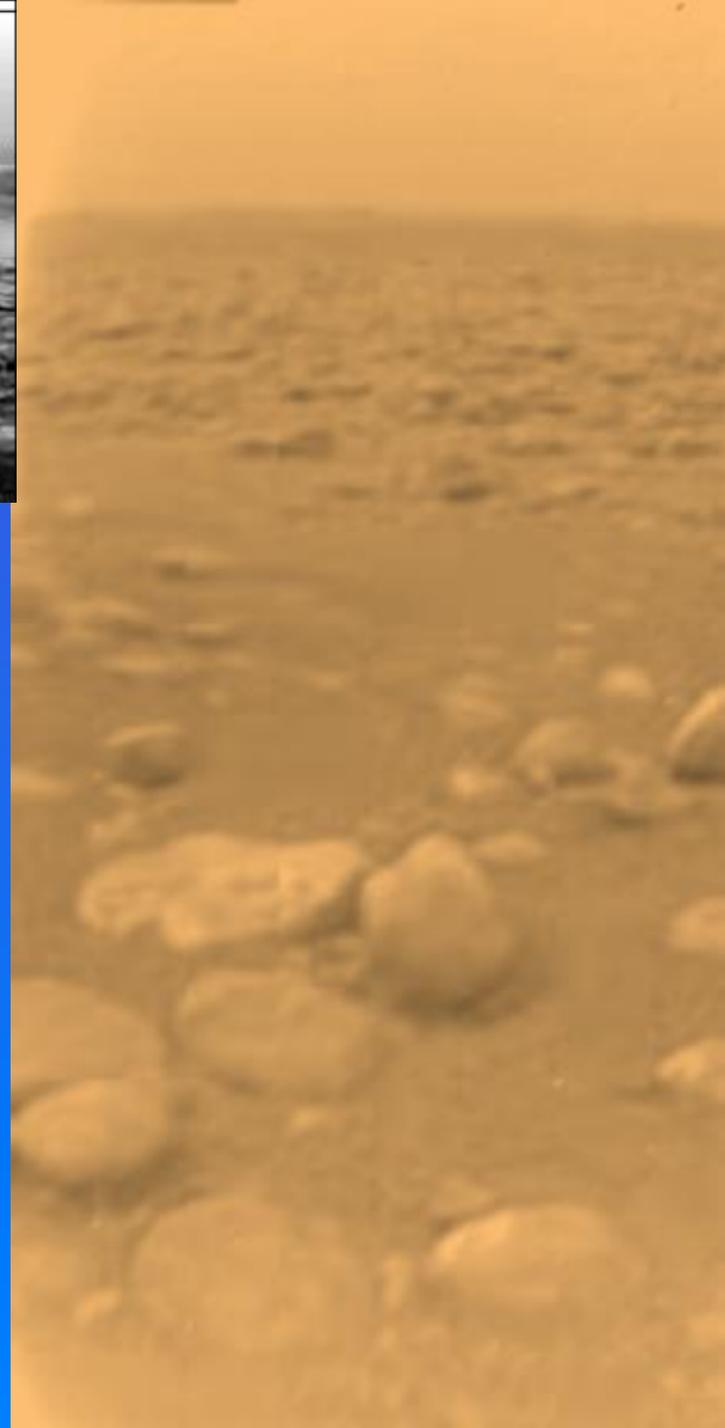
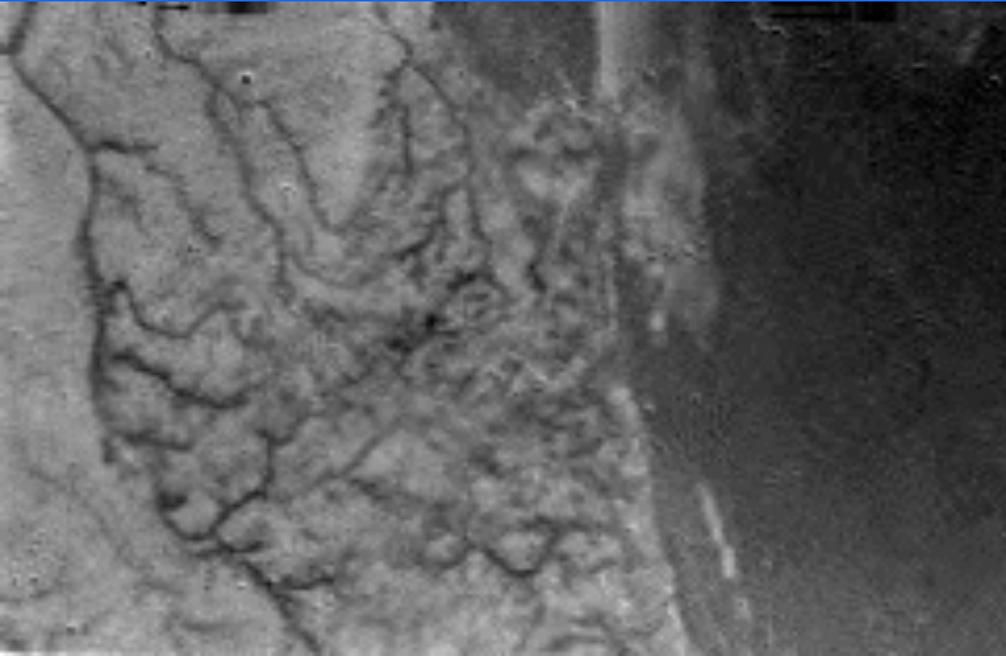
- Unico satellite con una densa atmosfera composta da azoto, argon ed idrocarburi
- Come la Terra primordiale?
- Superficie nascosta dall'atmosfera: terreni solidi, liquidi, piogge di metano liquido?

Huygens

- Il viaggio della sonda Cassini-Huygens verso Saturno
- La discesa nell'atmosfera e l'atterraggio
- Montagne, fiumi, mari!



- Un terreno soffice
- Una superficie solida, con blocchi di ghiaccio



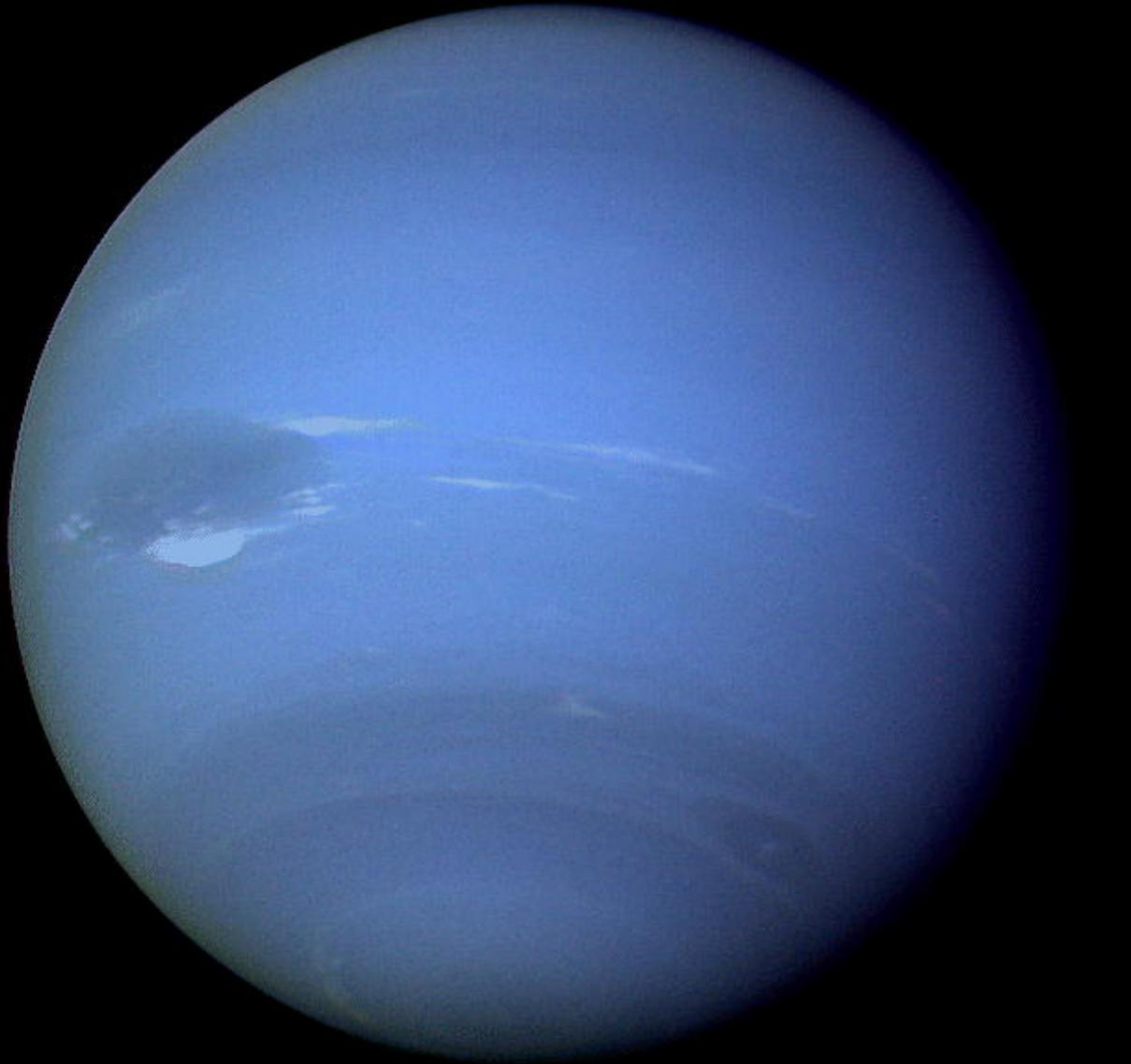
Urano

- Scoperto da Herschel nel 1781
- “Rotola” attorno al Sole
- Struttura tipica dei pianeti gassosi

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Distanza dal Sole | 2735 / 3004 Milioni di km |
| Diametro equatoriale | 51 800 km |
| Periodo di rivoluzione | 84.01 giorni |
| Periodo di rotazione | 11 ore |
| Massa (Terra = 1) | 14.6 |
| Temperatura | -210 °C nubi |



Nettuno



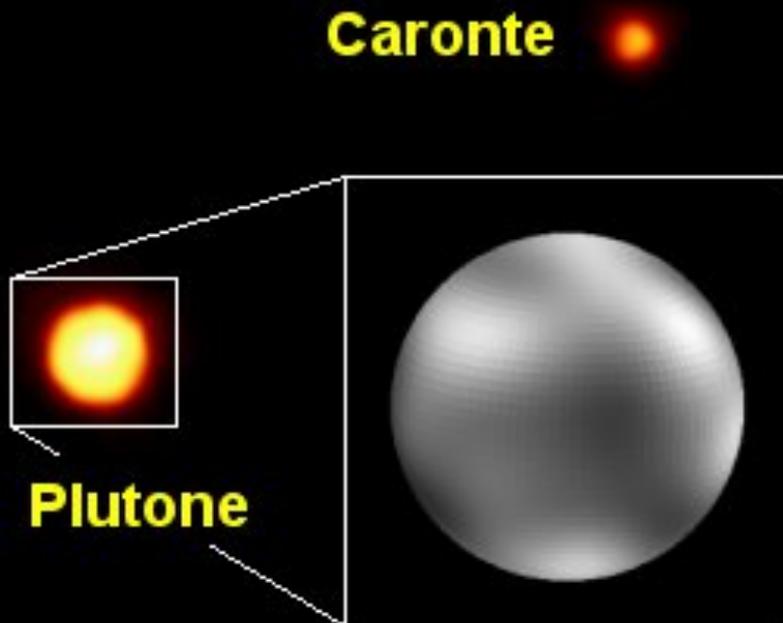
| | |
|------------------------|------------------------------|
| Distanza dal Sole | 4456 / 4537 Milioni di km |
| Diametro equatoriale | 49 500 km |
| Periodo di rivoluzione | 164.8 anni |
| Periodo di rotazione | 16 ore |
| Massa (Terra = 1) | 17.2 |
| Temperatura | -220° C nubi |

- Previsto teoricamente dalle perturbazioni dell'orbita di Urano (Adams e Le Verrier)
- Nubi e vortici

Plutone

- Previsione di un nono pianeta dalle considerazioni sulle orbite di Urano e Nettuno: osservazione difficoltosa
- Orbita, dimensioni e caratteristiche radicalmente diverse dagli altri pianeti esterni

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Distanza dal Sole | 4425 / 7375 Milioni di km |
| Diametro equatoriale | 2370 km |
| Periodo di rivoluzione | 247.8 anni |
| Periodo di rotazione | 6 giorni 9 ore 17 min. |
| Massa (Terra = 1) | 0.0017 |
| Temperatura | -228° C |



- Plutone si può considerare un pianeta?



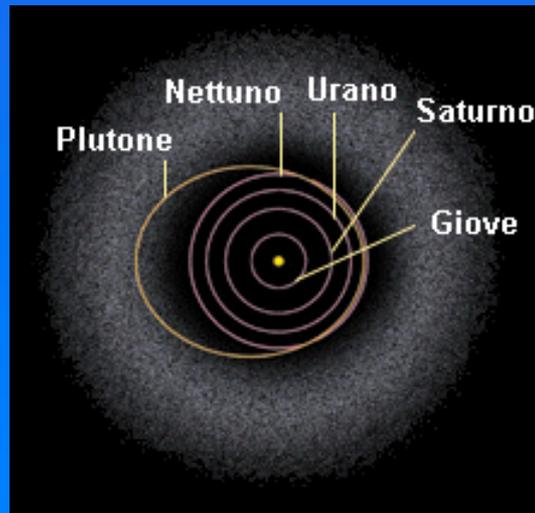




Fascia di Kuiper e comete

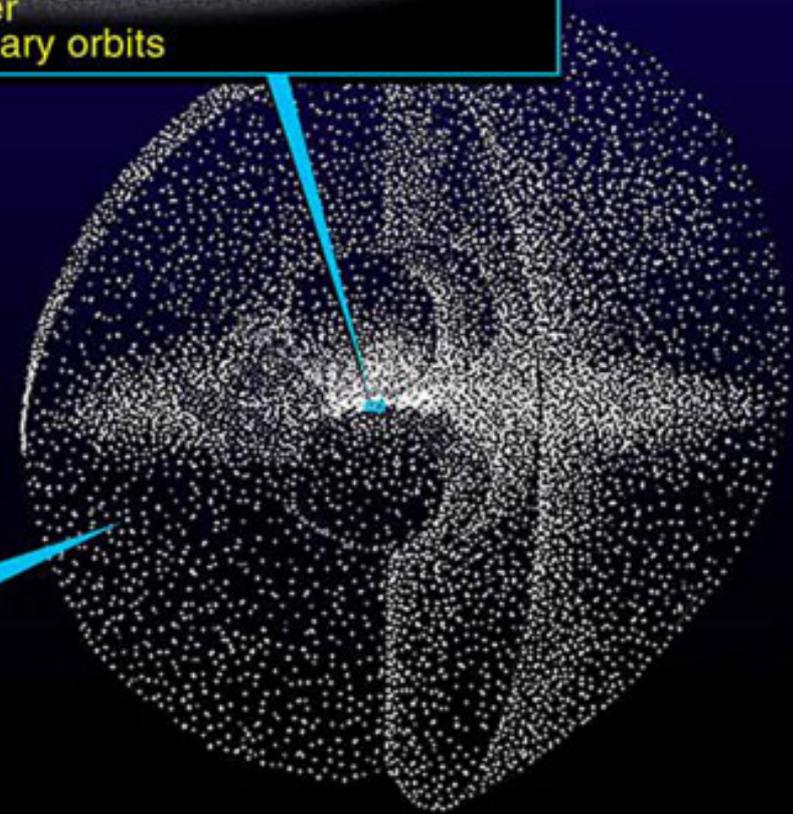


- Zona esterna del sistema:
Plutone è il primo componente?
- Fascia di Kuiper e di Oort:
serbatoi delle comete
- Residuo della formazione
del sistema solare



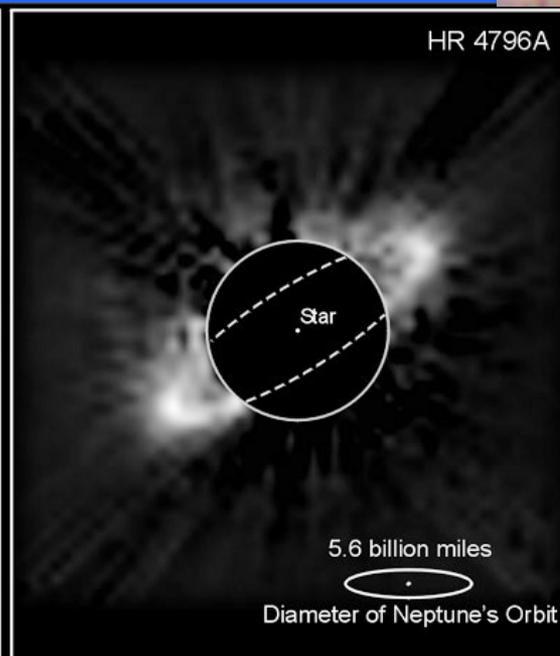
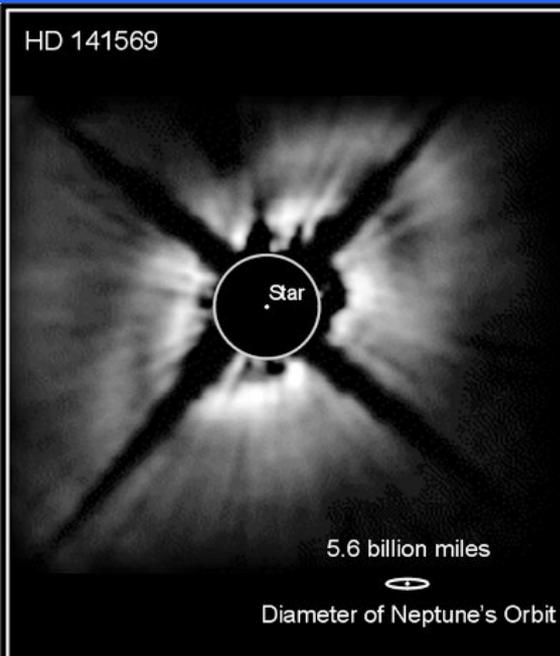
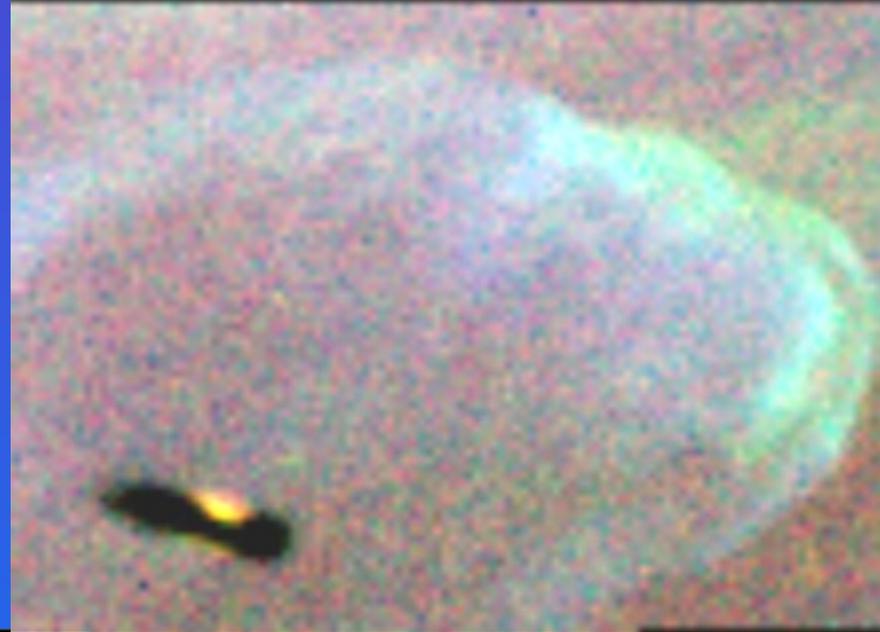
The Oort Cloud
(comprising many
billions of comets)

*Oort Cloud cutaway
drawing adapted from
Donald K. Yeoman's
illustration (NASA, JPL)*



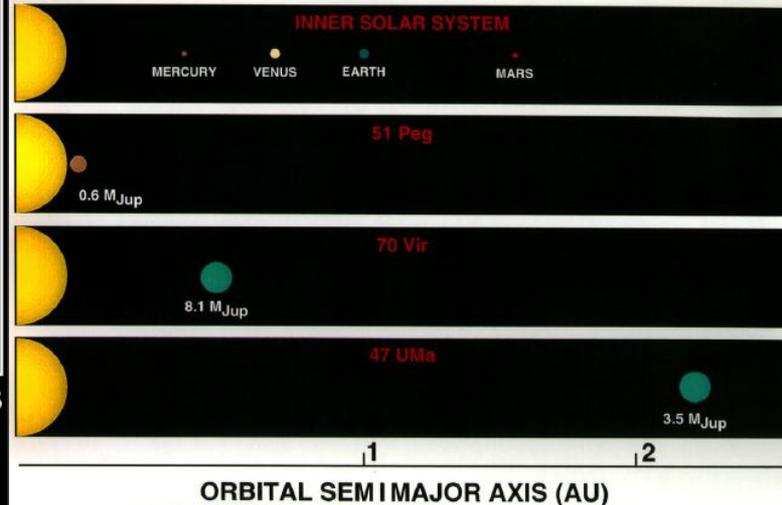
Altri pianeti ?

- Nel sistema solare? → No
- Fuori dal sistema solare → Si
- Nella galassia sono ancora in formazioni sistemi stellari
- Sono stati osservati dischi protoplanetari nelle nebulose



- Pianeti extrasolari trovati dalla perturbazione dell'orbita della stella

PLANETS AROUND NORMAL STARS



Dust Disks around Stars

PRC99-03 • STScI OPO • January 8, 1999
 B. Smith (University of Hawaii), G. Schneider (University of Arizona),
 E. Becklin and A. Weinberger (UCLA) and NASA

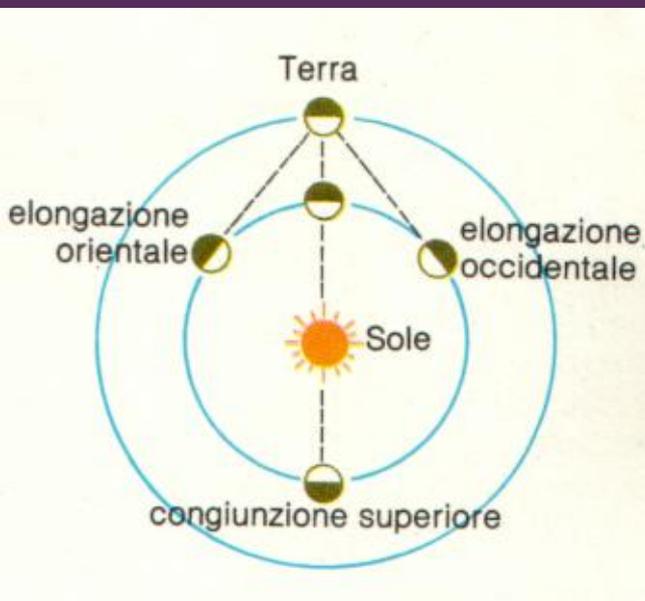
HST • NICMOS

Come osservare i pianeti

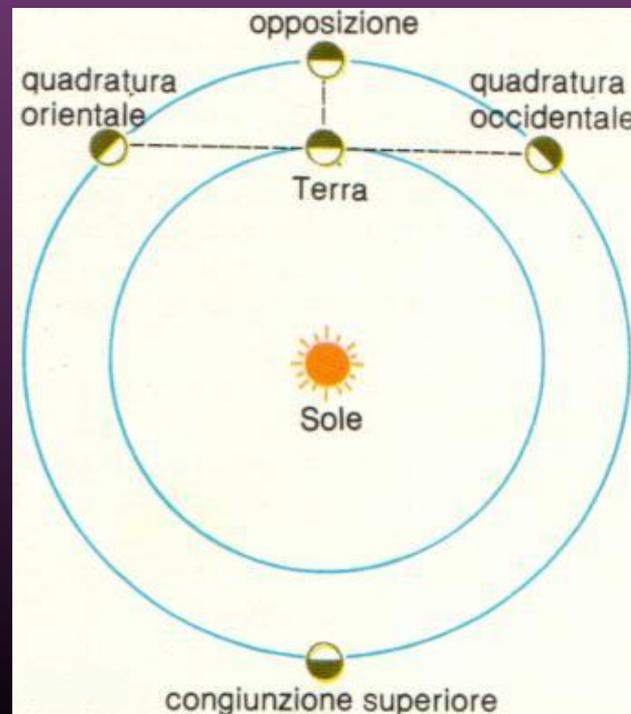
- Pianeti superiori: congiunzioni e opposizioni
- Pianeti inferiori: mai in opposizione

- Dimensioni angolari
- Seeing
- Luminosità

- Mercurio e Venere: alla sera e al mattino (Lucifero e Vespero)
- Meglio osservabili alla massima elongazione (28° Mercurio, 48° Venere)
- Fasi



Pianeti inferiori



Pianeti superiori