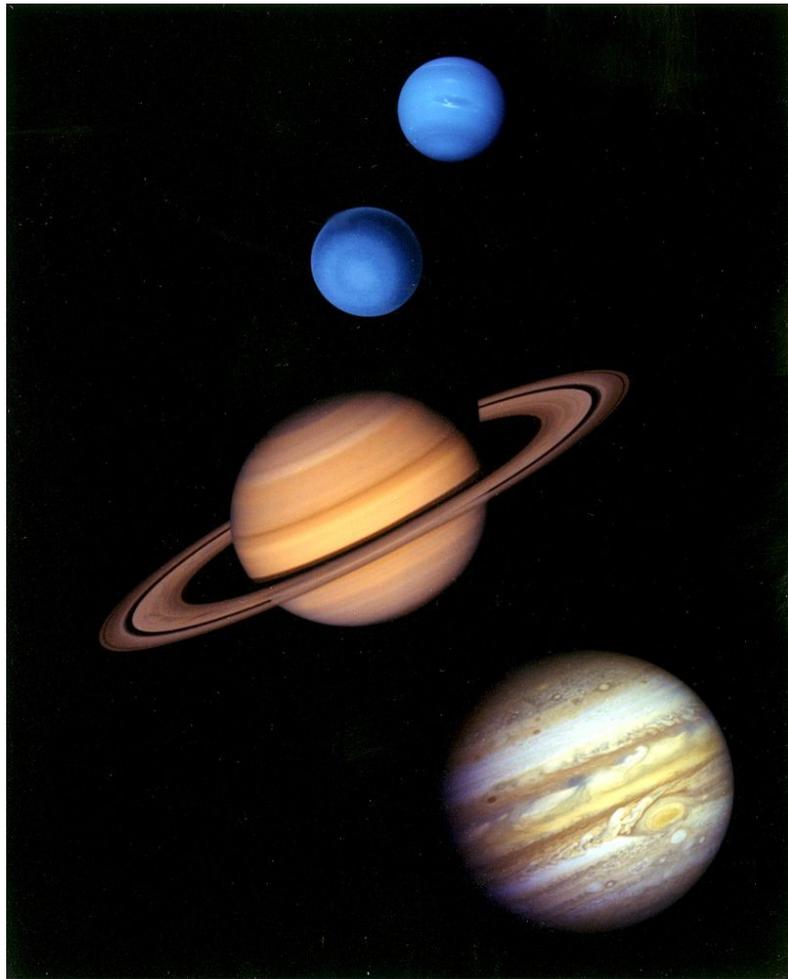




Associazione Astronomica del Rubicone

.....ma ora verranno le stelle,  
le tacite stelle....



*L'A.A.R.*

presenta

**CORSO DI ASTRONOMIA DI BASE**

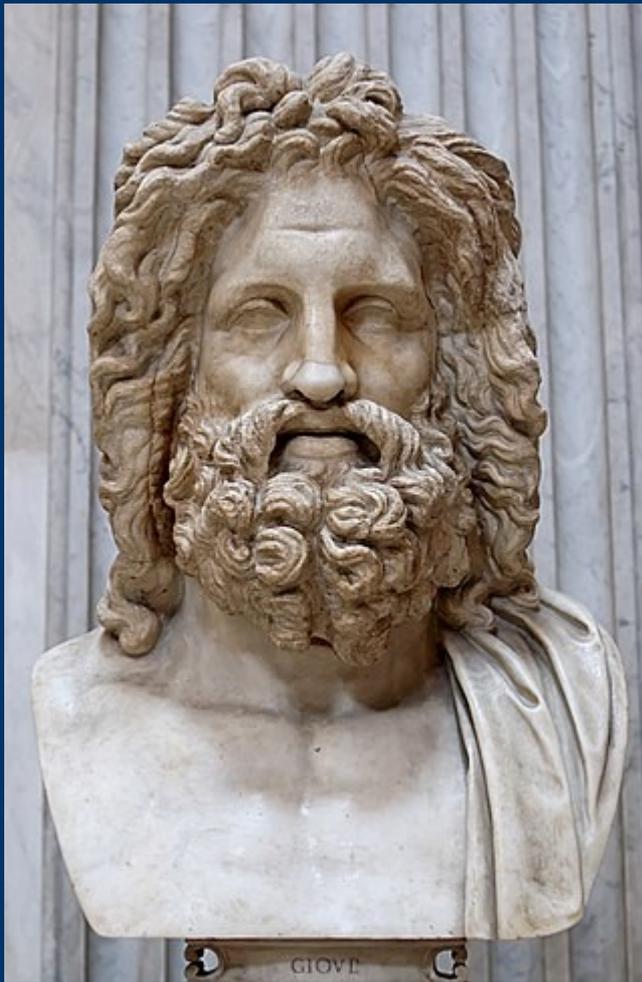
# **I Giganti gassosi**

di Ubaldo Ferri

Savignano sul R. 11/03/2022

# Giove nella mitologia

- **Giove:** divinità del cielo e della luce, radice indoeuropea \*dyeu- ("sfolgorare, risplendere"). Sovrano degli dèi per Babilonesi, Greci e Romani
- **Simboli:** fulmine e tuono
- **Amori:** Giunone, Leda, Antiope, *Callisto, Ganimede, Io, Europa*
- **Zeus greco,** nutrito da bambino dalla capra *Amalthea*



# Saturno nella mitologia

- **Saturno**: dio delle semine
- Esiliato nel Lazio, avrebbe originato l'*età dell'oro*
- Feste orgiastiche dette *Saturnali*, libertà per gli schiavi, serviti dai padroni
- Corrisponde al greco **Chronos**



# Urano e Nettuno

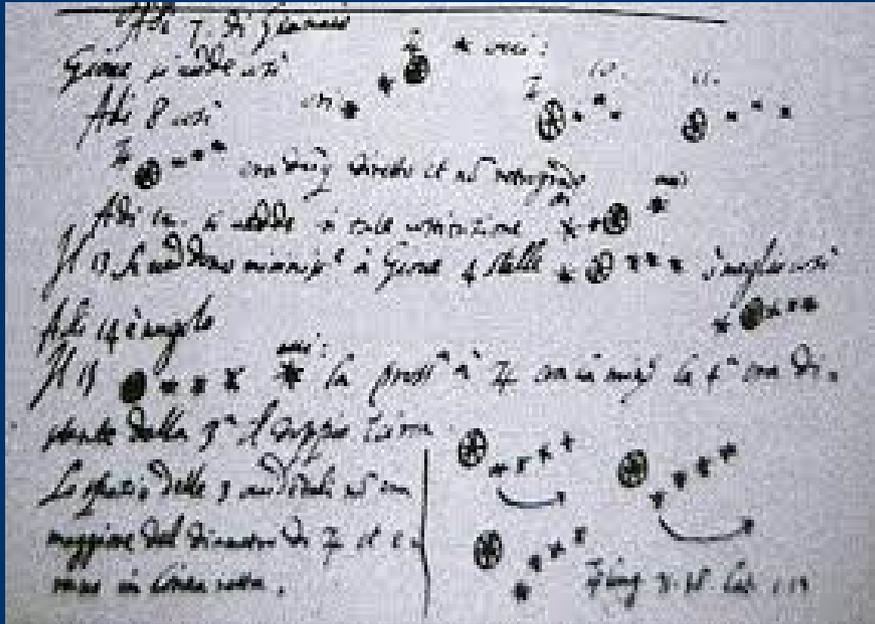
- **Urano** dio primordiale greco del cielo (Οὐρανός in greco antico), padre di Crono (Saturno), a sua volta padre di Zeus (Giove)
- **Nettuno** dio delle acque e delle correnti, del mare e dei terremoti, equivalente del dio greco Poseidone



# *Osservazione nell'antichità*

- Come per tutti i pianeti, Giove e Saturno sono stati osservati nei loro movimenti
- Giove, molto luminoso, doveva essere il leader
- Saturno era il più lontano ed il più lento

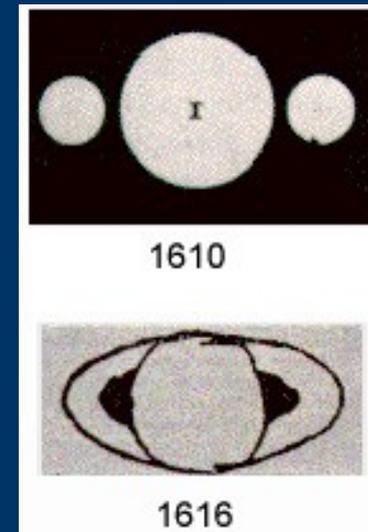
# Galileo



- Il 7 gennaio 1610 Galileo osserva vicino a Giove tre stelline, che appaiono perfettamente allineate intorno al pianeta

Osservandole nei giorni successivi Galileo conclude e pubblica nel *Sidereus nuncius* che siccome non si allontanano mai più di tanto dal pianeta, questi astri compiono le loro rivoluzioni attorno al pianeta stesso.

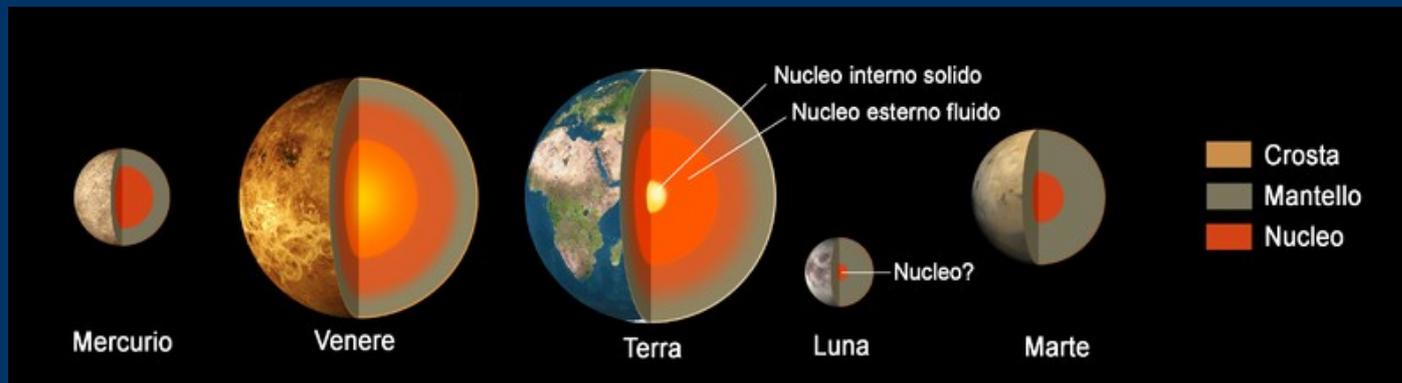
Sempre nel 1610 osserva Saturno come *planeta tergeminus*, perché il suo telescopio non permetteva di risolvere gli anelli, che non erano nella prospettiva giusta



Crediti: UAI Divulgazione

# Pianeti interni/esterni: 2 pesi, 2 misure

- **Pianeti interni:** Mercurio, Venere, Terra, Marte: rocciosi, piccoli, con poche o nessuna luna



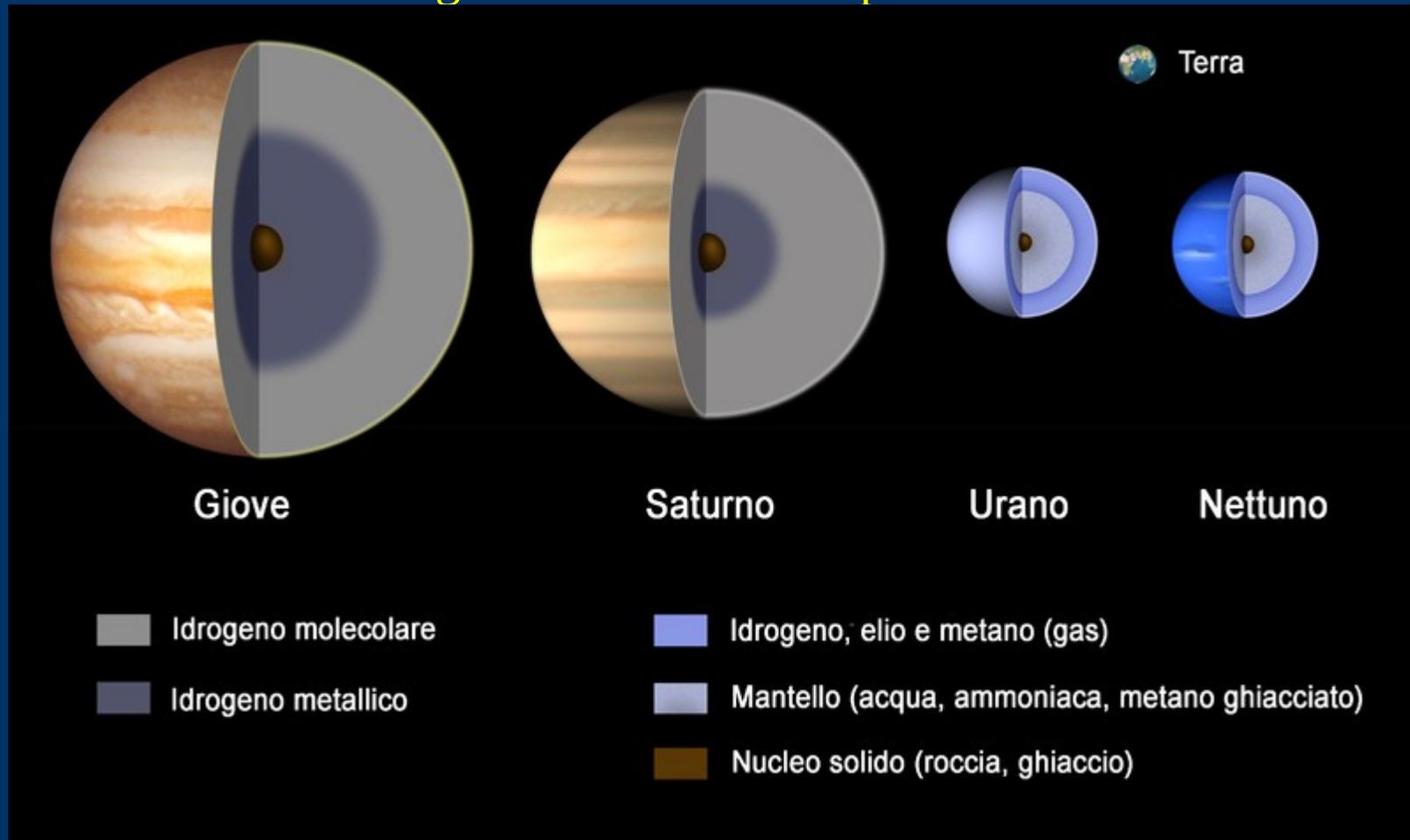
- **Linea della neve (frost line)** a circa 2,7 au, tra Marte e Giove: H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> solidi

Crediti: NASA, HeNRyKus

## Pianeti esterni: Giove, Saturno, Urano, Nettuno:

gassosi, senza una superficie solida, giganteschi, con moltissime lune e con anelli più o meno evidenti

- Delimitati da Fascia degli asteroidi e di Kuiper



Crediti: NASA, HeNRyKus

# *Pianeti migranti*

- Risonanza orbitale 2:1 Giove/Saturno → espansione delle orbite di Urano e Nettuno → deviazione delle orbite di corpi minori → intenso bombardamento tardivo



## Se... allora....

- Se  $\varnothing$  Giove  $> 11 \varnothing$  Terra, allora  $\varnothing$  Saturno  $> 9 \varnothing$  Terra
  - Se  $\varnothing$  Terra = 13mm, allora  $\varnothing$  Giove = 14 cm e  $\varnothing$  Sole = 1,4m
  - Se massa Terra = 1 ( $6,0 \times 10^{24}$  Kg), Giove 318, Saturno 95, Urano 14,5, Nettuno 17,1
- 
-



# Giove

## Caratteristiche fisiche

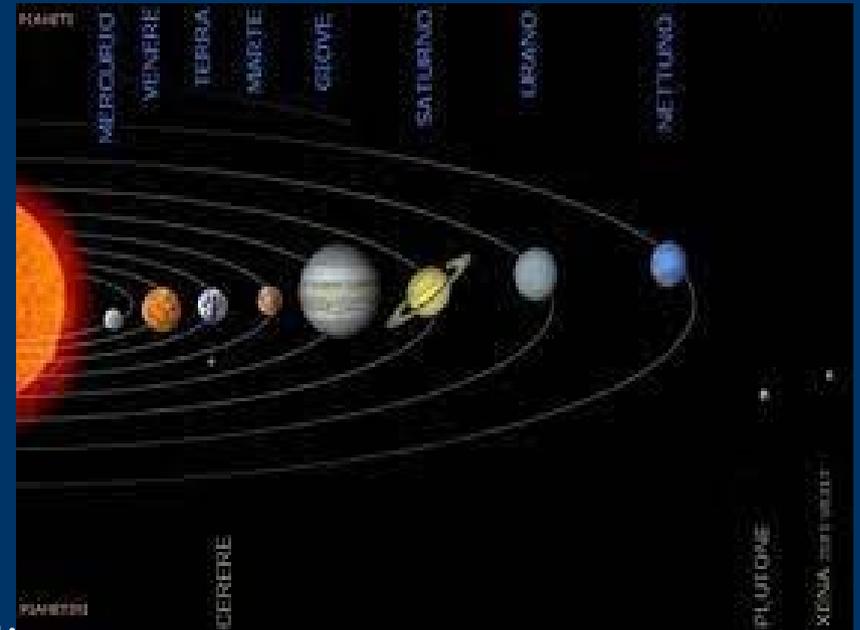
- Diametro equatoriale: 142.984 km (11,21T)
- Diametro polare: 133.708 km
- Schiacciamento: 0,065
- Massa: 317,83T
- Densità media: 1,33 g/cm<sup>3</sup>
- Velocità di fuga: 60,22 km/s
- Accelerazione di gravità eq.: 26,58 m/s<sup>2</sup> (2,7T)
- Albedo: 0,52
- Temperatura media sup.: -150°C



fonte: La Cotardière

# Caratteristiche orbitali

- Distanza media dal Sole: 778.340.000 km (5,203 U.A.)
- Eccentricità dell'orbita: 0,049
- Inclinazione sull'eclittica: 1,304°
- Rivoluzione siderale: 11,862 anni



Crediti: La Cotardière, WordPress.com

# Come si osserva

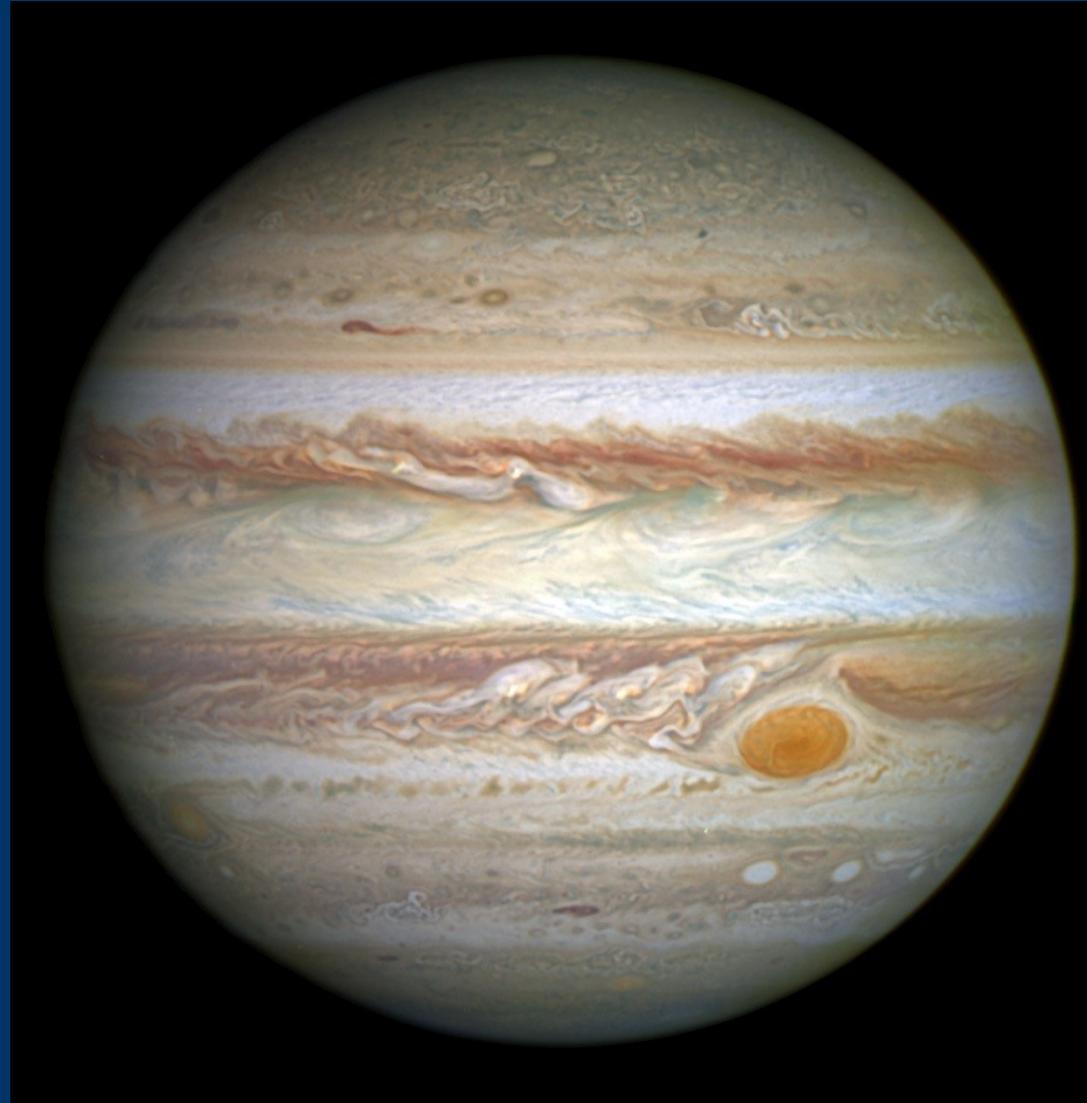
- Massimo diametro angolare: 49,9" nelle Grandi Opposizioni al perielio
- Minimo diametro angolare: 30,6"
- Magnitudine minima: -2,9
- Pianeta più luminoso visibile di notte
- Nei pressi della congiunzione: prime ore della notte e dell'alba
- Nei pressi dell'opposizione: tutta la notte
- Colore bianco avorio
- Con un binocolo 10x50 o piccolo telescopio si vedono i 4 satelliti medicei, con telescopio da 60 mm le bande nuvolose e forse la macchia Rossa
- 30-50 ingr.: schiacciamento ai poli
- >150 ingr.: Grande Macchia Rossa



Crediti: Stelle Occitane

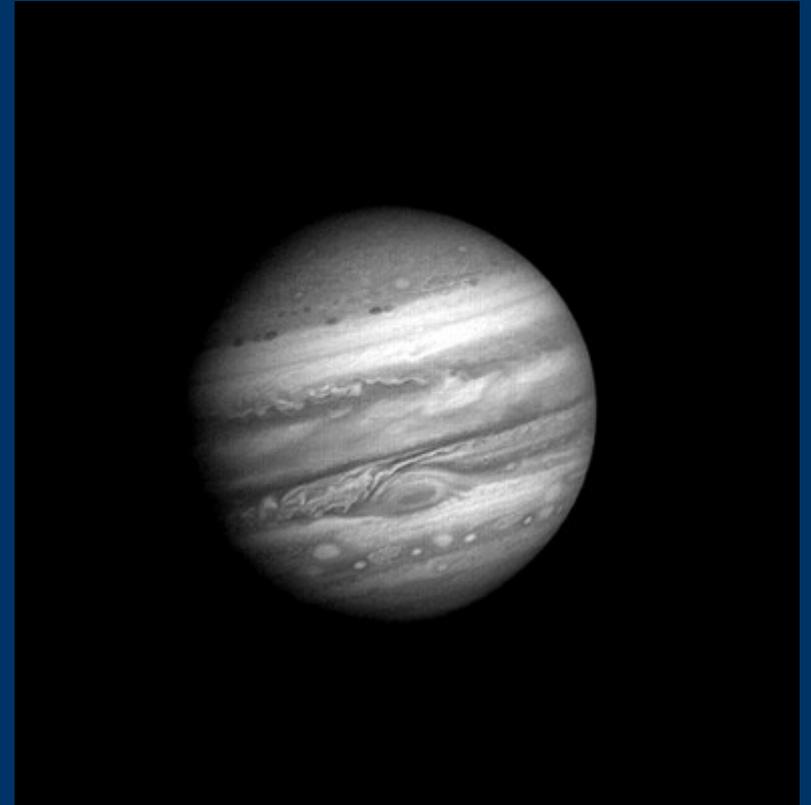
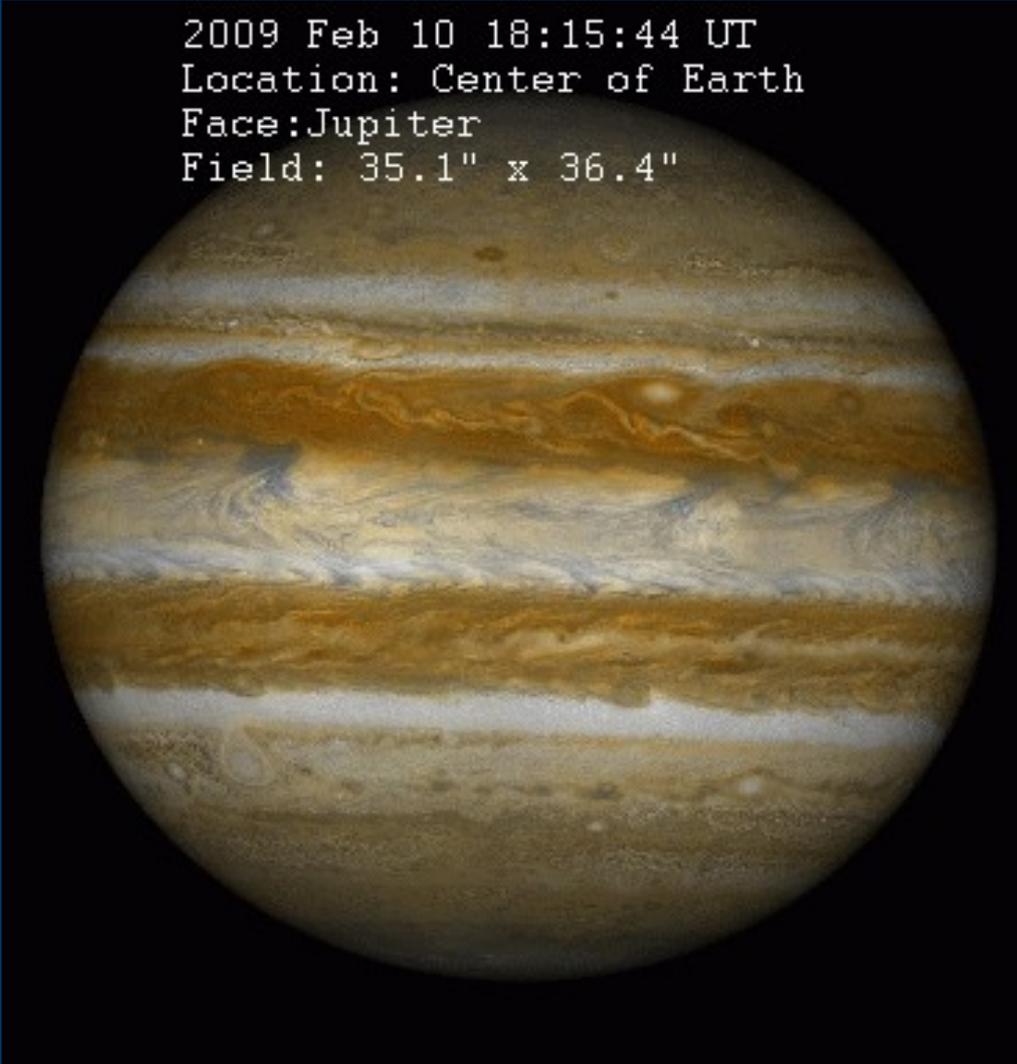
# Un mondo di gas

- **Densità media:**  $1,33 \text{ g/cm}^3$   
(acqua: 1) ( $T=5,52$ ; cr 2,7-3)
- **Composizione:** idrogeno 96% ed elio 3% con piccole quantità di ammoniaca, metano ed acqua
- **Rotazione differenziale:** vicino ai poli 5 minuti in più che all'equatore
- tra  $10^\circ \text{ N}$  e  $10^\circ \text{ S}$  9 h 50 min 30,0 s.
- a N e S 9 h 55 min 40,6 s.
- **Schiacciamento polare e rigonfiamento equatoriale**



Crediti: NASA, ESA, and A. Simon (Goddard Space Flight Center)

2009 Feb 10 18:15:44 UT  
Location: Center of Earth  
Face: Jupiter  
Field: 35.1" x 36.4"



La rotazione di Giove; da notare il transito di Io sulla superficie del pianeta (10 febbraio 2009).

Fonte: Wikipedia, immagini: NASA

---

---

# L' "atmosfera"

"Base" a  $p = 1$  bar e temperatura 340 K

- **Troposfera**, sede dei fenomeni meteorologici (nubi con vapore acqueo → composti dello S → ammoniacca)
- **Stratosfera** da 0,1 bar e 110 K, 50 km sopra le nubi (correnti a getto)
- **Termosfera** da  $10^{-6}$  bar e 200 K, 320 km
- **Esosfera**  $10^{-9}$  bar e 1000 K
- **Composizione:** H 88%, He 11%,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , S e prodotti di reazione

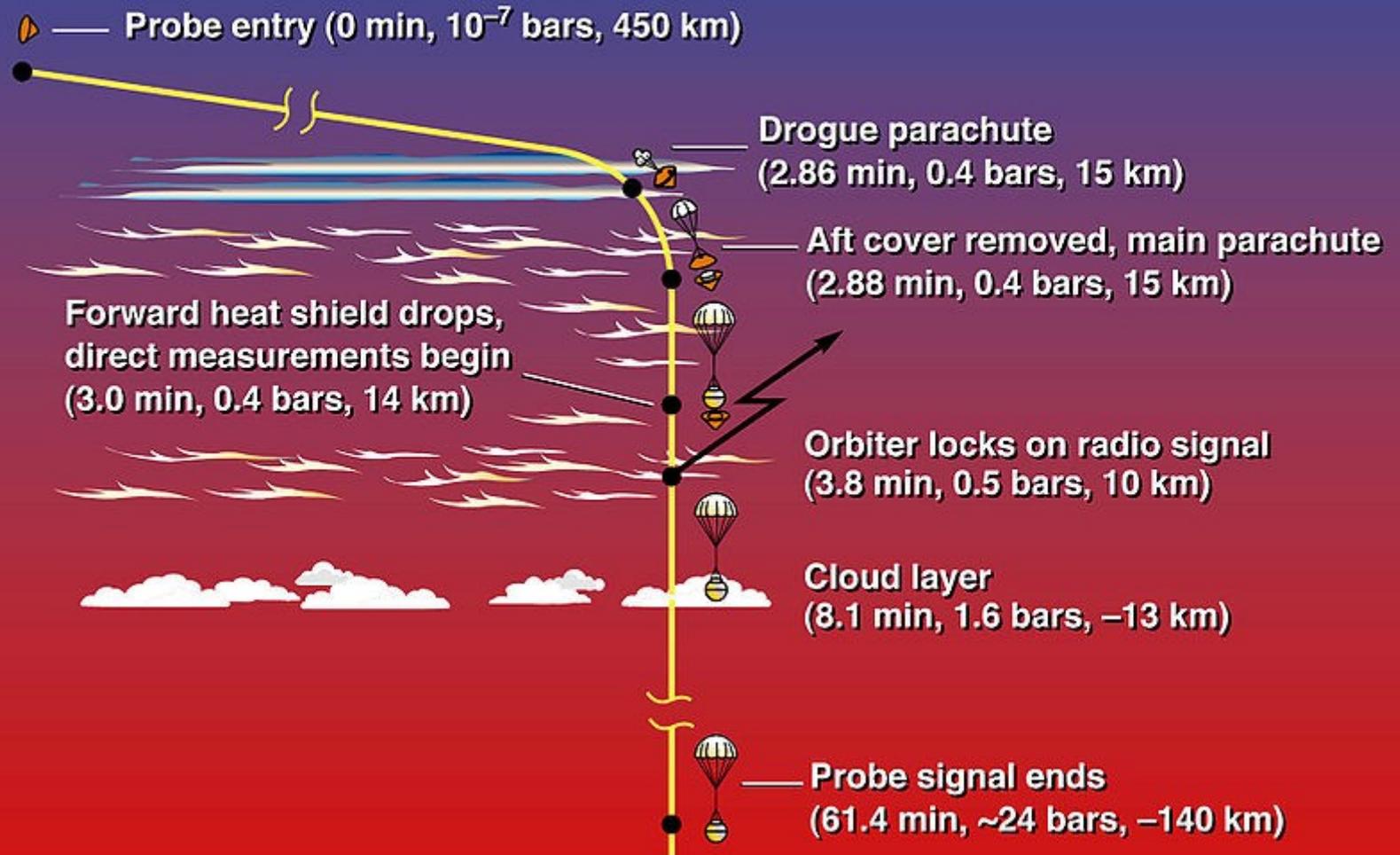
$1 \text{ bar} = 1.01325 \text{ atm}$

$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm/Hg}$

---

---

# Probe Mission



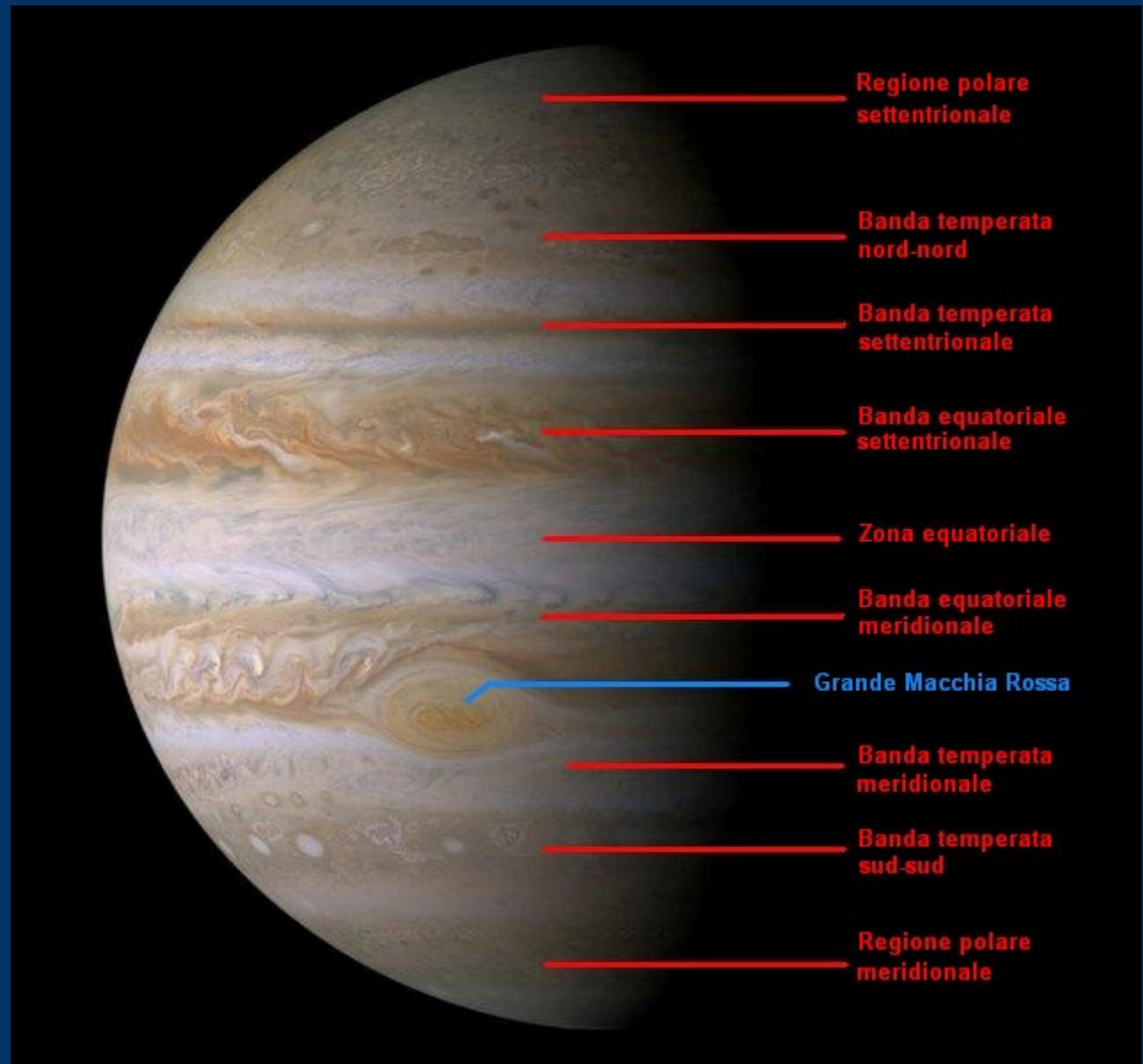
Percorso della sonda atmosferica Galileo

Crediti: NASA

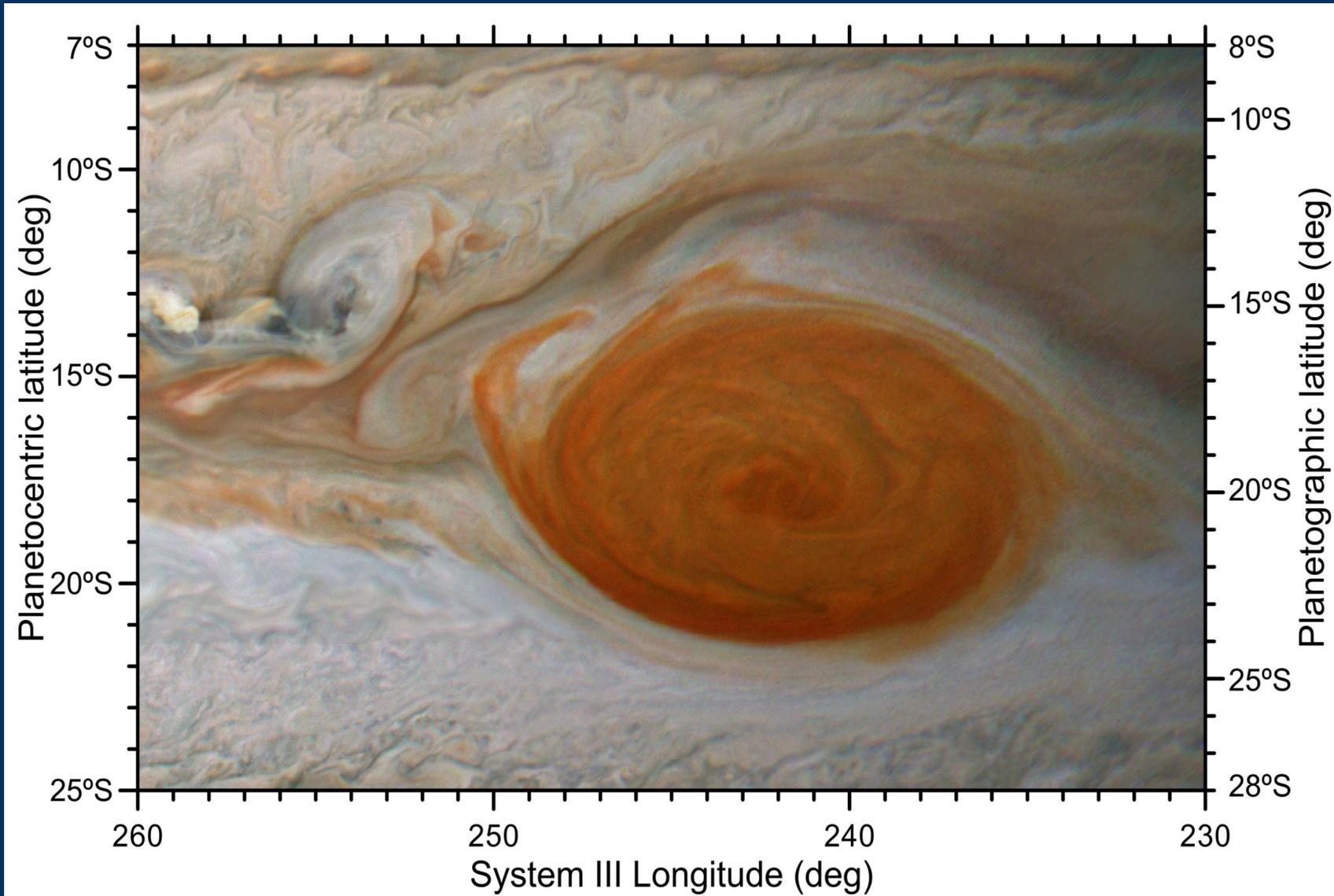
# Bande, zone, vortici

- **Bande:** scure, profonde (venti zonali)
- **Zone:** chiare, superficiali con ammoniaca
- **Macchie** nelle bande: vortici (ciclone e anticiclone)
- **Grande macchia rossa**

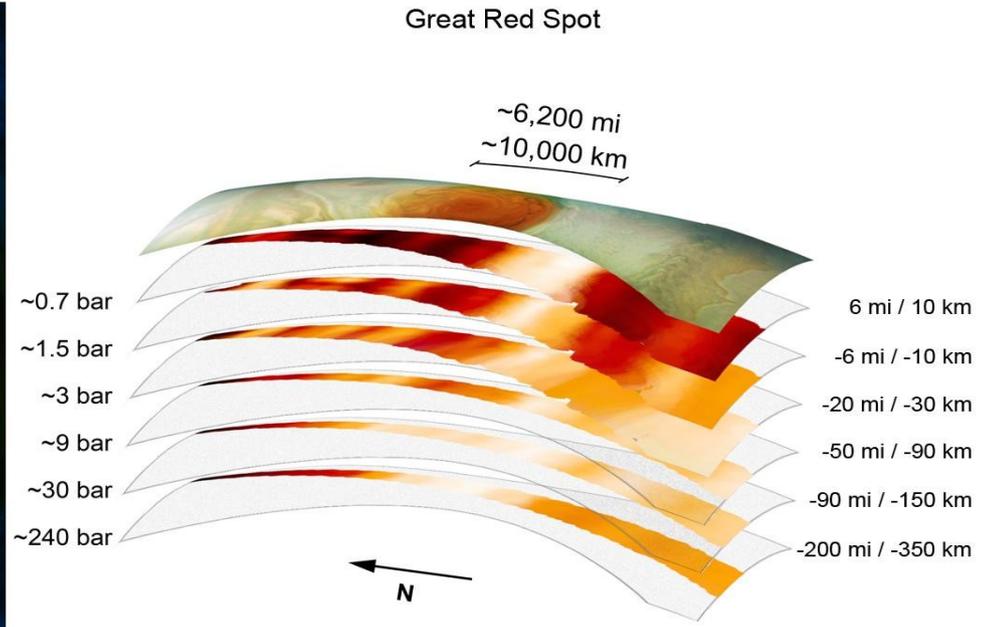
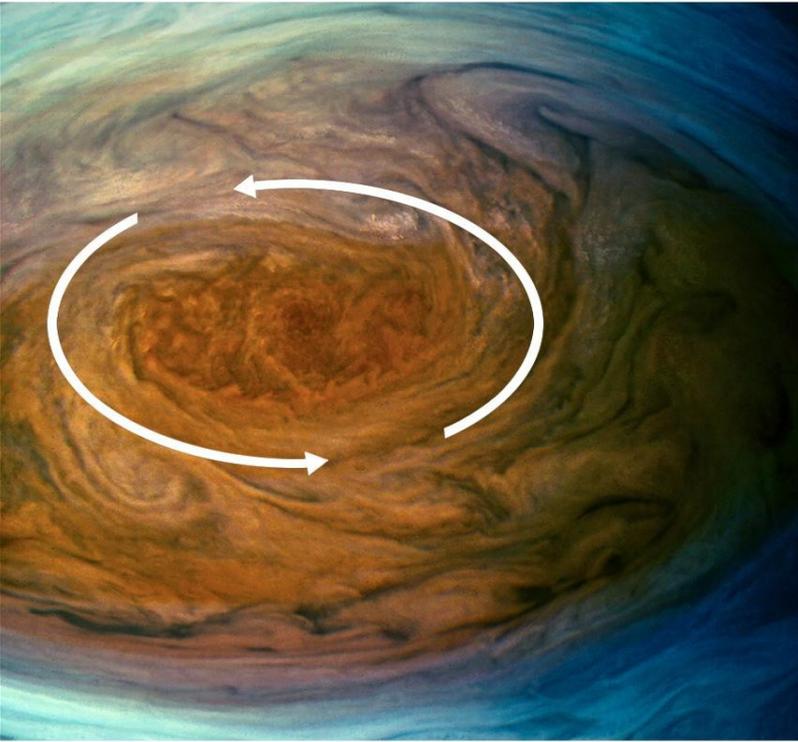
Crediti: NASA/JPL



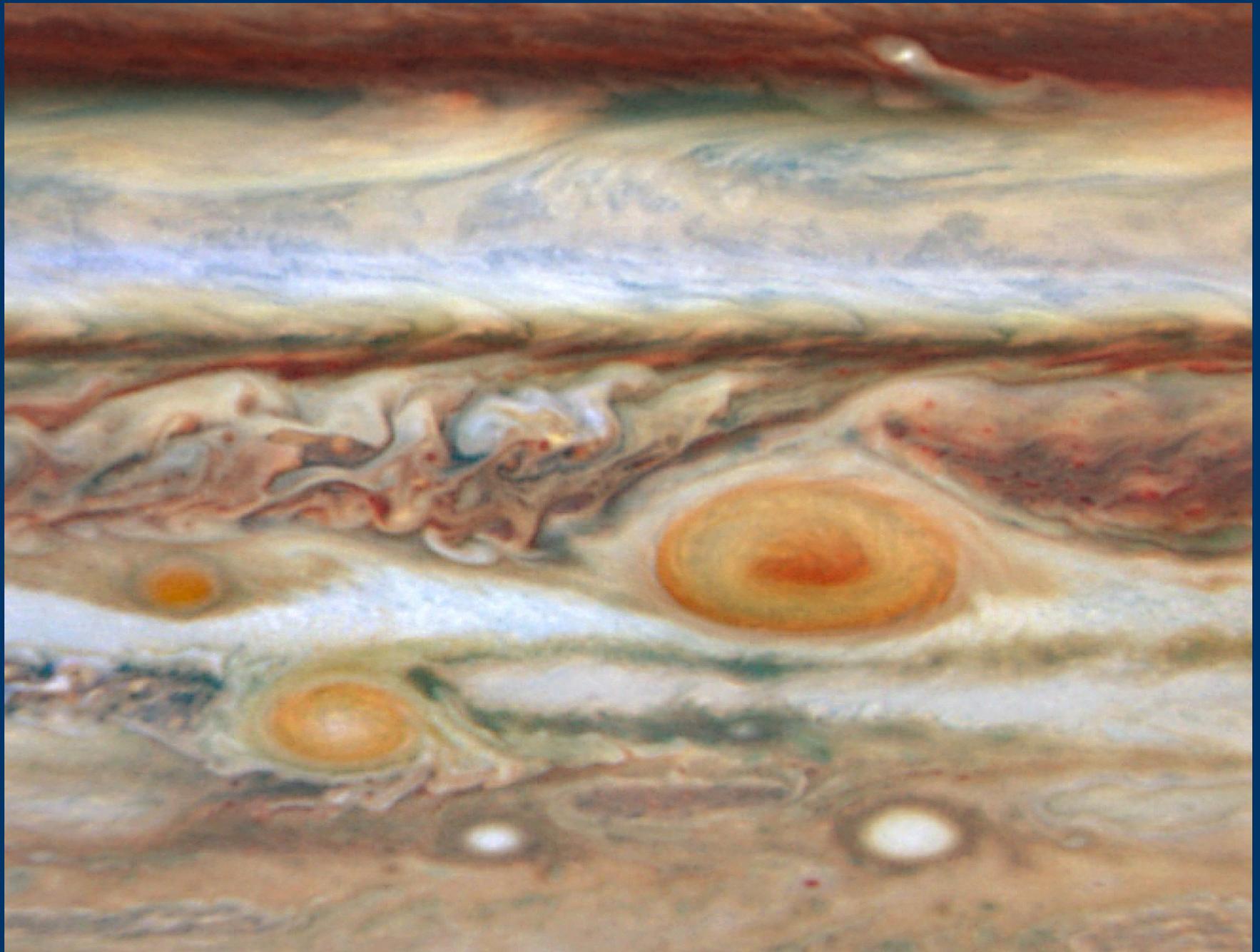
# *La grande macchia rossa*



Juno (2019). Crediti: *Agu/Journal of Geophysical Research: Planets*



- Anticiclone più grande della Terra (15.000 km E/W)
- Si trova nell'emisfero meridionale
- Persiste da alcuni secoli, ma si sta restringendo
- Profonda più di 350 km (dati Juno)



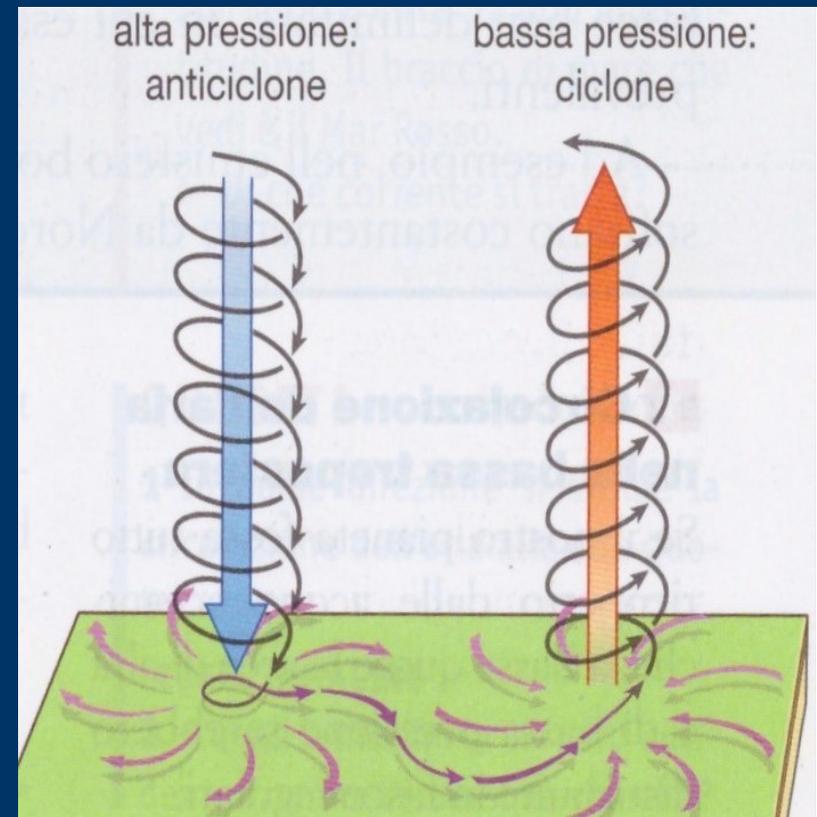
Crediti immagine: University of California, Berkeley

---

---

# Cicloni ed anticicloni

- **Ciclone:** bassa pressione, direzione antioraria (boreale) e oraria (australe)
- **Anticiclone:** alta pressione, direzione oraria (boreale) ed antioraria (australe)



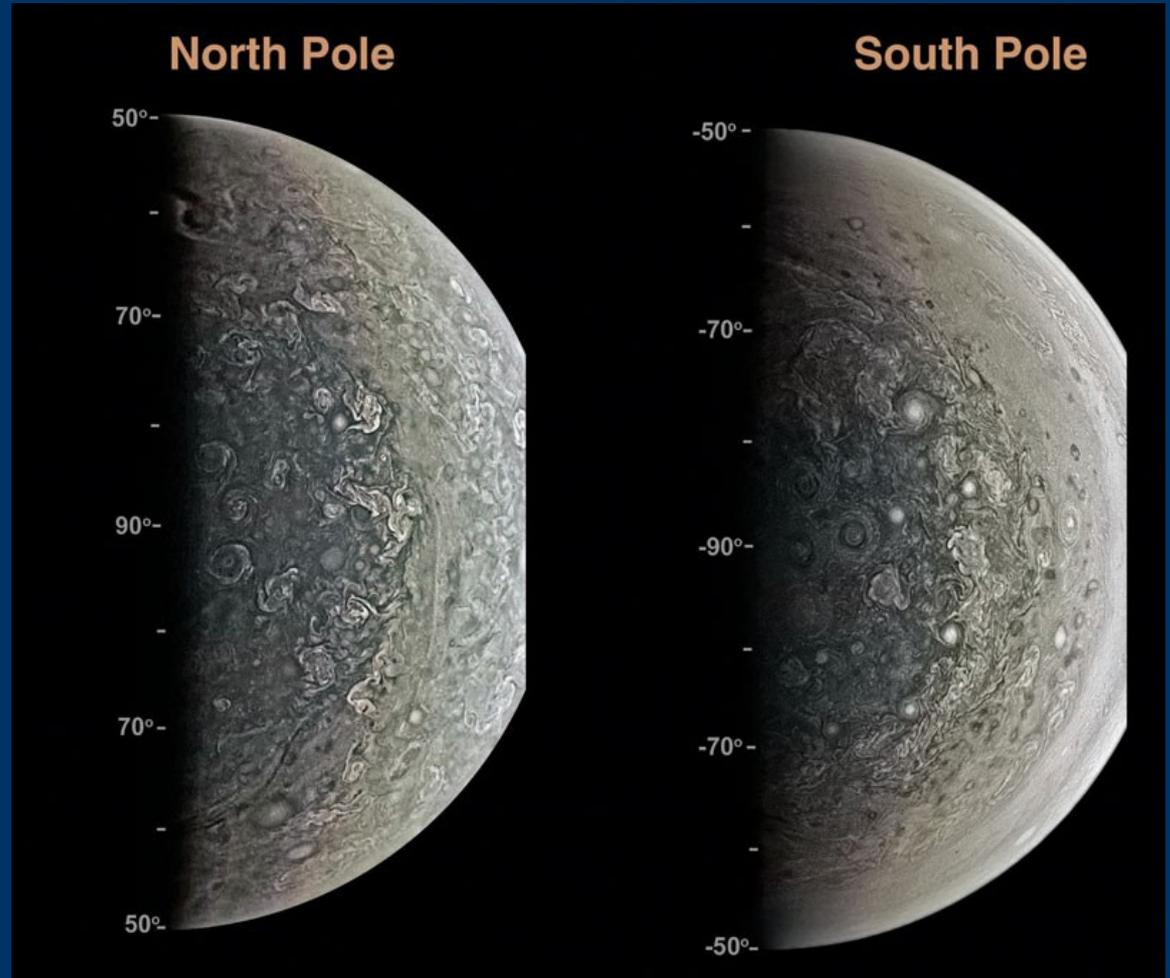
Crediti: A.Pizzolon - Opera propria, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90375659>

# *Poli sorprendenti*

Per la prima volta Juno ha osservato i poli

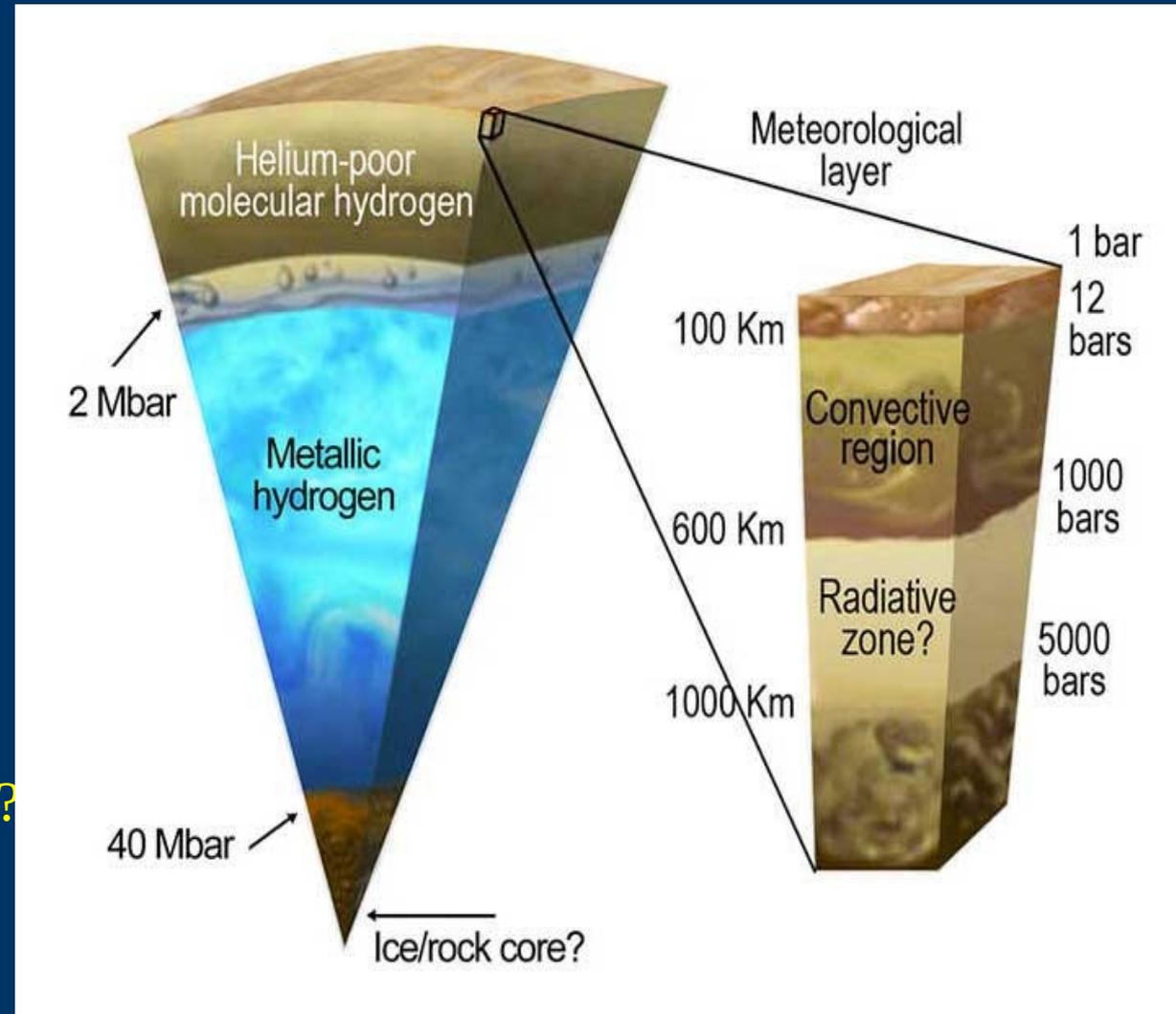
- Otto cicloni circondano quello polare a nord
- Cinque cicloni + ciclone polare sud
- Si perturbano a vicenda
- Oscillano intorno a posizioni di equilibrio (dati Juno)
- Sono quindi profondi

Crediti: J.E.P. Connerney et al., Science (2017)



# La struttura interna

- Strati gassosi “atmosfera” →
- Fluido/gassoso (supercritico) →  
H/He non miscibili
- Mantello di idrogeno “metallico”
- Nucleo solido (C e silicati di Fe) ? →



Crediti: Nasa / Jpl-Caltech / SwRI

# *Interpretazione*

Giove irraggia 2,5 volte l'energia che riceve dal Sole, per cui:

- L'atmosfera è regolata dall'irraggiamento interno e non dall'energia solare
- La circolazione dell'idrogeno metallico produce l'intenso campo magnetico → magnetosfera



# Satelliti



- **67-79** satelliti di cui:
- **8 regolari** (vicini al pianeta, orbite quasi circolari, poco inclinate, soprattutto prograde) distinti in:
  - Interni: gruppo di Amaltea
  - Gruppo principale: satelliti Medicei o Lune galileiane
- **Irregolari** (più distanti, orbite molto inclinate ed eccentriche: progradi, retrogradi)
- **Comete quasi-Hilda:** asteroidi e comete catturati, poi espulsi o precipitati su Giove

# *Satelliti medicei*

- Osservati per la prima volta da Galileo il 7 Gennaio 1610 ( Simon Marius?)
- Io
- Europa
- Ganimede
- Callisto



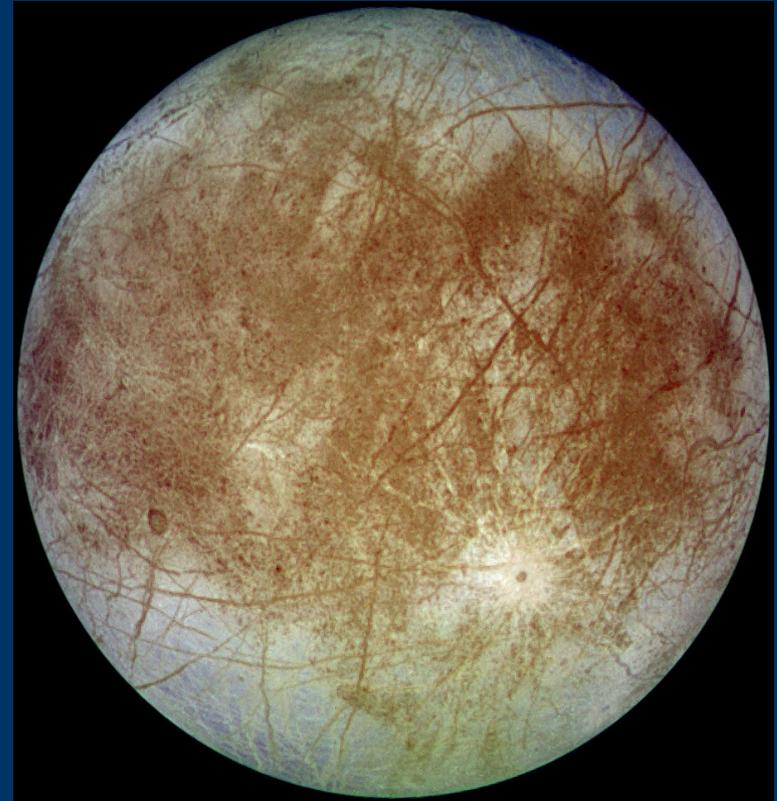
# Io

- **Periodo orbitale** 1g 18h
- **Semiasse maggiore** 421.700 km
- **Eccentricità** 0,0041
- **Diametro medio** 3.642,6 km
- **Densità media** 3,53
- **Rotazione sincrona**
- **Temperatura superficiale media** -143°C (130°K) max 2000°K
- **Albedo** 0,63
- **Segni particolari** è il corpo geologicamente più attivo del sistema solare, con 150-400 vulcani attivi. Colate di S e pianure. No crateri da impatto. Pennacchi di gas fino a 250 km. Attrazione mareale di Giove e risonanza con Europa e Ganimede. E' composto da silicati e nucleo di Fe e solfuro di Fe fusi. Ha una tenue atmosfera con SO<sub>2</sub>



# Europa

- **Periodo orbitale** 3g 13h
- **Semiasse maggiore** 671.034 km
- **Eccentricità** 0,0094
- **Diametro medio** 3.121,6 km
- **Densità media** 3,013 g/cm<sup>3</sup>
- **Rotazione sincrona**
- **Albedo** 0,67
- **Temperatura superficiale** tra -163°C all'equatore e -223°C ai poli
- **Crosta di ghiaccio d'acqua**, interno di silicati, forse nucleo di Fe-Ni.  
Tenue atmosfera di O<sub>2</sub>



# *Un oceano su Europa (e non solo)?*

- Dati magnetometrici della sonda Galileo mostrano che tra 5 e 20 km di profondità c'è materiale che conduce elettricità (acqua salata?)
- Riscaldamento interno
- Studio pubblicato nel 2013: il telescopio Hubble ha rilevato pennacchi d'acqua che si innalzano dalla superficie per oltre 200 km, da fratture nell'emisfero meridionale
- Sonda Galileo: fuoriuscite di CO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub> ed acido solforico (vulcani sottomarini?)

Perciò i modelli ipotizzano una crosta spessa tra 10 e 30 km ed un oceano profondo anche 100 km, con sorgenti idrotermali

Un ambiente adatto alla vita?

---

---

# Ganimede

- Periodo orbitale 7g 3h
- Semiasse maggiore 1.070.400 km
- Inclinazione orbitale 0,20°
- Eccentricità 0,0011
- Diametro medio 5.262,4 km
- Densità media 1,936 g/cm<sup>3</sup>
- Rotazione sincrona
- Temperatura superficiale -164°C
- Segni particolari è il più grande satellite naturale del Sistema Solare.
- Struttura interna con nucleo di Fe fuso, mantello di silicati e probabile oceano a 200 km di profondità, tra 2 strati di ghiaccio. Sottile atmosfera di ossigeno. Unico satellite con un proprio campo magnetico



# Superficie di Ganimede

- Composta in gran parte di ghiaccio d'acqua (nb: crateri bianchi)
- Regioni scure molto craterizzate (sabbie, argille, mat. organici)
- Regioni chiare più recenti con striature, catene montuose, scoscendimenti e scarpate
- Differenze di probabile origine tettonica: espansione crostale nelle regioni chiare
- Calotte polari con brina

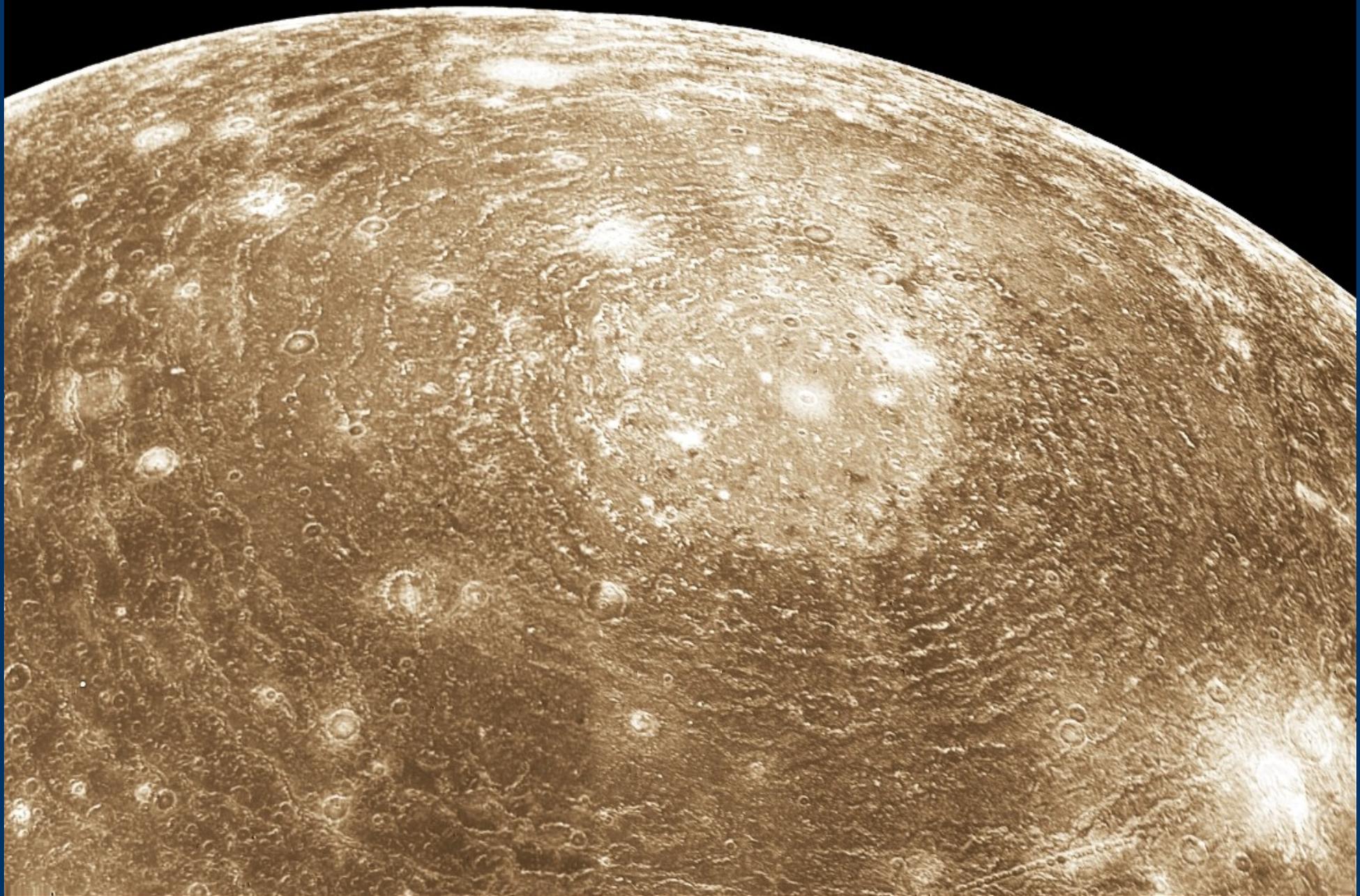


Crediti: NASA, sonda Galileo

# Callisto

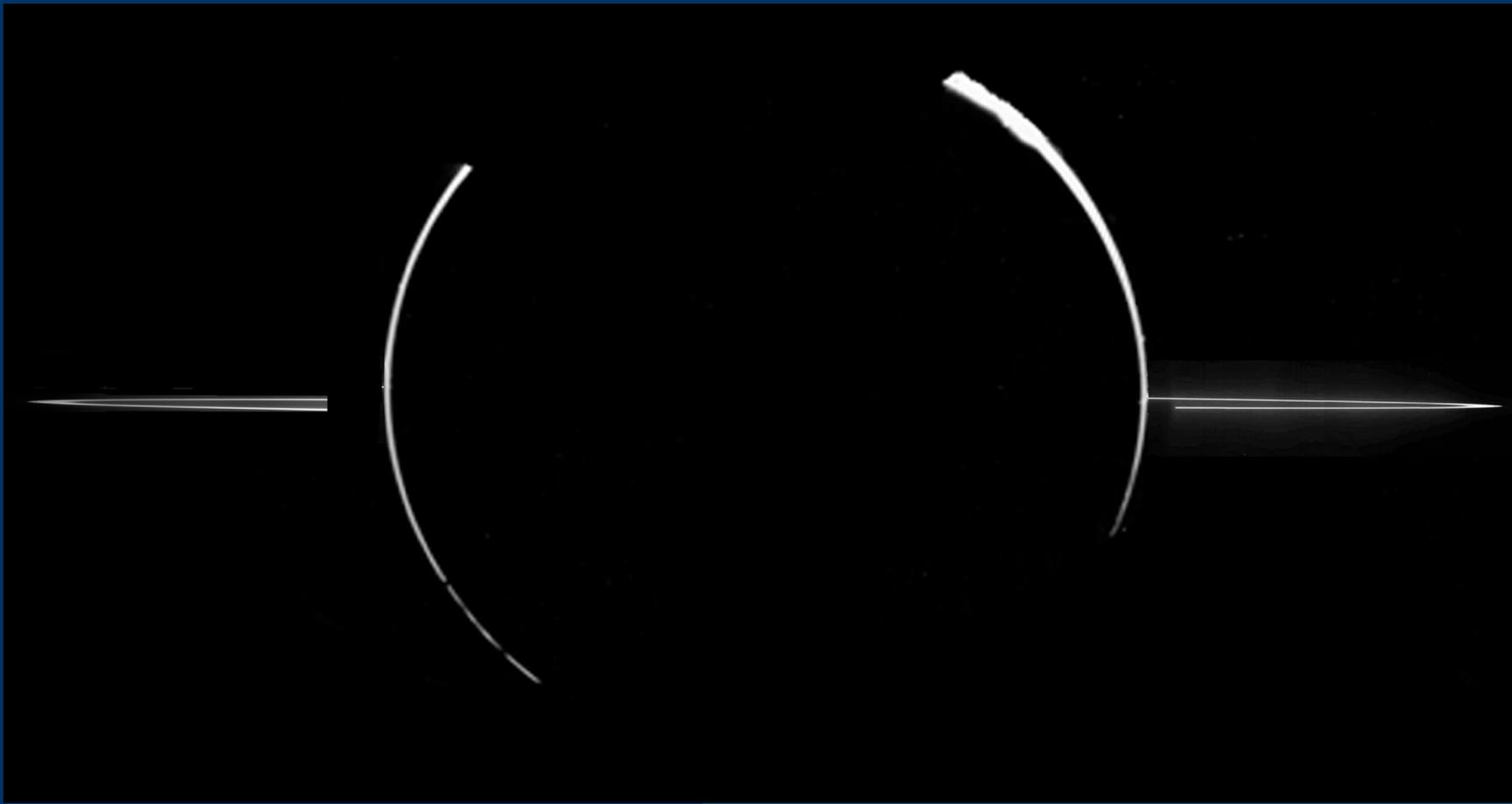
- Periodo orbitale 16g 16h
- Semiasse maggiore 1.882.700 km
- Inclinazione orbitale 2,02° (2,21°)
- Diametro medio 4.820,6 km
- **Densità media**  $1,834 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$
- Rotazione: **sincrona**
- **Temperatura superficiale media -153°C**
- **Segni particolari:** Ha la densità più bassa fra i 4 medicei. Poco differenziato. Probabile oceano a più di 100 km di profondità. Nucleo di roccia e ghiaccio compressi. E' l'unico dei medicei a non essere in risonanza orbitale con gli altri e non è soggetto a maree.
- **E' la luna del sistema solare più pesantemente craterizzata**
- Si trova all'esterno della fascia di radiazioni di Giove



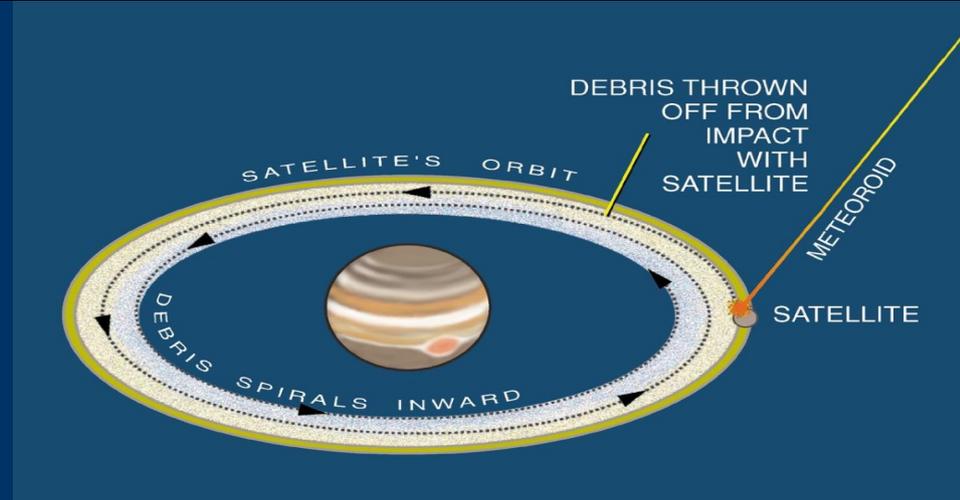


- Formazione **“Walhalla”** ripresa da Voyager 1: diametro cratere centrale 600 km, struttura ad anello 1600 km
- 
-

# Anelli



- 4 sistemi di anelli: di alone, principale, 2 Gossamer rings
- Formati da polveri emesse da impatti meteorici sui satelliti interni



Crediti: NASA/JPL/Cornell University

**Comet P/Shoemaker-Levy 9 (1993e) • May 1994**



**Hubble Space Telescope • Wide Field Planetary Camera**

SPACE  
TELESCOPE  
SCIENCE  
INSTITUTE



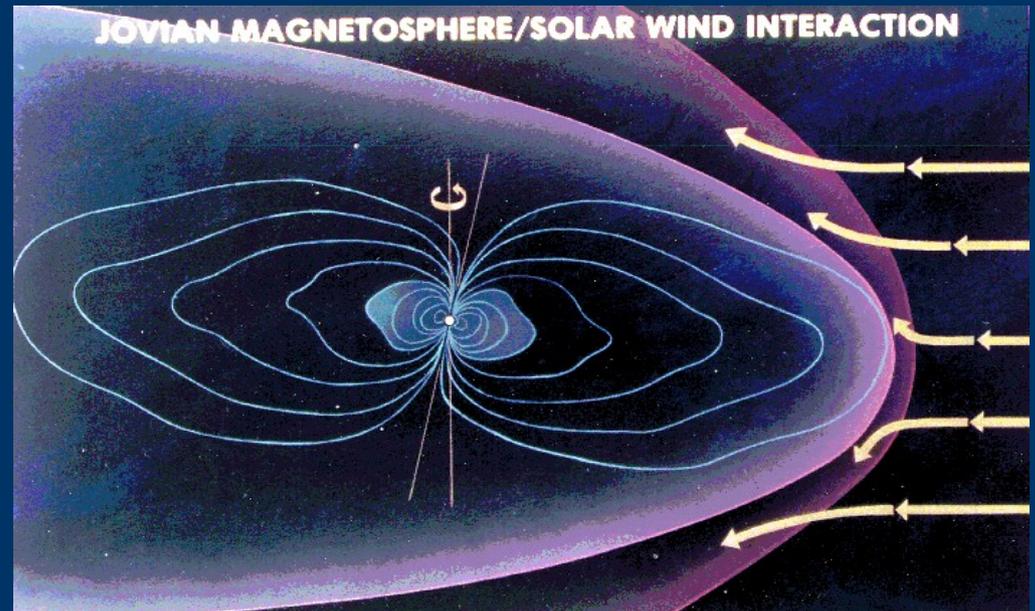


- Siti di impatto ripresi da HST

Credit: HST team, H. Hammel,  
MIT, and NASA

# Magnetosfera

- La magnetosfera di Giove è la più grande e potente fra tutte le magnetosfere dei pianeti del sistema solare
- Il campo magnetico che la alimenta viene generato da moti vorticosi all'interno dello strato di idrogeno metallico che costituisce il mantello interno del pianeta
- Il vento solare viene deviato dal campo magnetico e forma la magnetosfera, assieme al plasma emesso da Io e da Europa
- Il campo magnetico di Giove è circa 10 volte più intenso di quello terrestre



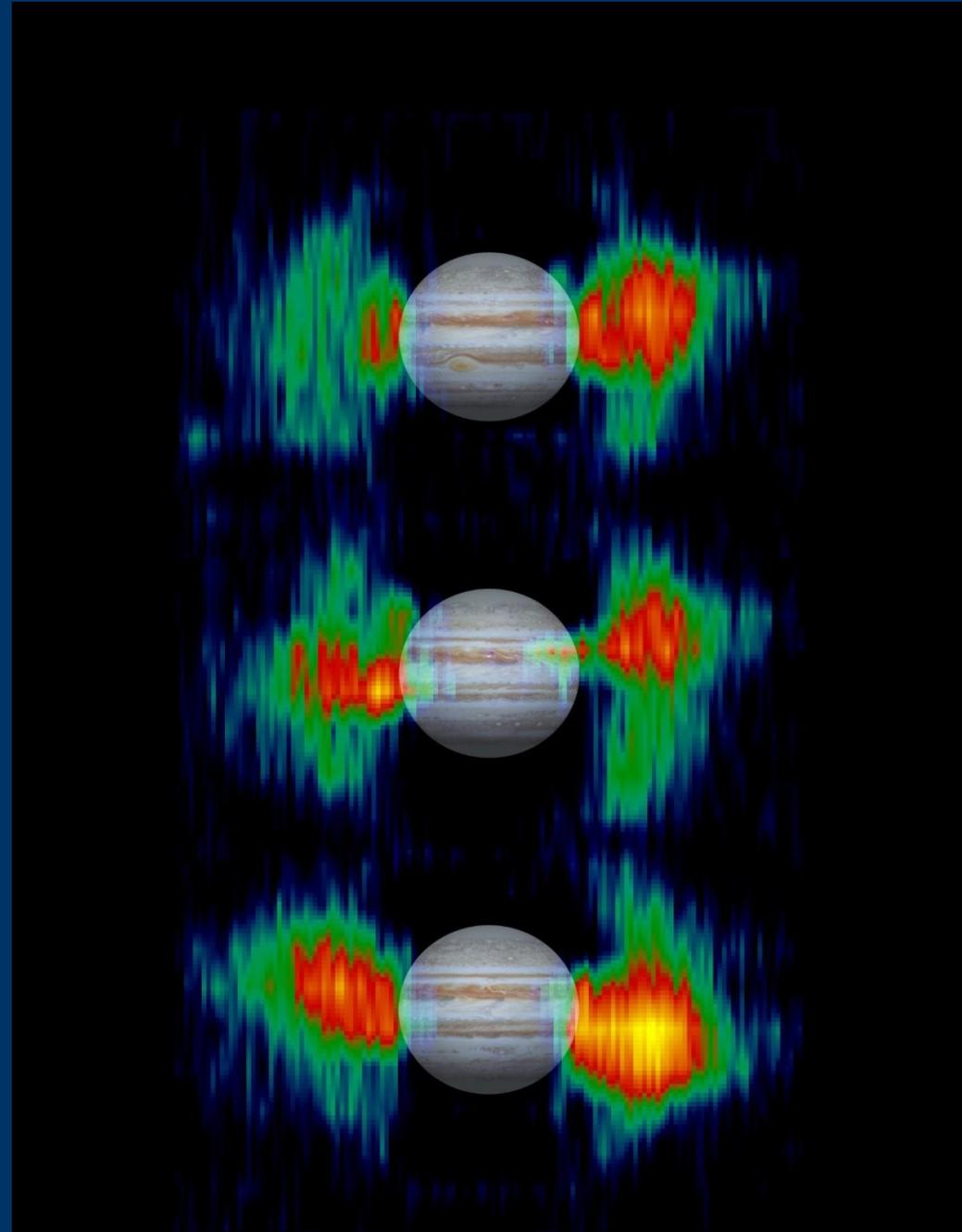
- Anche Mercurio, la Terra, Ganimede, Saturno, Urano e Nettuno hanno magnetosfere

Crediti: NASA-JPL, Wikipedia

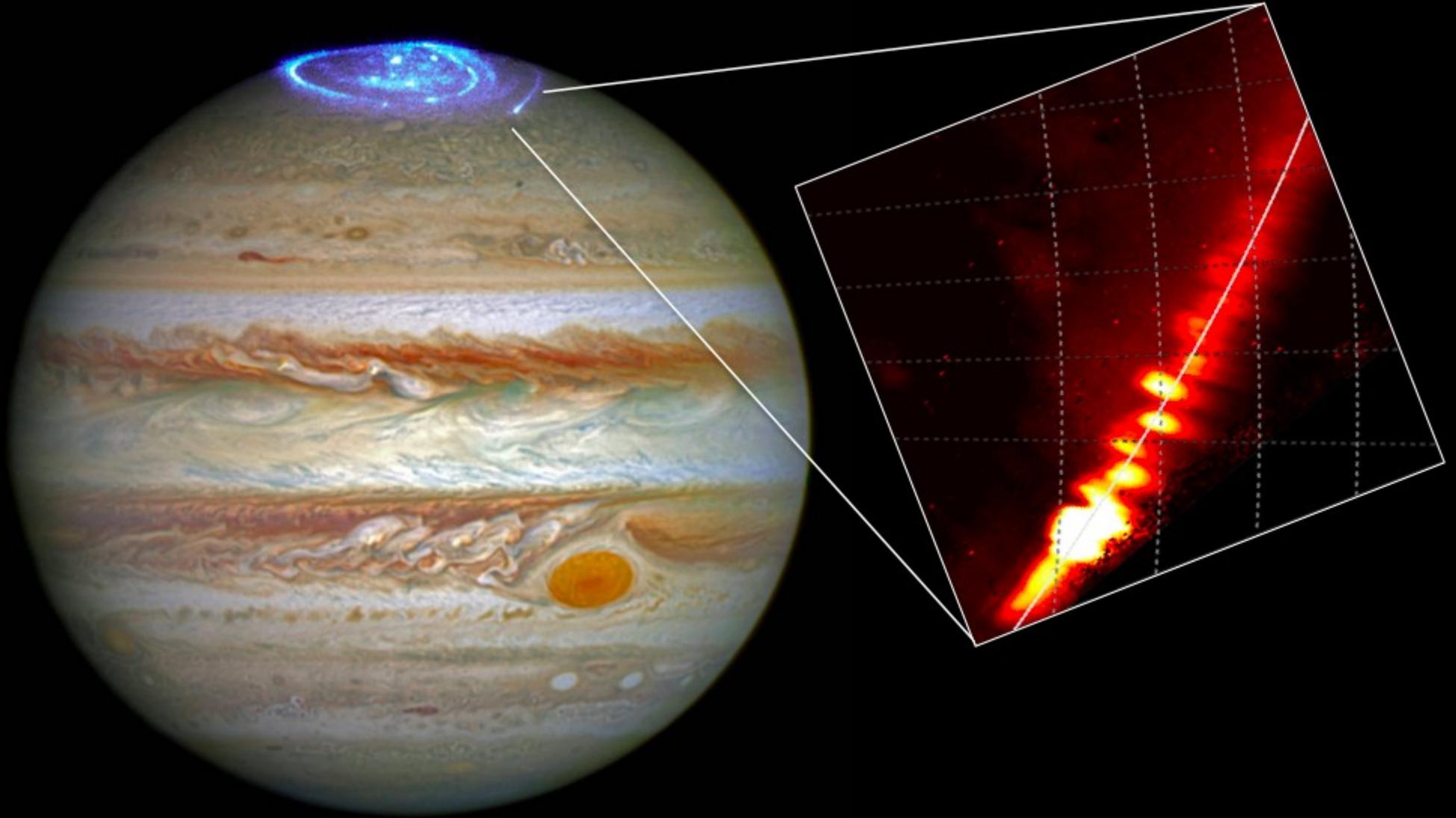
# Fasce di radiazione

- Originate dalla circolazione di elettroni relativistici energetici
- Molto dannose per la strumentazione delle sonde spaziali

Crediti: NASA Jet Propulsion Laboratory  
(NASA-JPL)



# *Aurore polari*

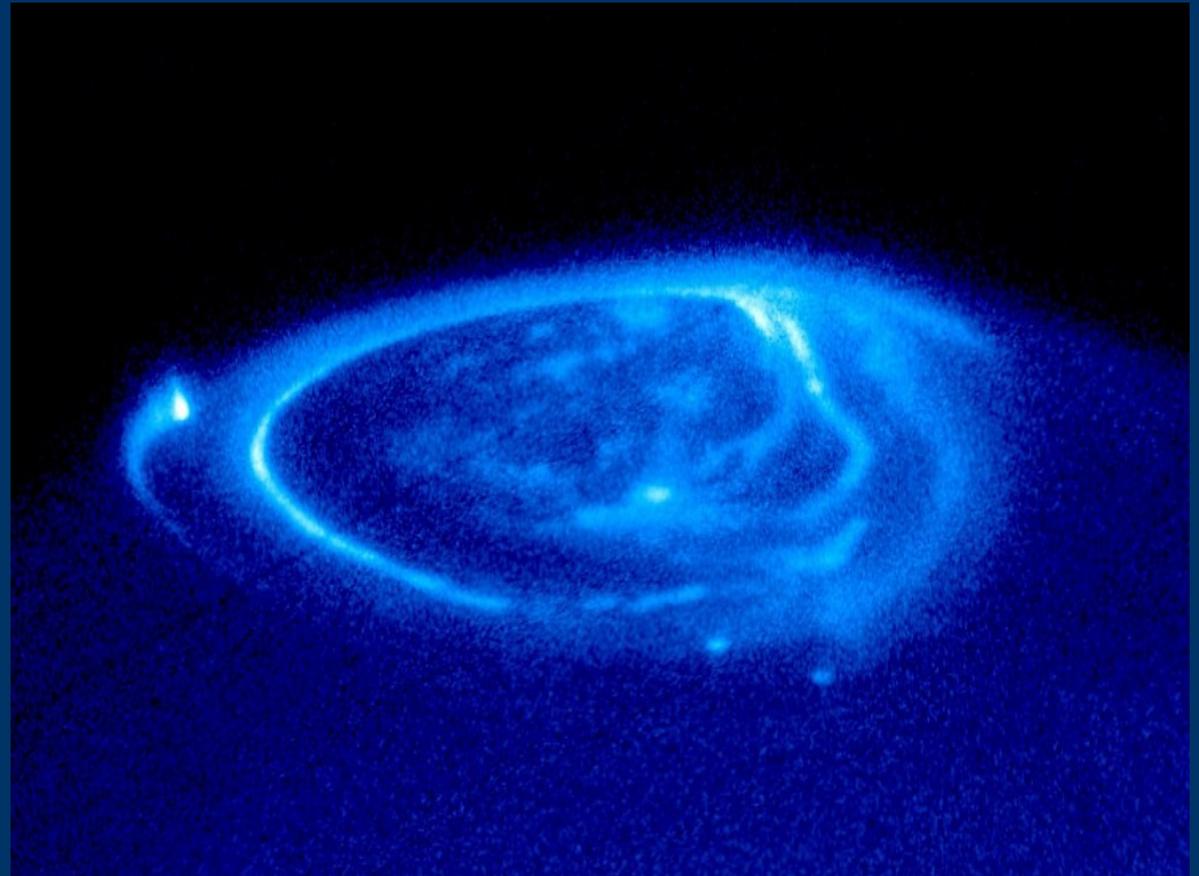


- Crediti: NASA/HST/A. Mura/INAF-IAPS

# Caratteristiche delle aurore polari

Sono permanenti e suddivise in:

- **Ovali principali**, a circa  $16^\circ$  dai poli magnetici
- **Tracce dei satelliti galileiani**, originate dall'interazione del plasma con le lune
- **Emissioni transitorie**, all'interno degli ovali principali



Crediti immagine: NASA, ESA & John T. Clarke (Univ. of Michigan)

# *Esplorazione spaziale di Giove*

- Pioneer 10 (1973)
  - Pioneer 11 (1974)
  - Voyager 1 e 2 (1979)
  - Ulysses (1992)
  - Galileo (1995-2003)
  - Cassini (2000)
  - New Horizons (2007)
  - Juno (lancio 5 Agosto 2011, in orbita dal 2016)
- 
-

# Juno

- Esplorazione del campo magnetico, gravitazionale e della composizione di Giove
- Lanciata dalla NASA il 5 agosto 2011, inserita in orbita 5 anni dopo
- Missione estesa fino al 2025
- **Strumenti:** radiometro, spettrometro, magnetometro, analizzatori di particelle, onde radio e plasma, spettrografo UV, misuratore campo gravitazionale, fotocamera, spettrografo a *imaging* JIRAM (ITA)
- **Orbite polari** fortemente ellittiche



Crediti immagine: NASA/JPL

# Saturno

## Caratteristiche fisiche

- Diametro equatoriale 120.536 km (9,45T)
- Diametro polare 108.728 km
- Schiacciamento 0,097962
- Massa 95,16T
- Densità media 0,69 g/cm<sup>3</sup> (acqua: 1)
- Velocità di fuga 32,26 km/s
- Albedo 0,47
- Temperatura media sup. -180°C



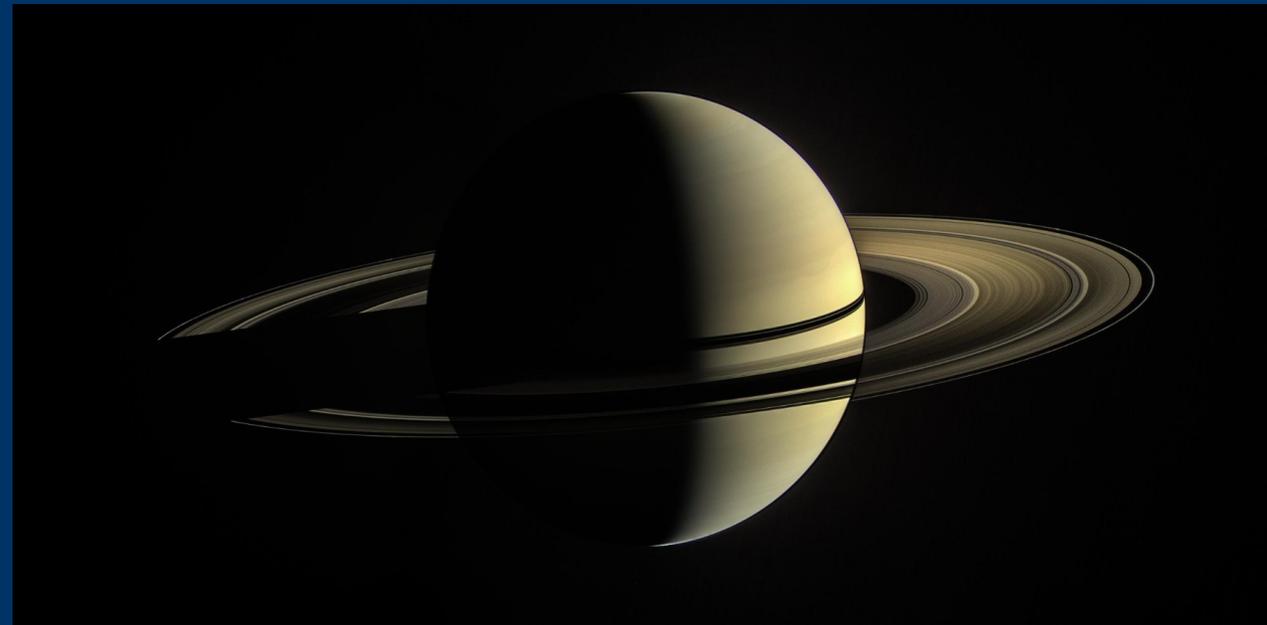
Crediti: Astronomiamo

- **Composizione atmosferica** idrogeno ed elio con ammoniaca e metano nelle nubi ed acqua
- **Bande più tenui** di quelle di Giove
- **Rotazione differenziale** vicino ai poli 10h 38 min, 10h 13 min all'equatore
- **Correnti orizzontali**
- **Diametro equatoriale** 120.536 km
- **Diametro polare** 108.728 km
- **Schiacciamento polare** 0,098 e rigonfiamento equatoriale
- **Intensità della luce solare** 1/90 T



# Caratteristiche orbitali

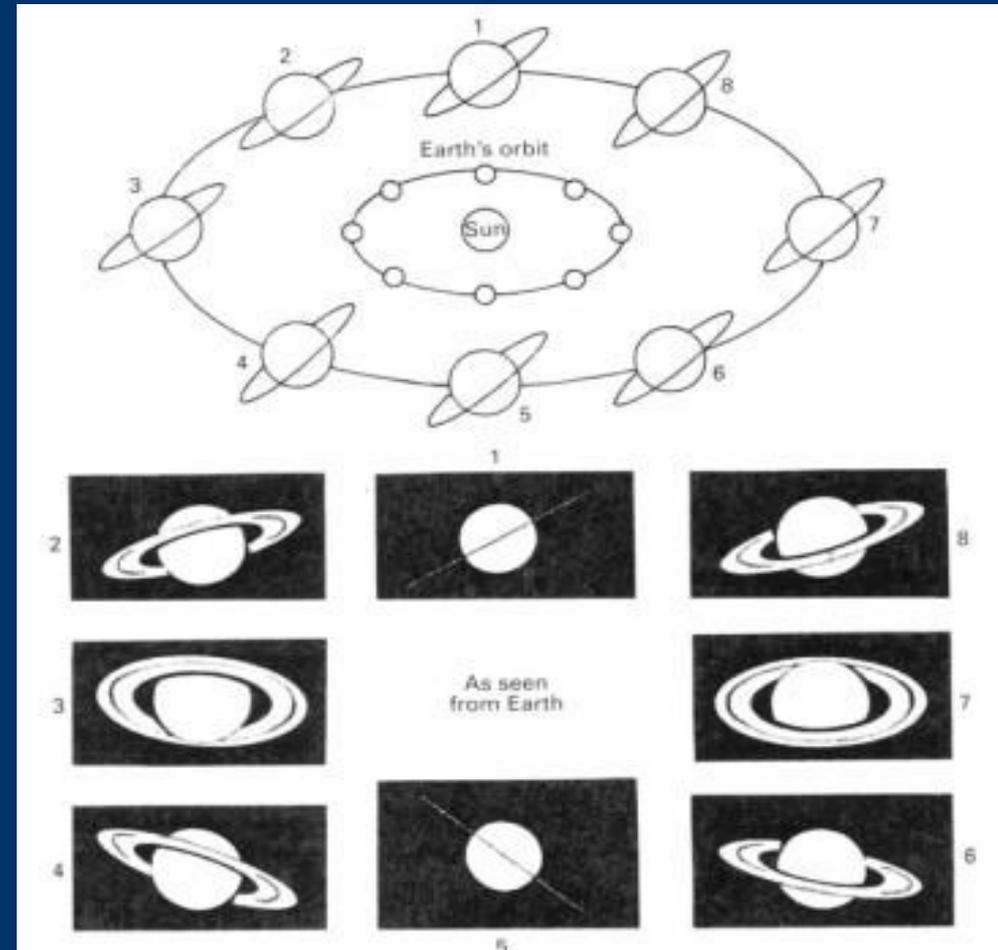
- Distanza media dal Sole 9,556UA  
(1.429.502.000 km)
- Periodo di rivoluzione siderale  
29,460 anni
- Eccentricità dell'orbita 0,055
- Inclinazione sull'eclittica 2,49°



Crediti: NASA/JPL-Caltech/Space  
Science Institute

# Come si osserva

- Massimo diametro angolare: 20,7''
- Minimo diametro angolare: 15,0''
- Magnitudine minima: -0,5
- Variazione dell'inclinazione apparente degli anelli



- Crediti: uai.it

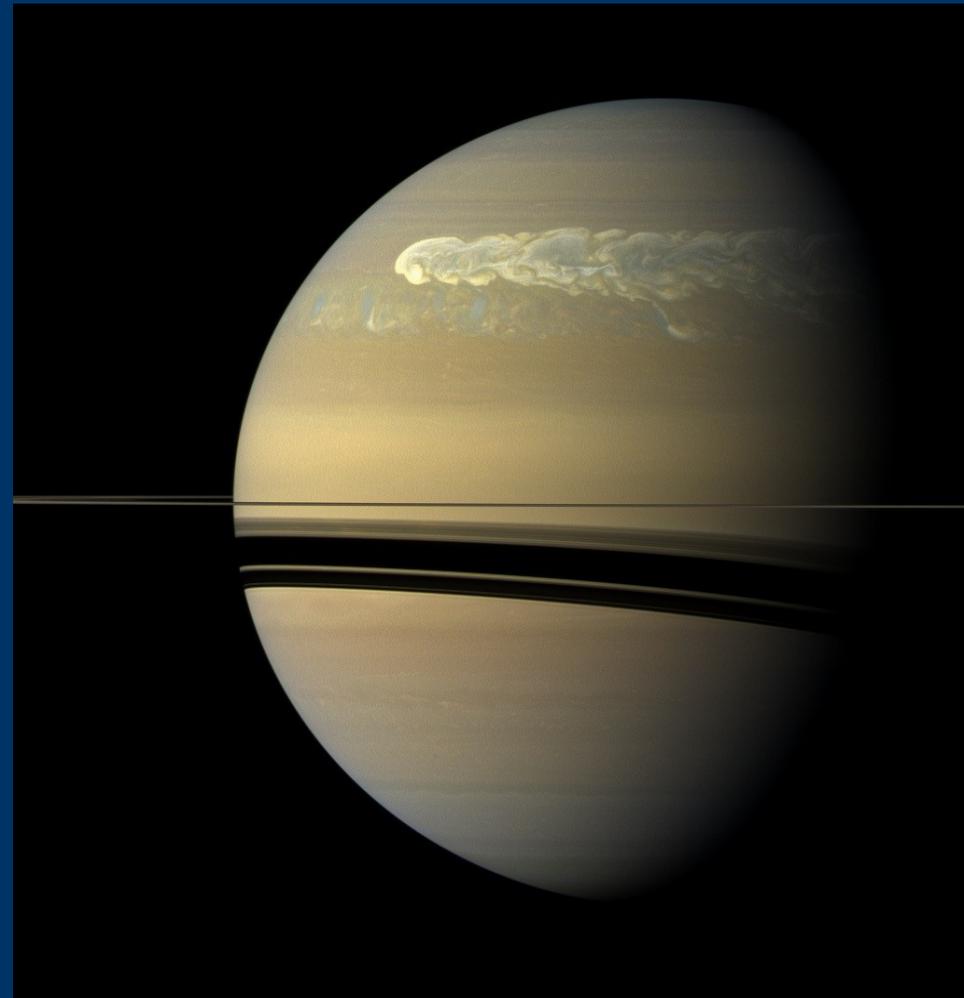
# Missione Cassini Huygens

- Missione congiunta NASA/ESA/ASI, lanciata il 15 ottobre 1997
- Composta da orbiter Cassini della NASA e lander Huygens dell'ESA.
- Orbita intorno a saturno dal 1 luglio 2004
- Terminata il 15 settembre 2017, con la distruzione nell'atmosfera di Saturno



# Atmosfera

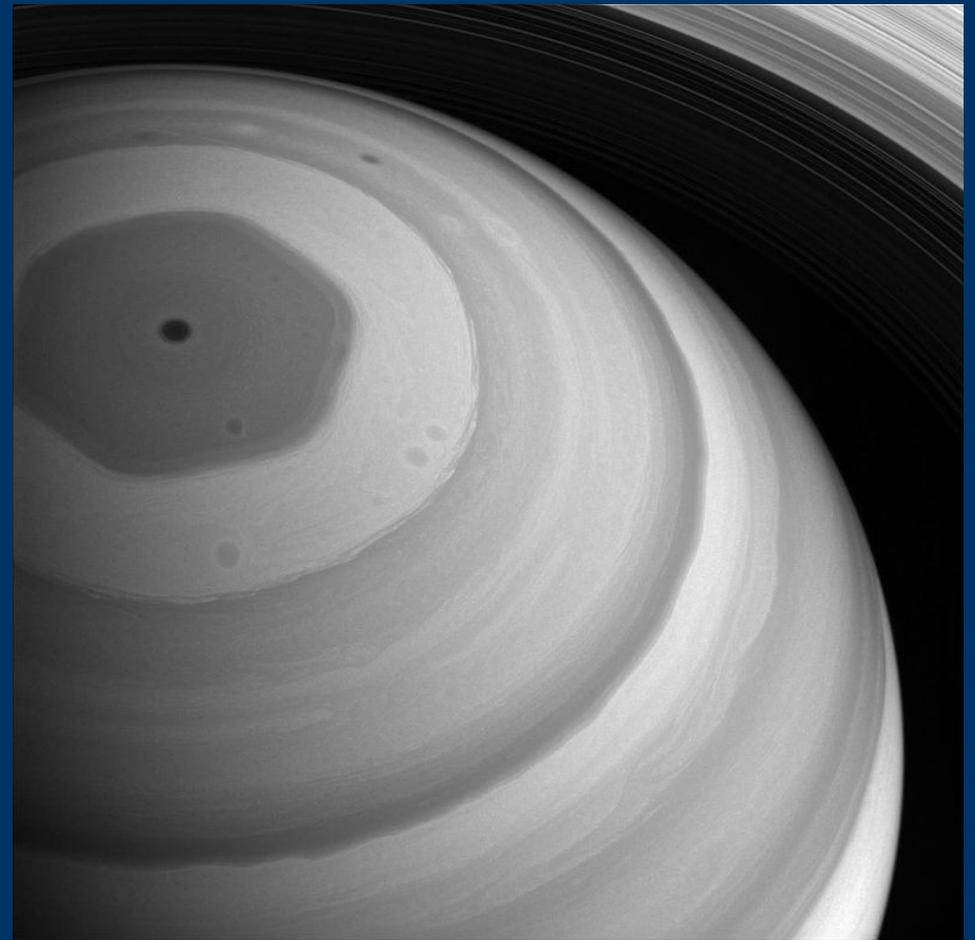
- Base: sferoide a 100.000 Pa
- Troposfera: bande corrispondenti a venti zionali  
  
(all'equatore  $v = 450$  km/h),  
simmetriche all'equatore, con  
tempeste per centinaia di giorni
- **Grandi macchie bianche:**  
tempeste nell'emisfero  
settentrionale, temporanee, forse  
dovute a correnti ascensionali, nel  
periodo del “solstizio estivo” ogni  
28,5 anni



Crediti: NASA/JPL-Caltech/SSI

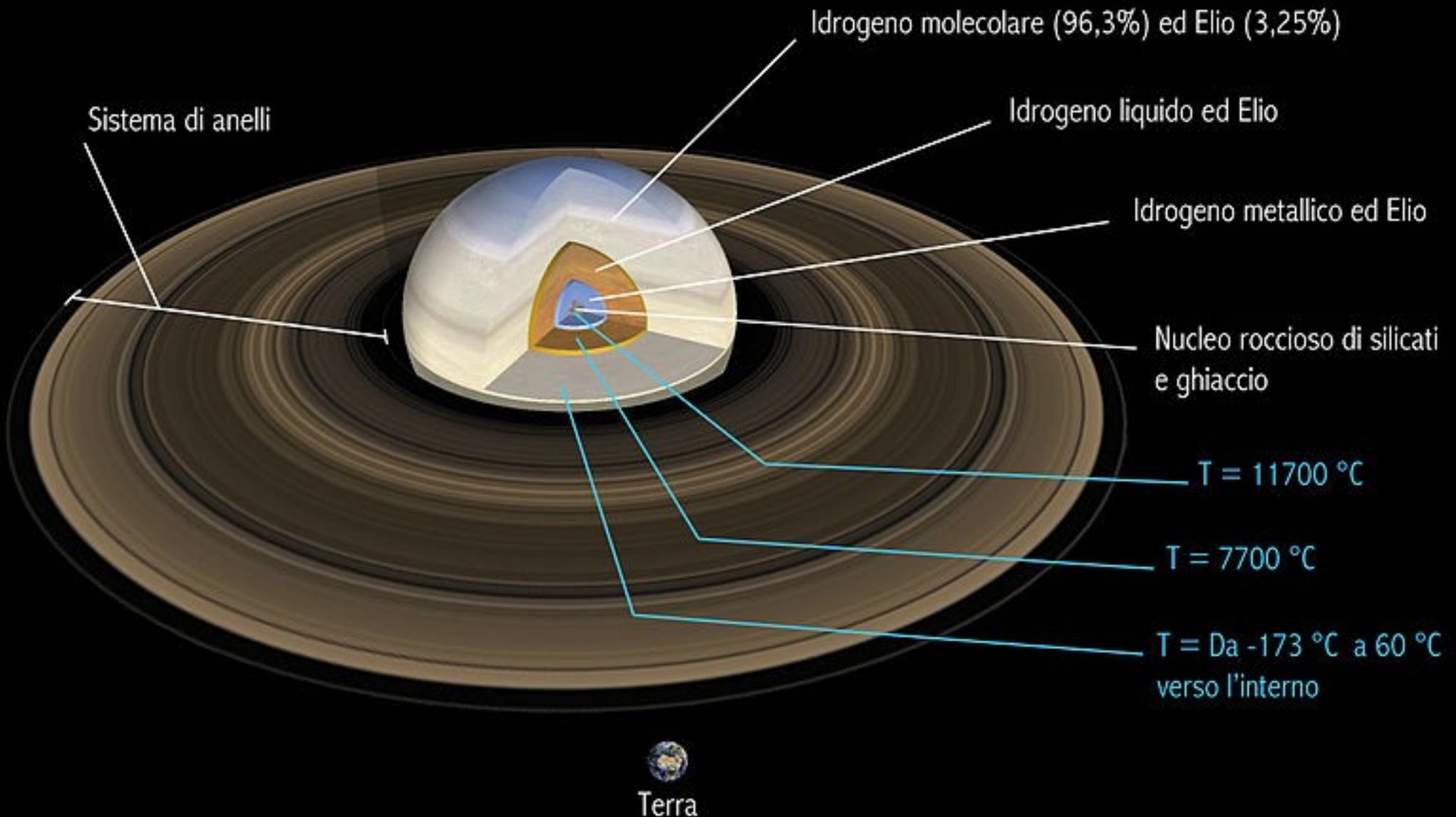
# Il polo “esagonale”

- Conformazione nuvolosa persistente attorno al polo nord
- Ogni lato dell'esagono misura circa 13840 km, 1.098 km più grande del diametro del pianeta Terra
- Circonda e ruota attorno al vortice che occupa il polo
- Al polo sud vortice (uragano) diametro 8.000 km, vento a 500 km/h



Crediti immagine:  
NASA/JPL-Caltech/Space Science  
Institute

# Struttura interna di Saturno

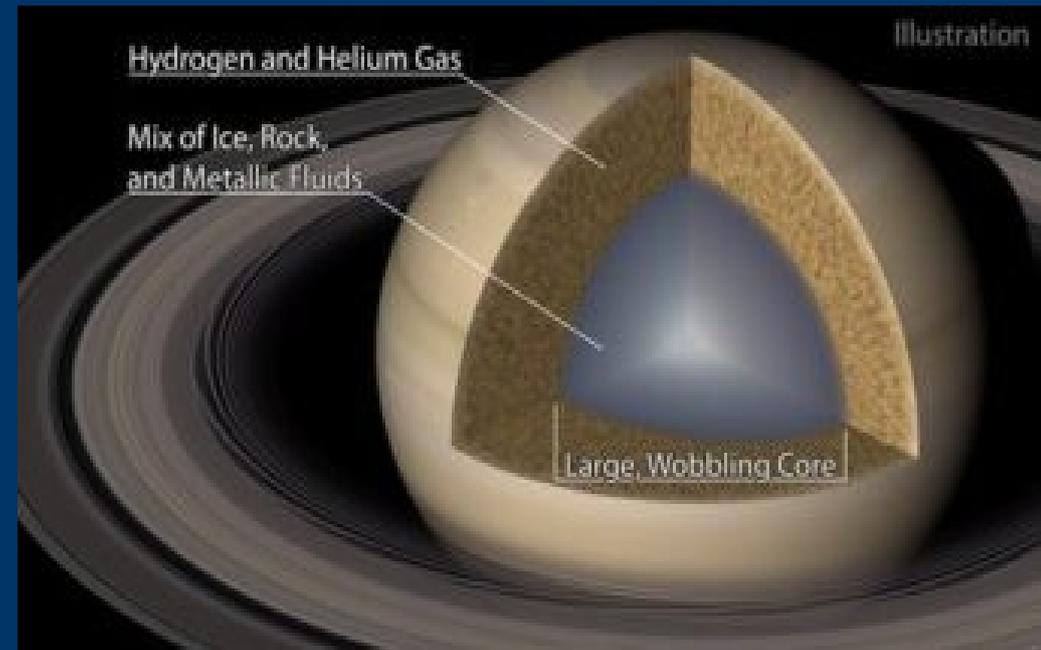


Crediti: Andrea Pittalis

CC BY-SA 3.0

# Recente ipotesi: il nucleo “confuso” (fuzzy)

- Misurazioni gravitazionali e sismiche su dati della Cassini suggeriscono che il nucleo di Saturno sia un miscuglio di ghiaccio, roccia e fluidi metallici, e non un solido roccioso come suggerivano alcune teorie precedenti.
- Il nucleo si estende per circa il 60 per cento del diametro del pianeta, occupando un volume più grande di quanto stimato in precedenza.
- Transizione graduale
- Formazione contemporanea di nucleo e involucro gassoso.

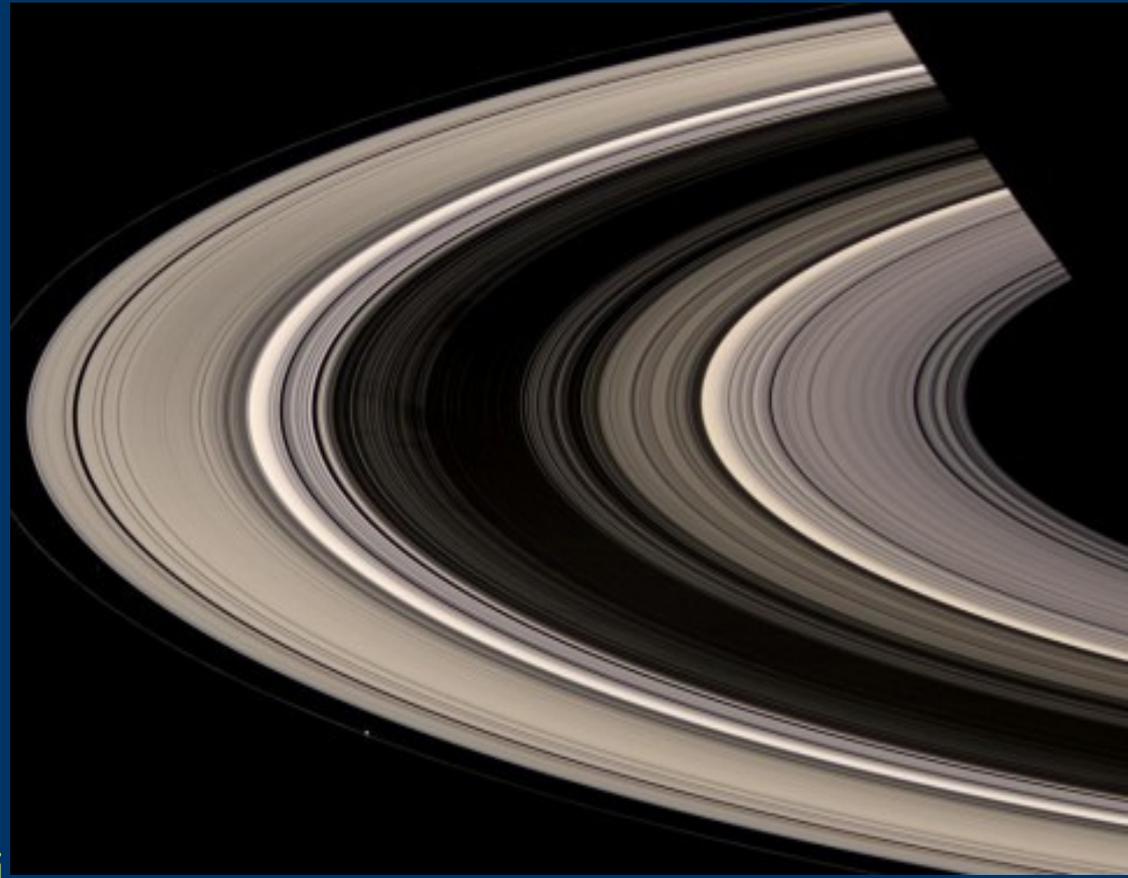


Crediti: immagine Caltech/R. Ferita (Ipac)

Testo: media INAF, *Nature Astronomy*

# Anelli

- 7 componenti denominati da A a G in ordine di scoperta, separati da divisioni
- Dall'interno all'esterno la successione è D C B A F G E
- Anello D molto debole
- Anelli C, B, A luminosi
- Anelli B ed A composti da molti anelli minori
- Anelli F e G sono deboli
- Anello E è molto esteso
- Composizione 95% ghiaccio d'acqua



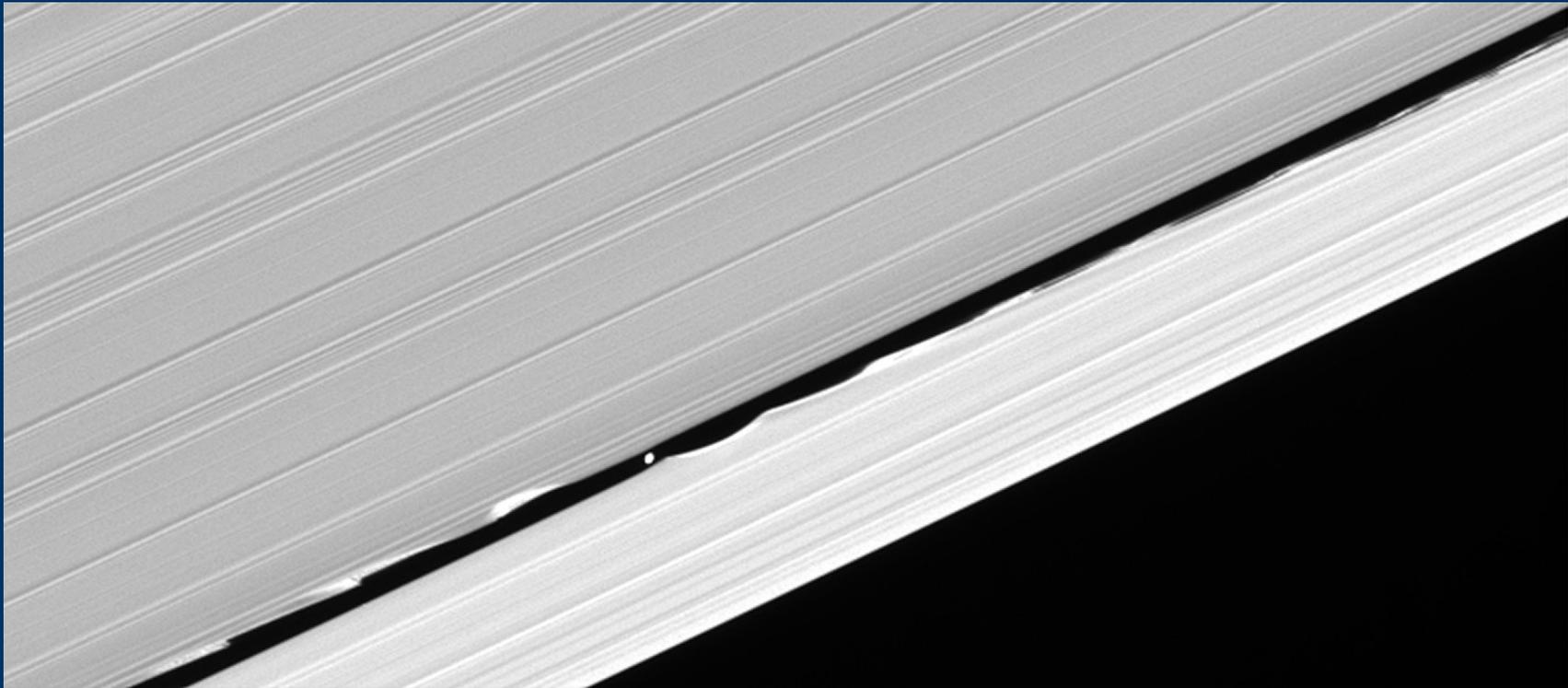
- Estensione Centinaia di migliaia di km
- Spessore inferiore ad 1 km
- Dimensioni delle “particelle”: da pochi mm. a 20 m.

# *Lune pastori*

Orbitano ai lati degli anelli, gli danno forma e causano lacune

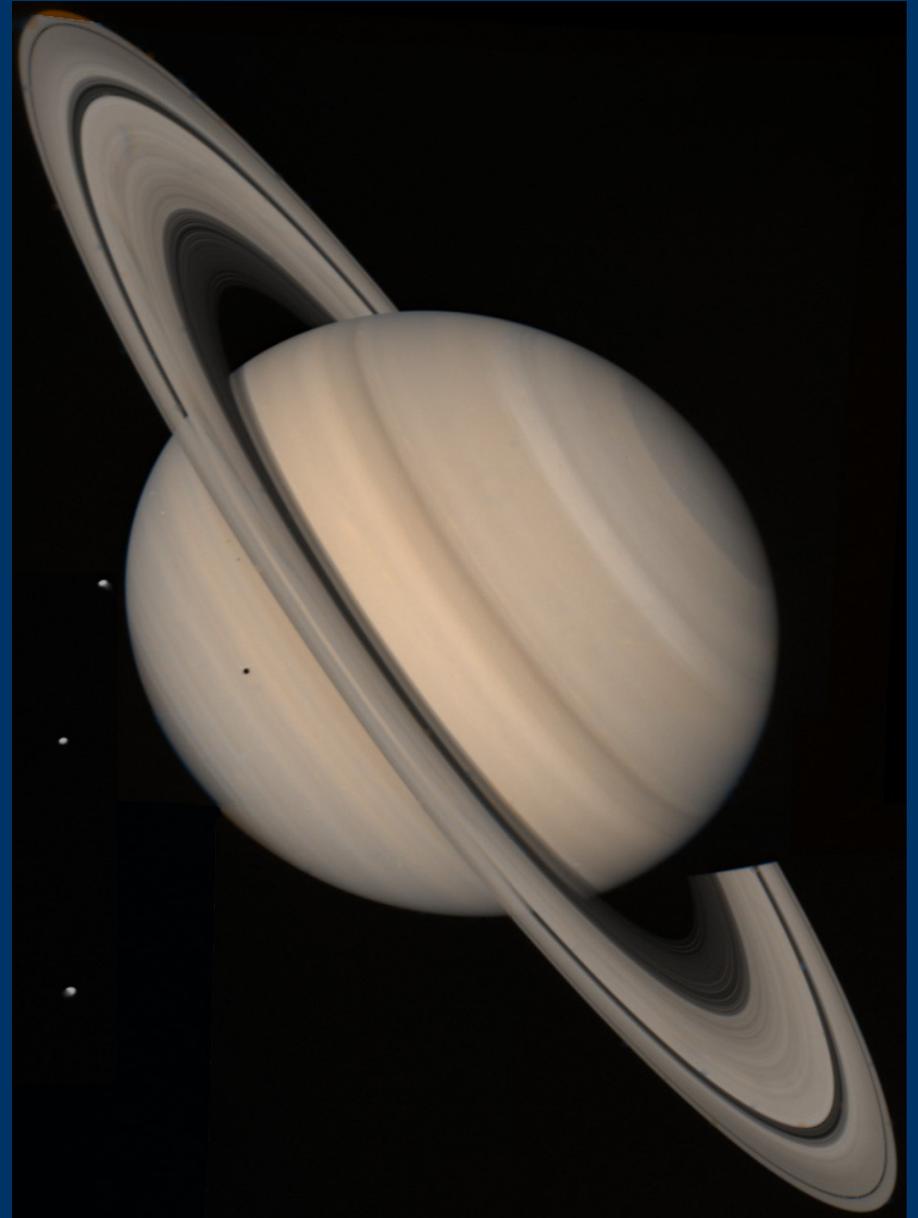
(nell'esempio, Dafni nella divisione di Keeler)

Pan (Divisione di Encke), Dafni (Divisione di Keeler), Atlante (anello A), Prometeo (anello F) e Pandora (anello F)



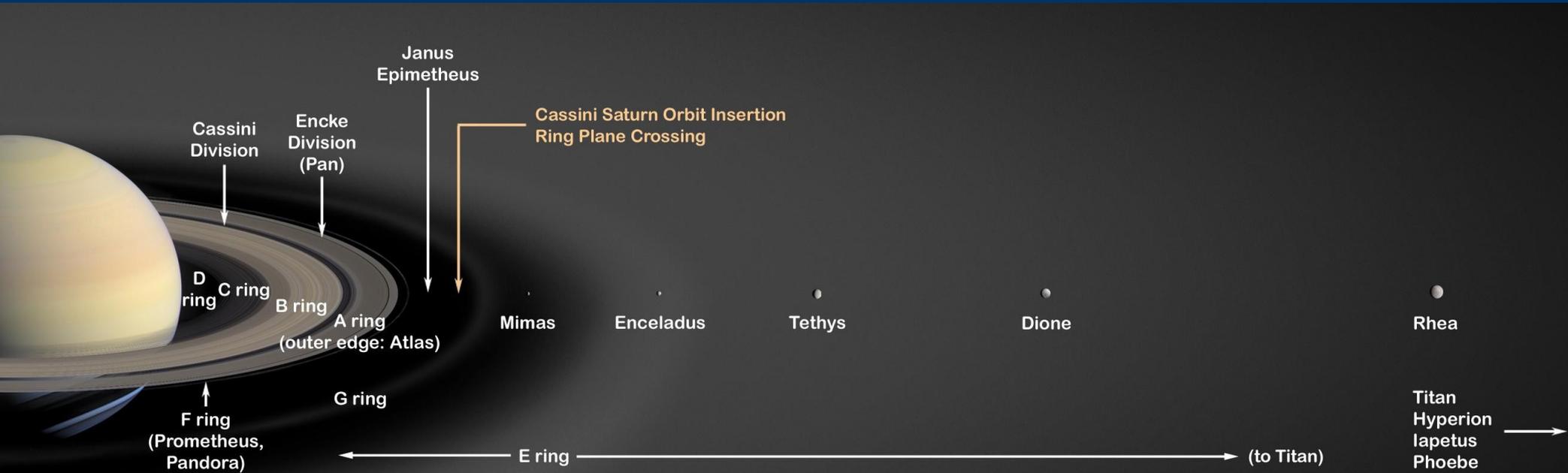
# *Satelliti naturali*

- Circa 62 satelliti di cui:
- 24 regolari
- 38 irregolari
- Ma in realtà ogni anello...



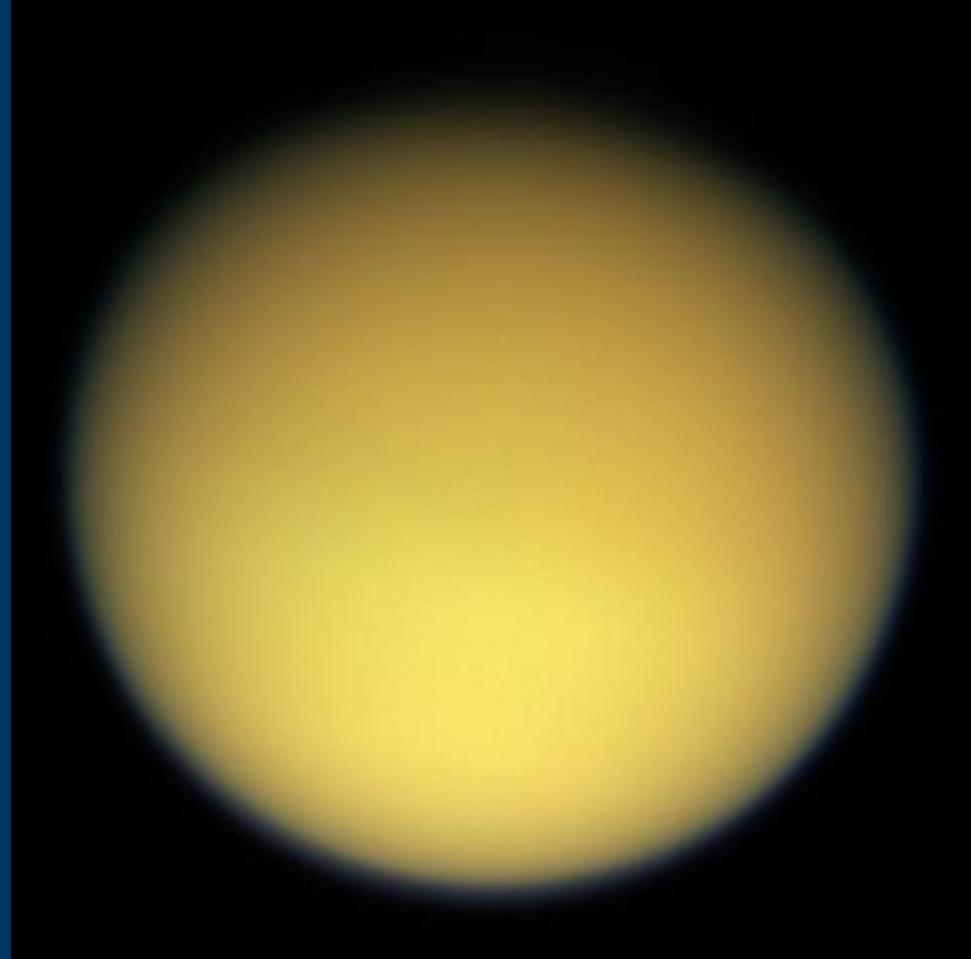
# Satelliti regolari

- 7 principali: Mimas, Encelado, Teti, Dione, Rea, Titano, Giapeto
- 4 lune in orbite troiane
- 2 lune co-orbitali
- 2 lune “pastori” dell'anello F: Pandora e Prometeo



# Titano

- Periodo orbitale 15 gg 22h
- Semiasse maggiore 1 221 830 km
- Eccentricità 0,0288
- Diametro medio 5150 km
- Densità media  $1,88 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- Rotazione Sincrona
- Temperatura superficiale 94 K ( $-179,2 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- Segni particolari: è più grande di Mercurio ed è il secondo satellite naturale per dimensioni del sistema solare.
- Unico satellite con una densa atmosfera



# *Superficie di Titano*

- Sassi di ghiaccio d'acqua
- Superficie di acqua e idrocarburi ghiacciati
- Foschia di idrocarburi
- Tracce di scorrimento liquidi

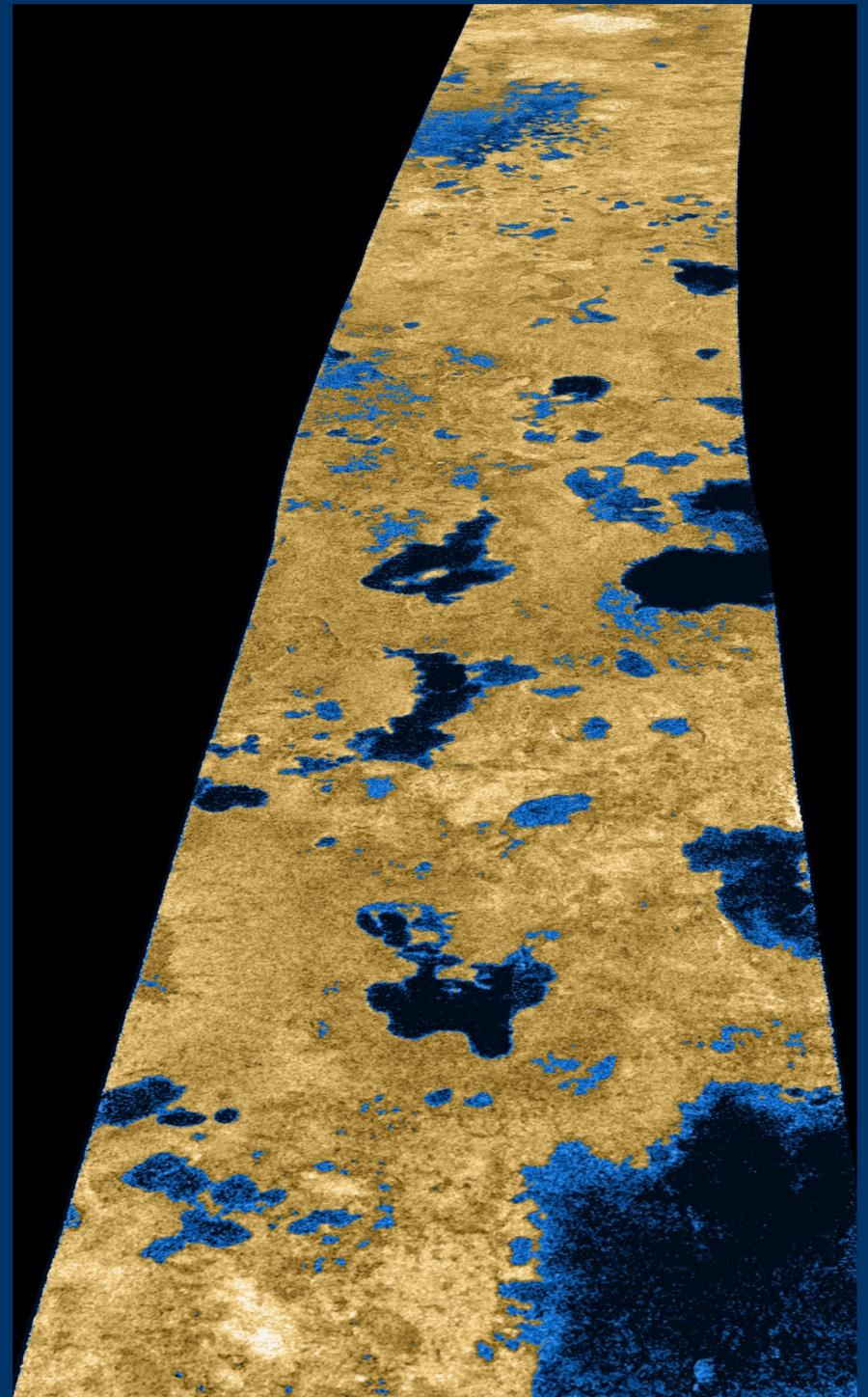
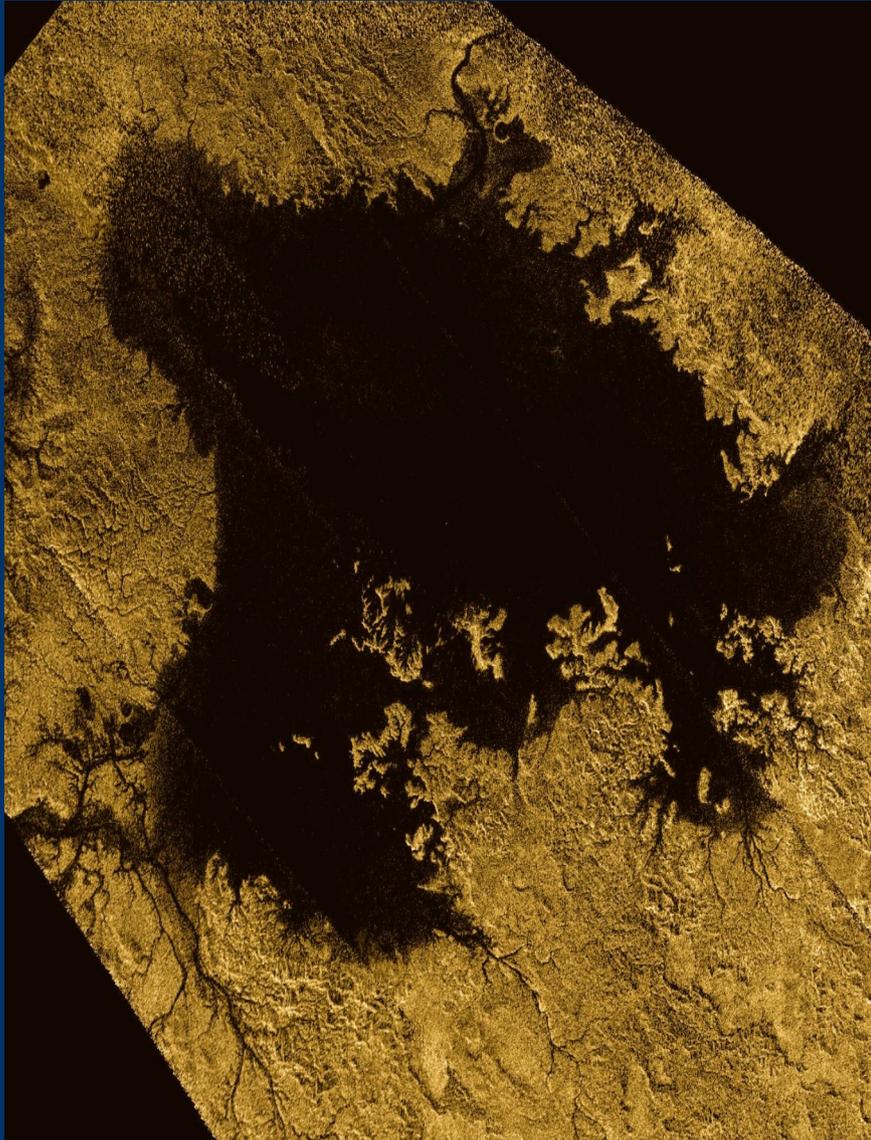
Fonte: lander Huygens

ESA/NASA / JPL/UA



# *Superficie di Titano*

Immagini radar in falsi colori di  
laghi di metano vicino al polo nord

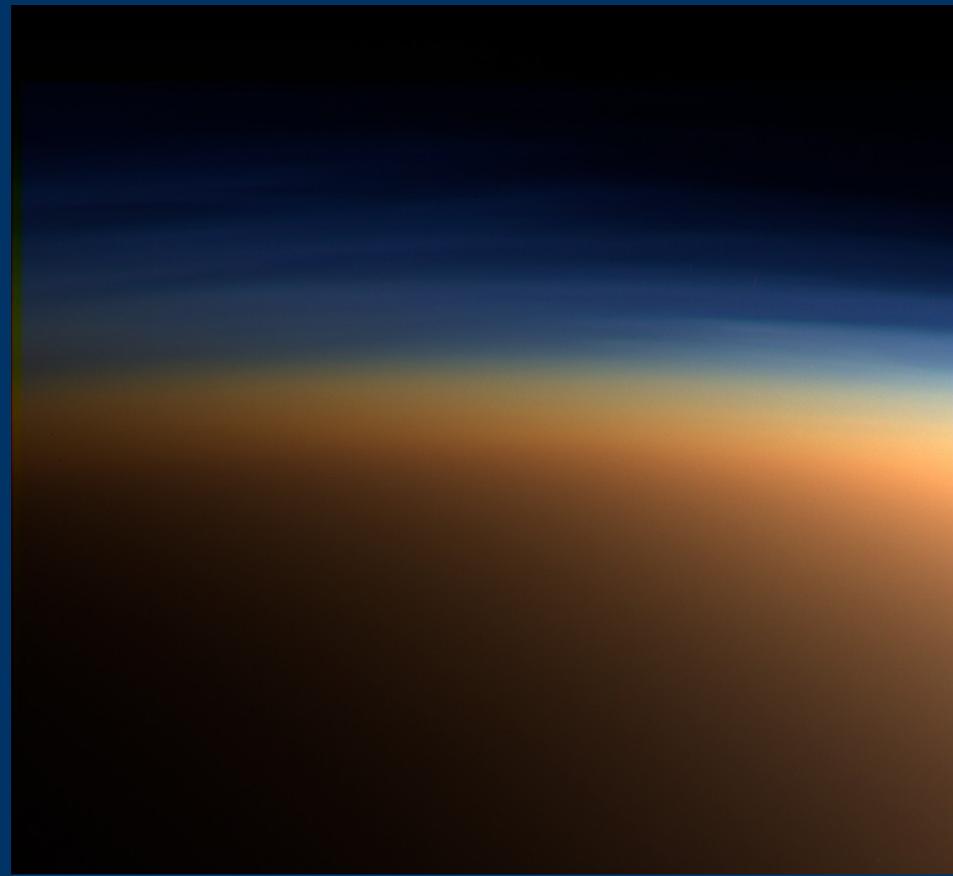


# Atmosfera di Titano

- E' spesso il doppio di quella terrestre!
- Pressione al suolo 1,45 volte
- Massa 19% in più
- Composizione: 98% Azoto, 1,4 % Metano, 0,1-0,2% Idrogeno, tracce di altri idrocarburi

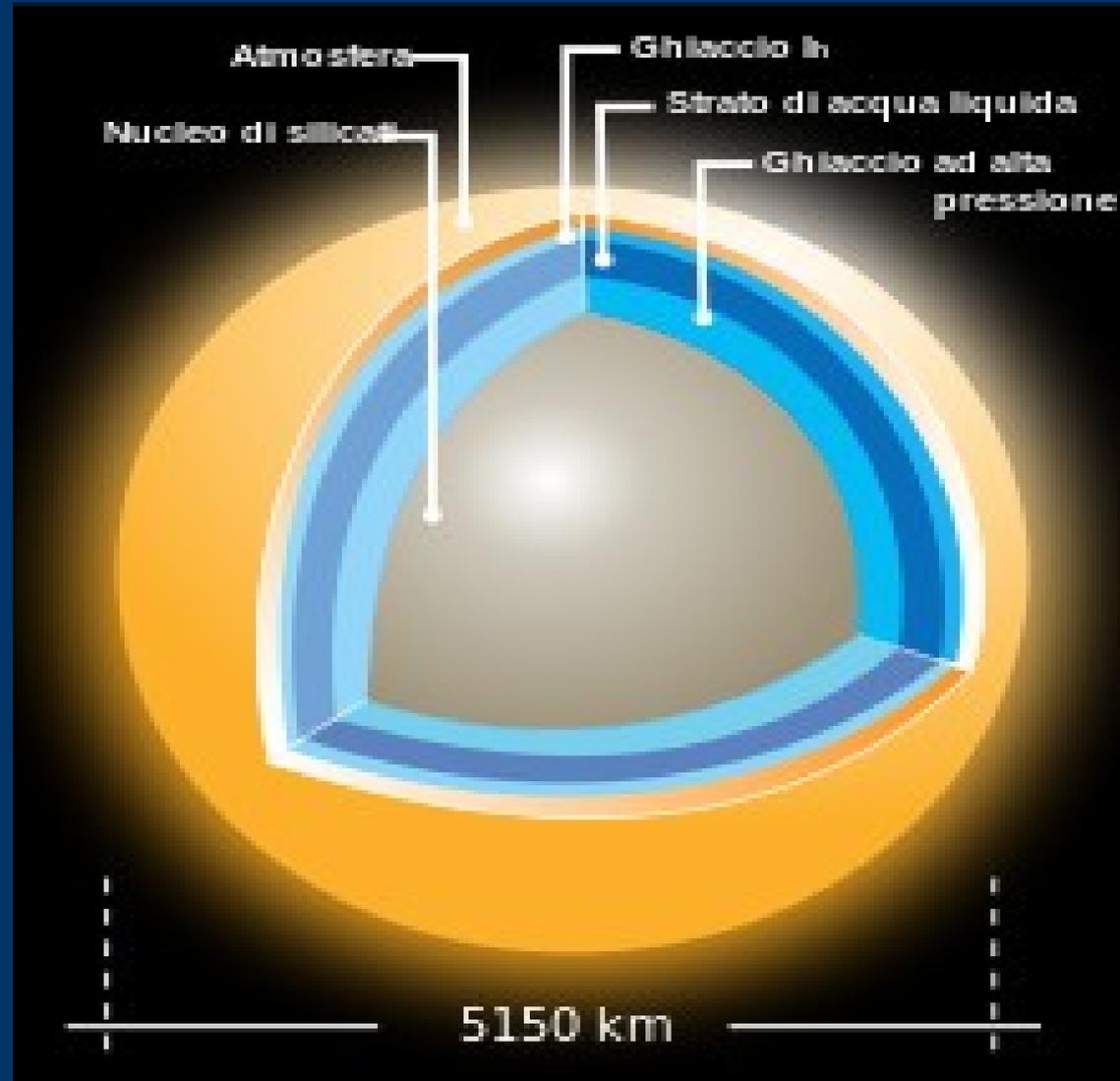
## Teorie:

- il metano proviene da criovulcani → ciclo “idrologico”
  - Gli altri idrocarburi derivano dal metano per fotolisi nell'alta atmosfera ad opera dei raggi UV
  - Temperatura alla superficie: -179°C (-191°C senza effetto serra metano)
- 
- 



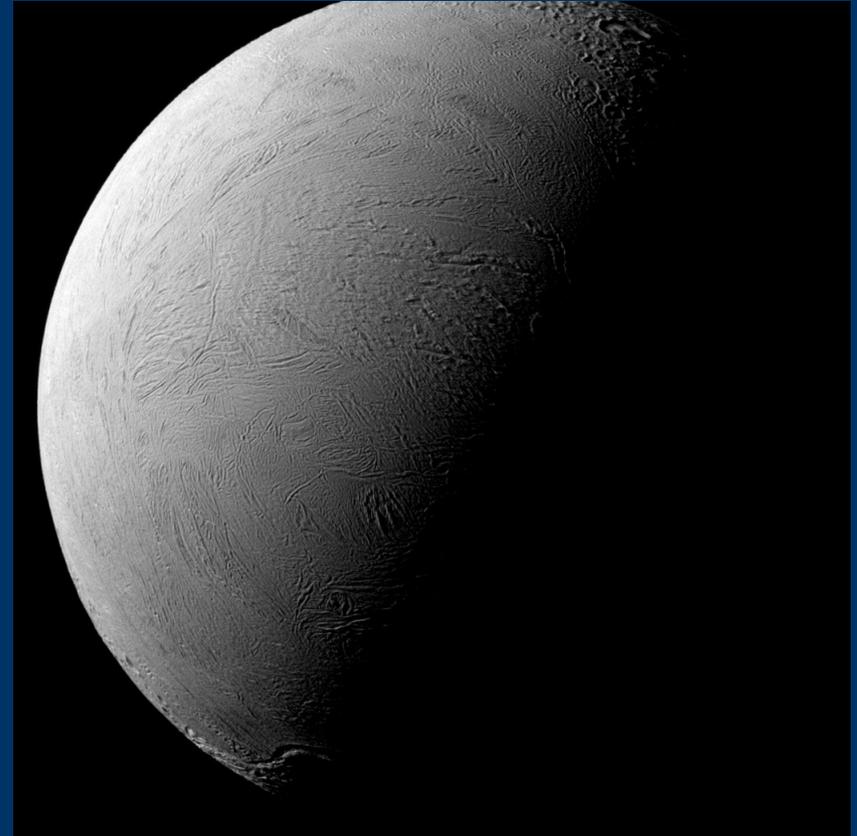
# Struttura interna di Titano

- Densità compatibile con 60% roccia, 40% acqua
- Crosta che si deforma e si muove, onde ELF che evidenziano probabile discontinuità ghiaccio-liquido: probabile oceano sotterraneo
- Nucleo roccioso di circa 3400 km



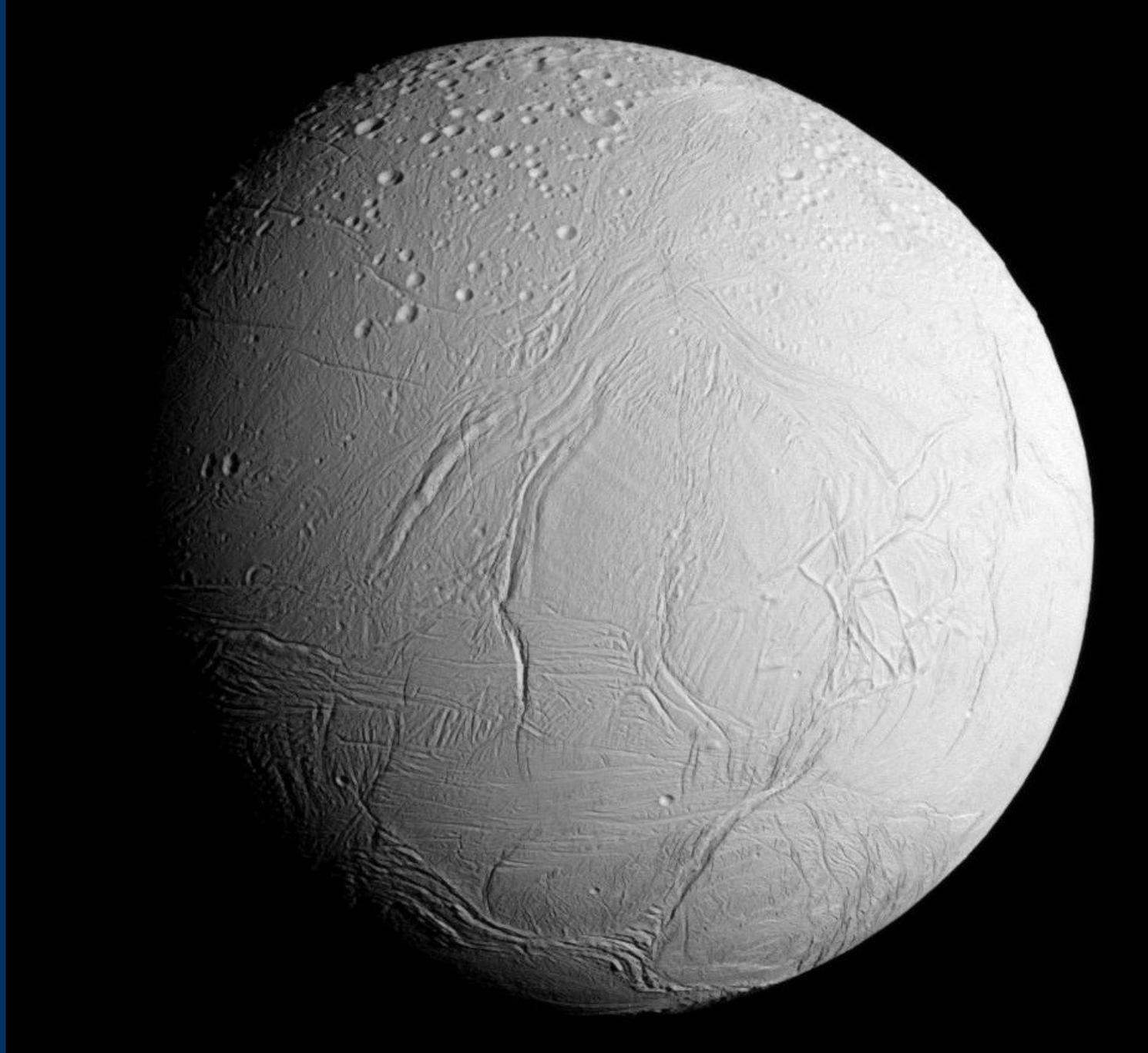
# Encelado

- Periodo orbitale 32h 53m 07s
- Inclinazione risp. eq. Sat.  $0,02^\circ$
- Eccentricità 0,0045
- Diametro medio 500 Km
- Densità media  $1,61 \text{ g/cm}^3$
- Rotazione Sincrona
- Albedo 0,99
- Segni particolari: risonanza orbitale 2:1 con Dione → fonte di calore per attività geologica. Orbita all'interno dell'anello E, che alimenta con materiale espulso dalla sua superficie. Geologicamente attivo.



# Superficie di Encelado

- Regioni con pochi crateri  
(superficie giovane)
- Solchi  
(Tiger stripes)
- Alta riflettività
- Ma soprattutto...



Fonte: Missione Cassini-Huygens

---

---

- Geysers al polo sud!

- $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$

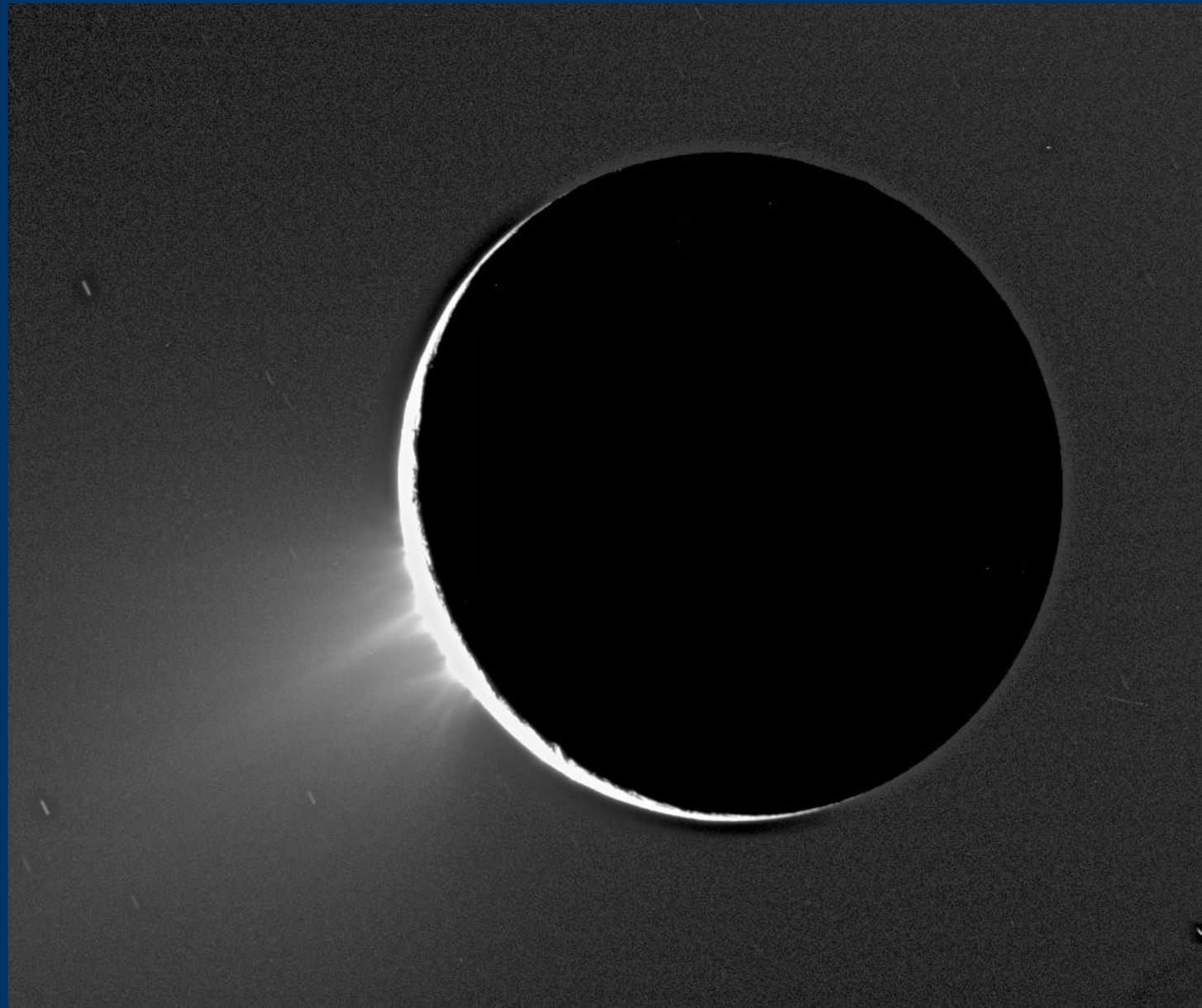
- $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$

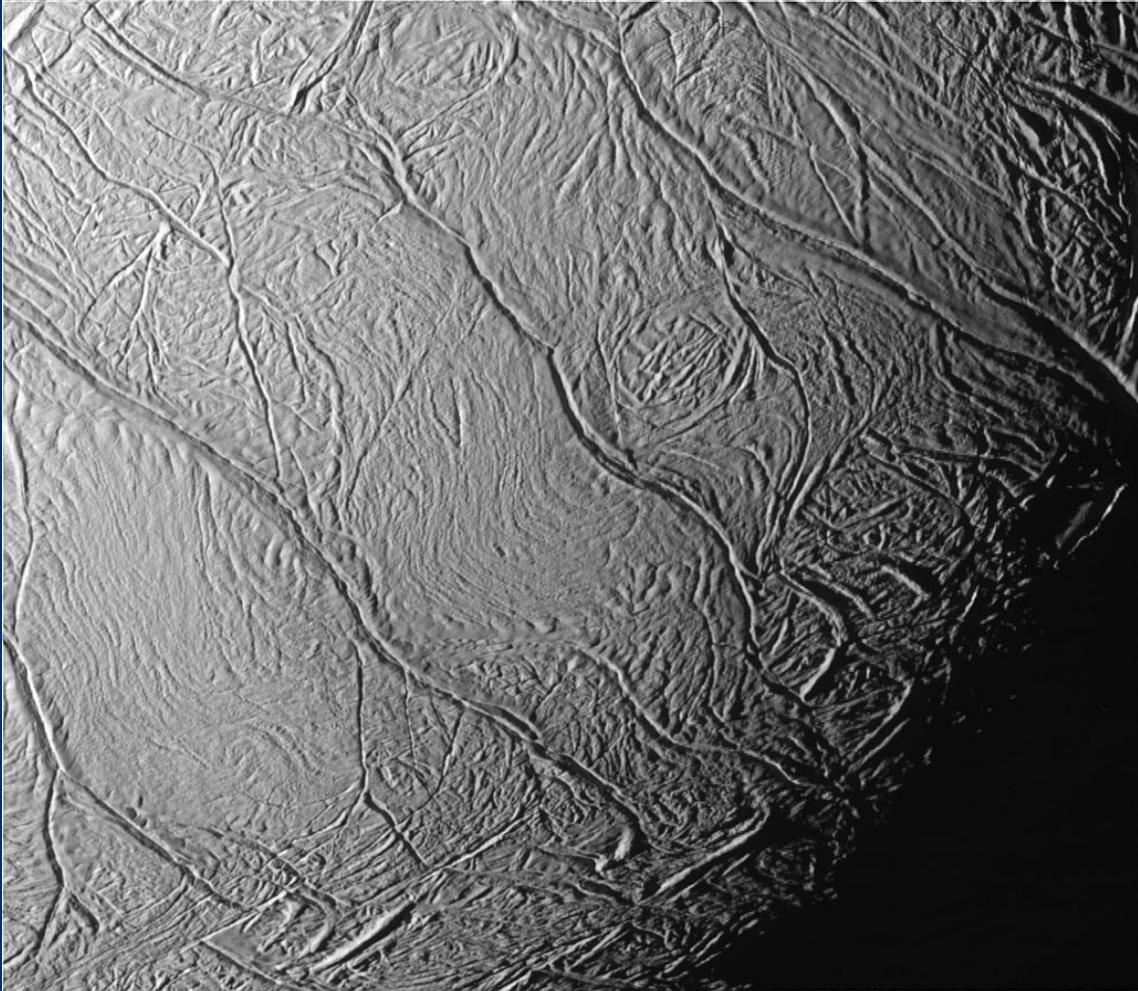
- Ar, Mg

- Formaldeide,

- Acetilene

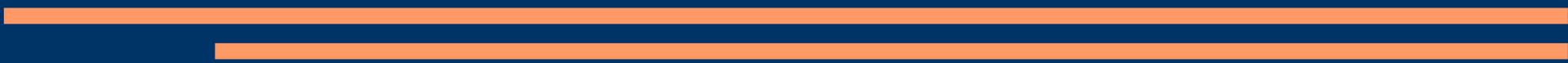
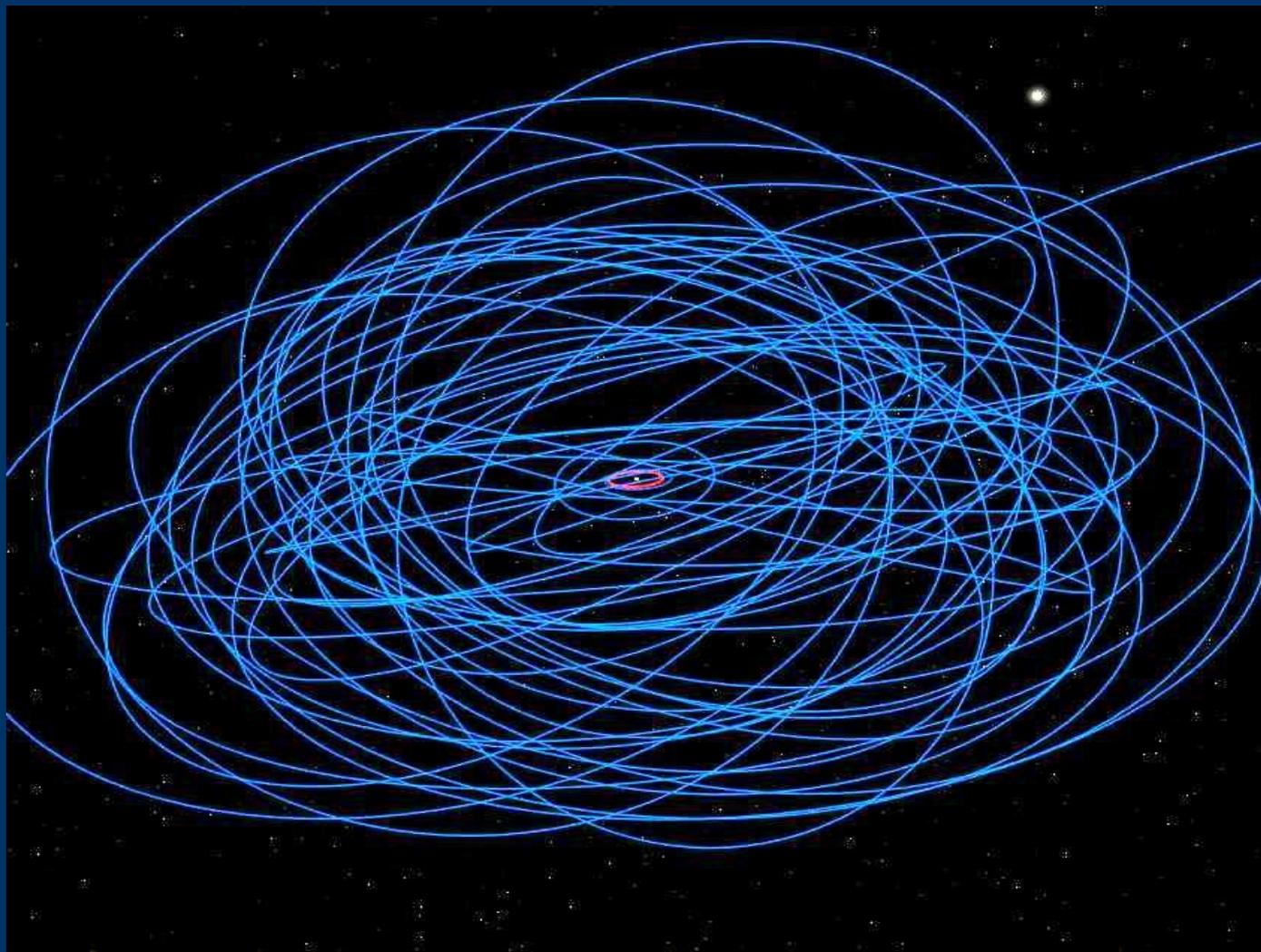
- Molecole organiche pesanti 200 uma





# *Satelliti irregolari*

- Piccole dimensioni
- Ampio raggio orbitale
- Orbite inclinate e spesso retrograde
  
- Gruppo Inuit
- Gruppo Gallico
- Gruppo Nordico



# *Urano e Nettuno: giganti “ghiacciati”*

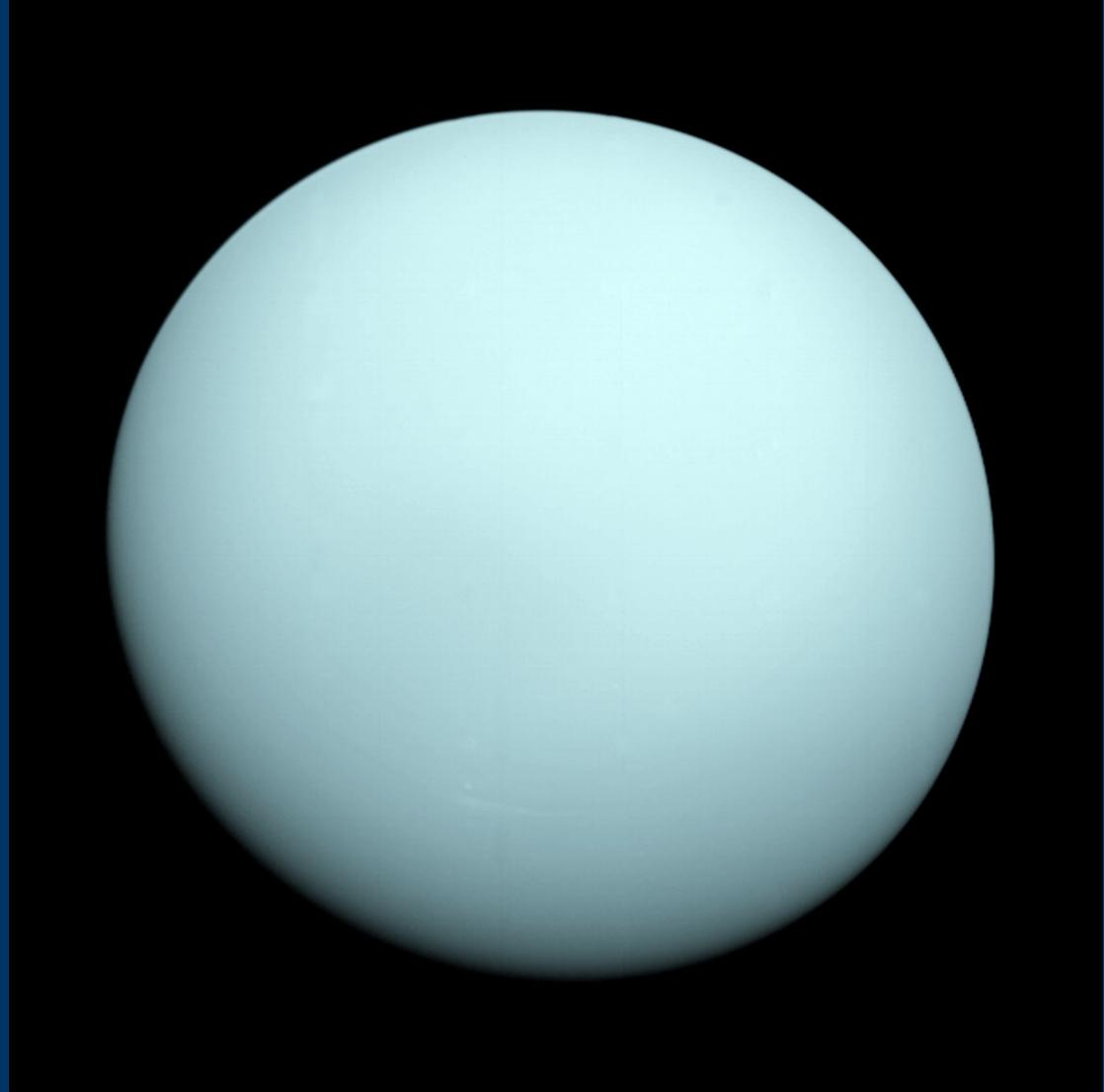
- Poco H ed He, prevalenza di acqua, metano o ammoniaca. Questi materiali sono chiamati "ghiacci" in astrofisica, indipendentemente dal loro stato (solido, liquido..).
- Urano e Nettuno sono classificati come giganti di ghiaccio in quanto nella loro massa totale è presente solo il 20% di idrogeno circa, rispetto a quasi il 90% della presenza di questo gas nei più massicci Giove e Saturno

Fonte: Wikipedia

---

---

# Urano

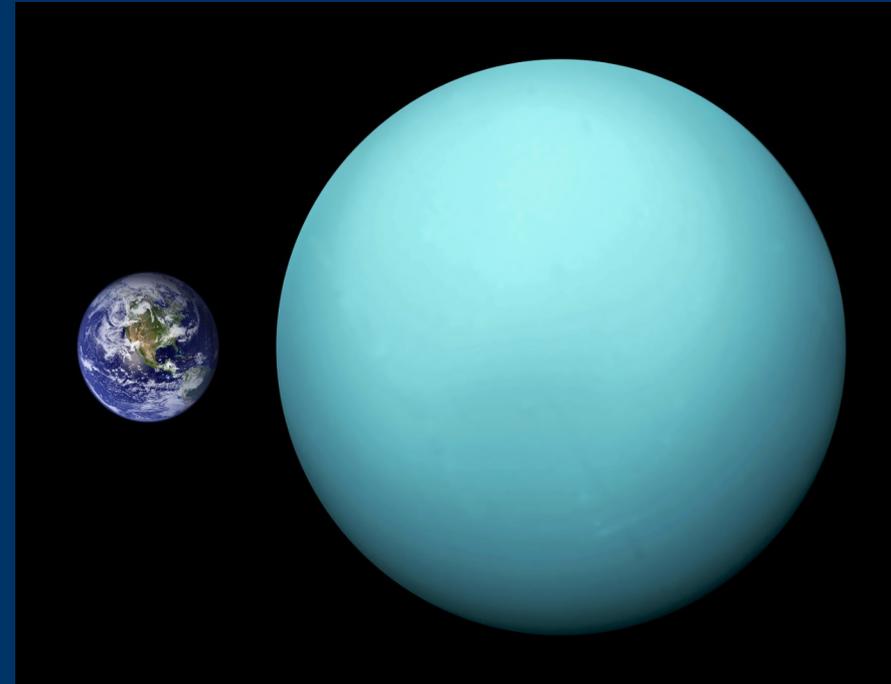


- Scoperto da William Herschel nel 1781
- Esplorato direttamente solo da Voyager 2 nel 1986
- Ha 27 satelliti naturali



# Caratteristiche fisiche

- Diametro equatoriale 51.118 km (4T)
- Diametro polare 49.496 km
- Schiacciamento 0,023
- Densità media 1,27 g/cm<sup>3</sup>
- Inclinazione sull'eclittica 82,23°
- Albedo 0,51
- Magnitudine minima +5,6
- Temperatura media alla superficie -214°C



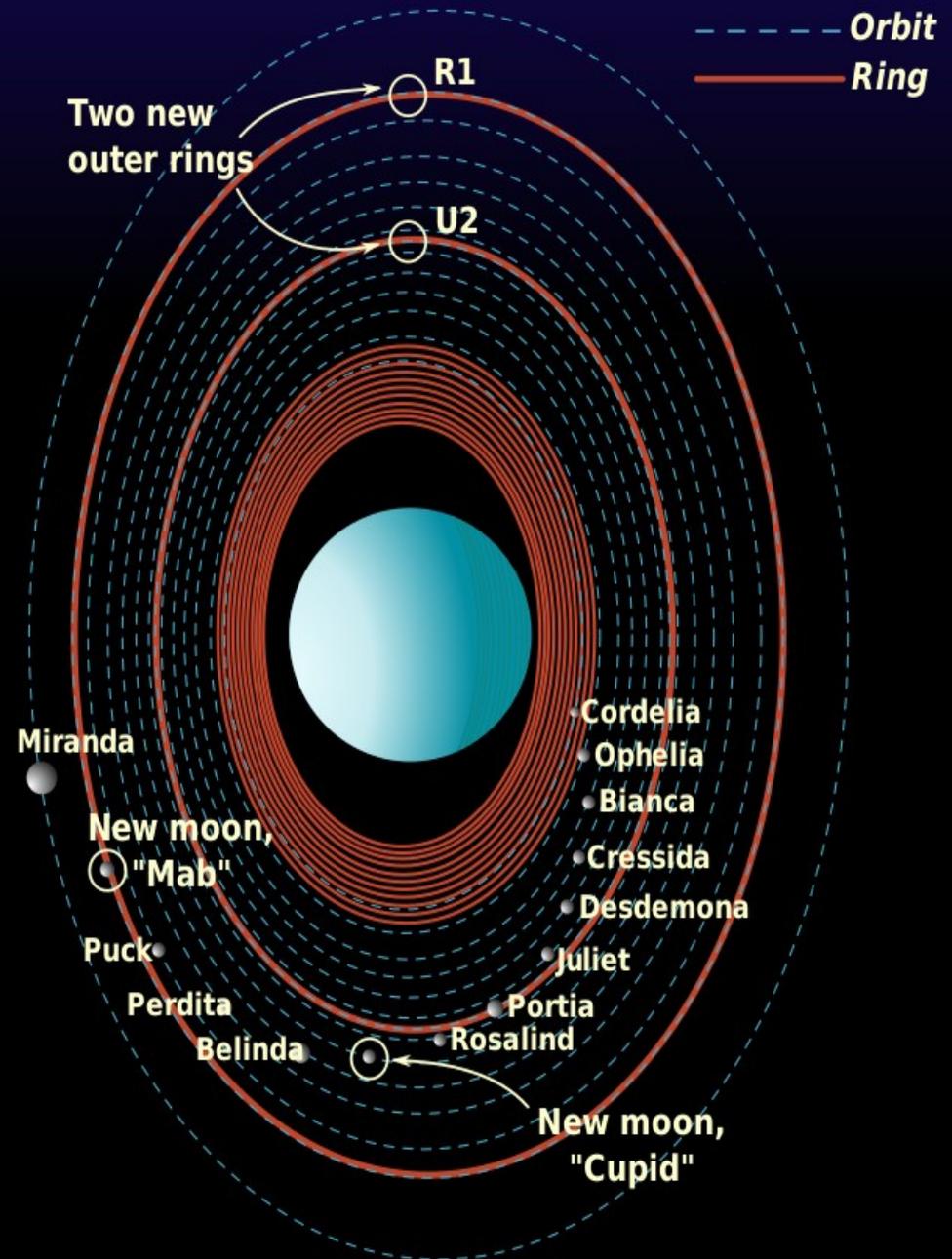
# *Caratteristiche orbitali*

- Distanza media dal Sole 2.867.119.000 km (19,166 UA)
- Eccentricità orbitale 4,8%
- Periodo di rivoluzione 84 anni
- Periodo di rotazione 17,2 ore
- Inclinazione assiale  $97,8^\circ$  (retrograda)

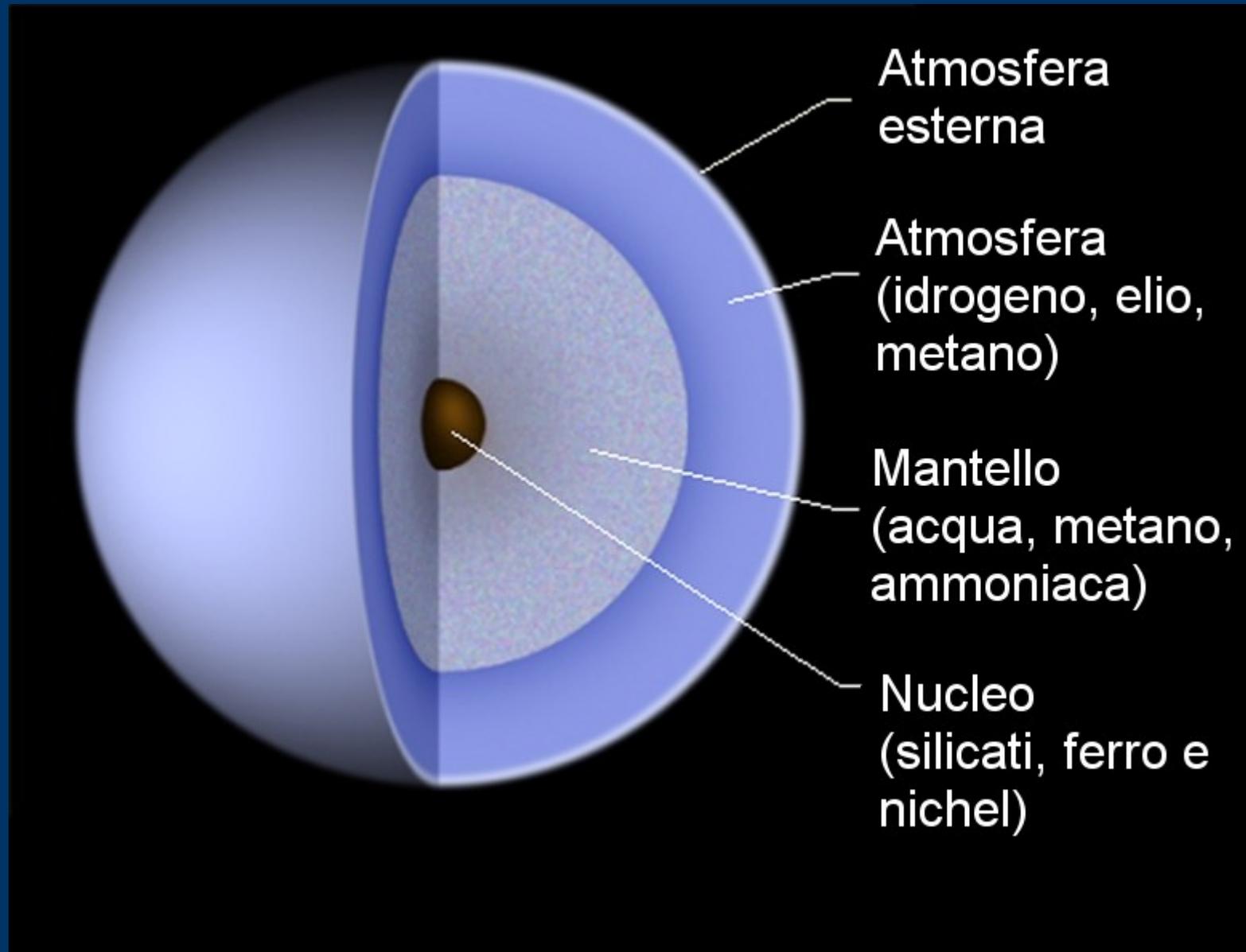
# Un pianeta “particolare”

- Ha un'inclinazione dell'asse di rotazione di  $97,77^\circ$
- Anche le orbite dei satelliti e degli anelli sono inclinate
- Si hanno variazioni stagionali estreme, sia per il pianeta che per le lune

Hubble detects two large outer rings, two new moons orbiting Uranus



# Composizione e struttura

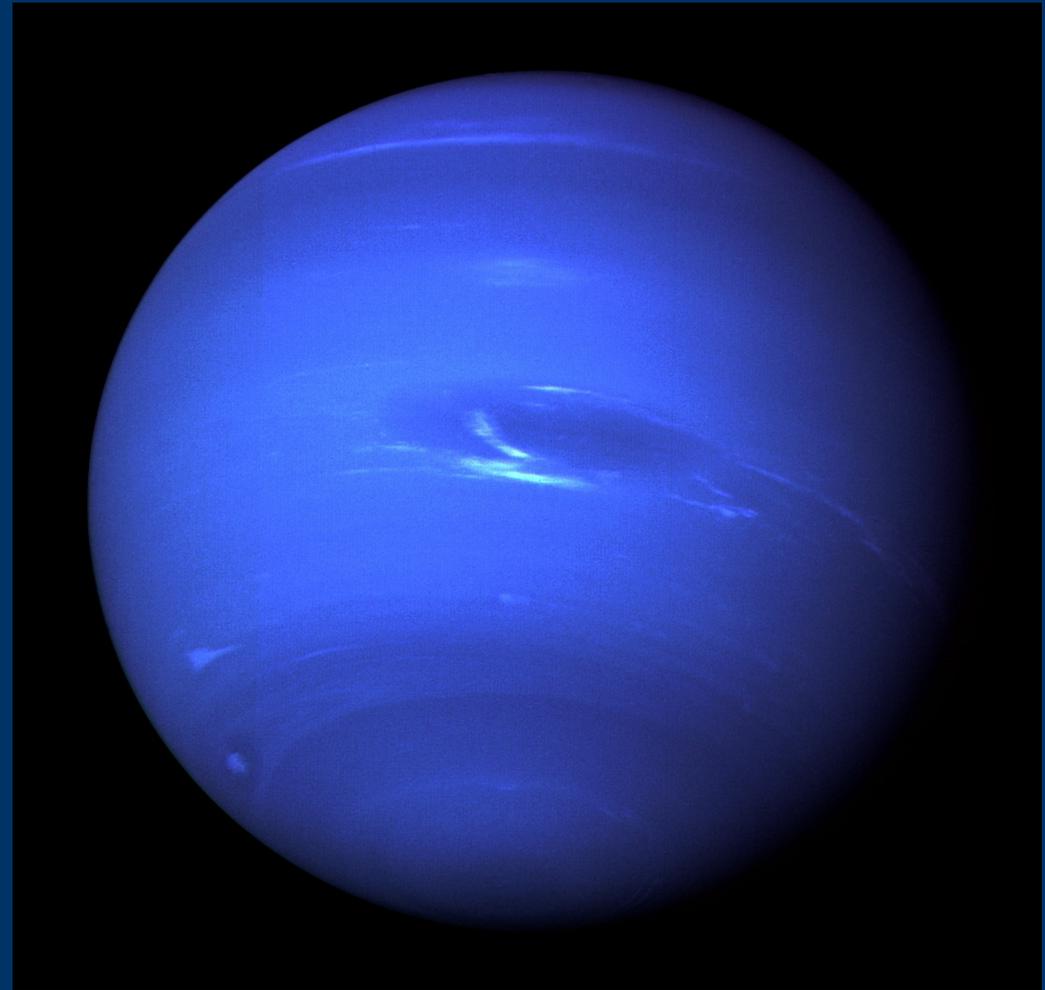


- Tracce di H<sub>2</sub>S

Crediti immagine: astrogeo.va.it

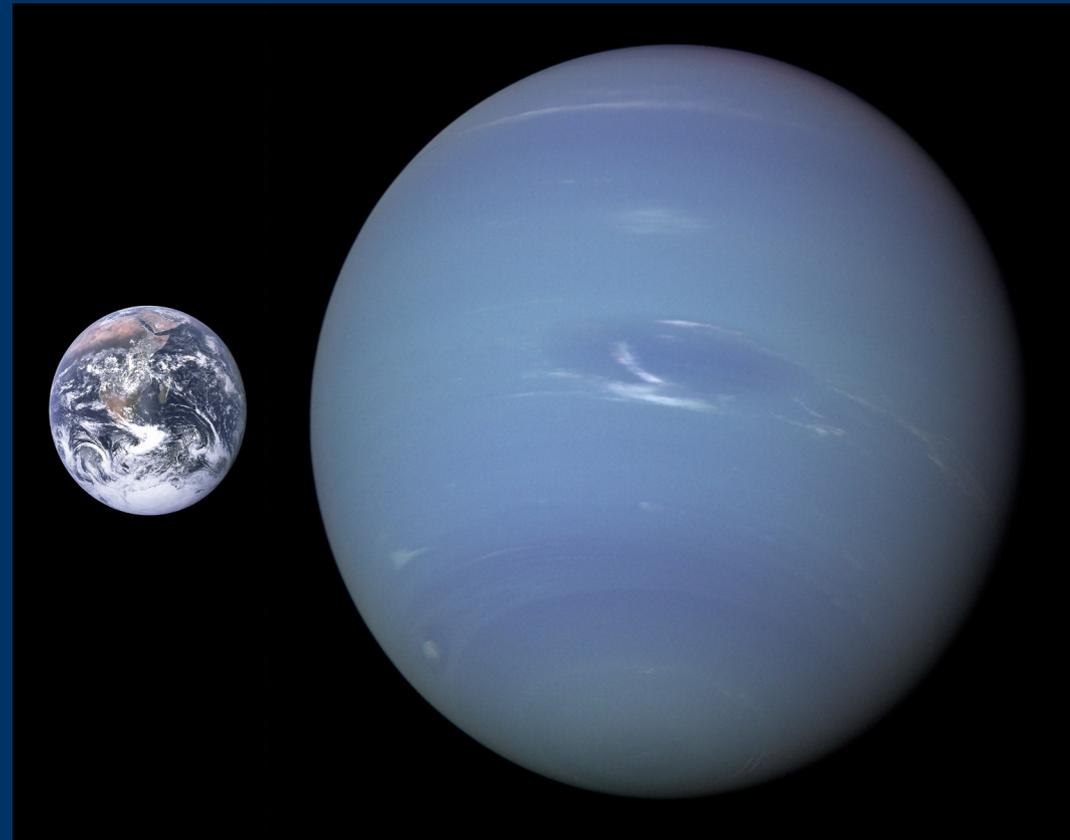
# Nettuno

- Distanza media dal Sole  
4.498.801.000 km (30,1 UA)
- Eccentricità orbitale 0,006%
- Inclinazione sull'eclittica  $1,8^\circ$
- Periodo di rivoluzione 164,8  
anni
- Scoperto nel 1846 da J. G. Galle  
e H. L. D'Arrest su indicazioni  
di U. Le Verrier



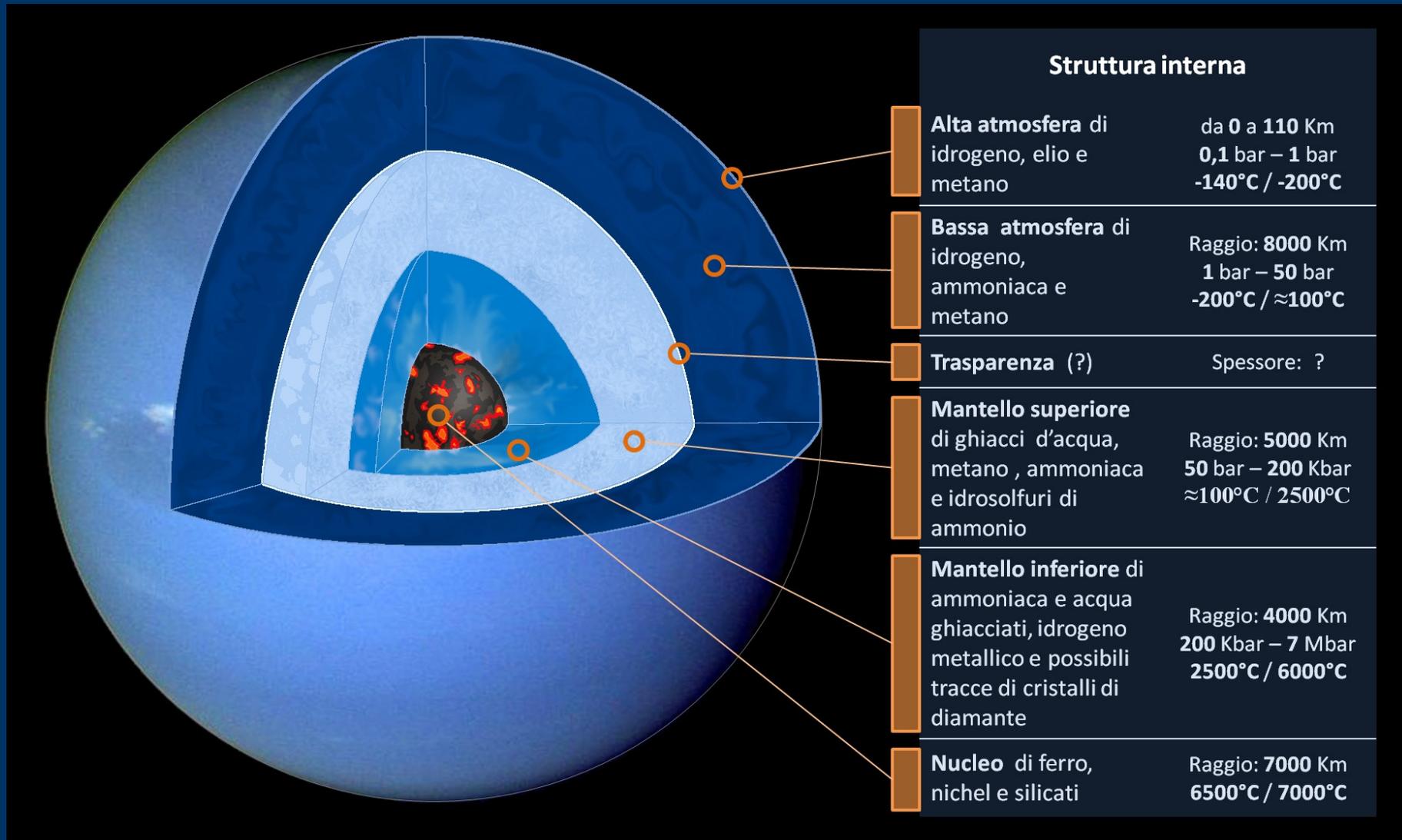
# Nettuno: caratteri fisici

- Diametro equatoriale 49.528 km (3,88T)
- Diametro polare 48.682
- Schiacciamento 0,017
- Massa 17,15T
- Densità media 1,64 g/cm<sup>3</sup>
- Inclinazione sull'eclittica 28,33°
- Albedo 0,41
- Magnitudine minima +7,6
- Temperatura media superficiale -220°C



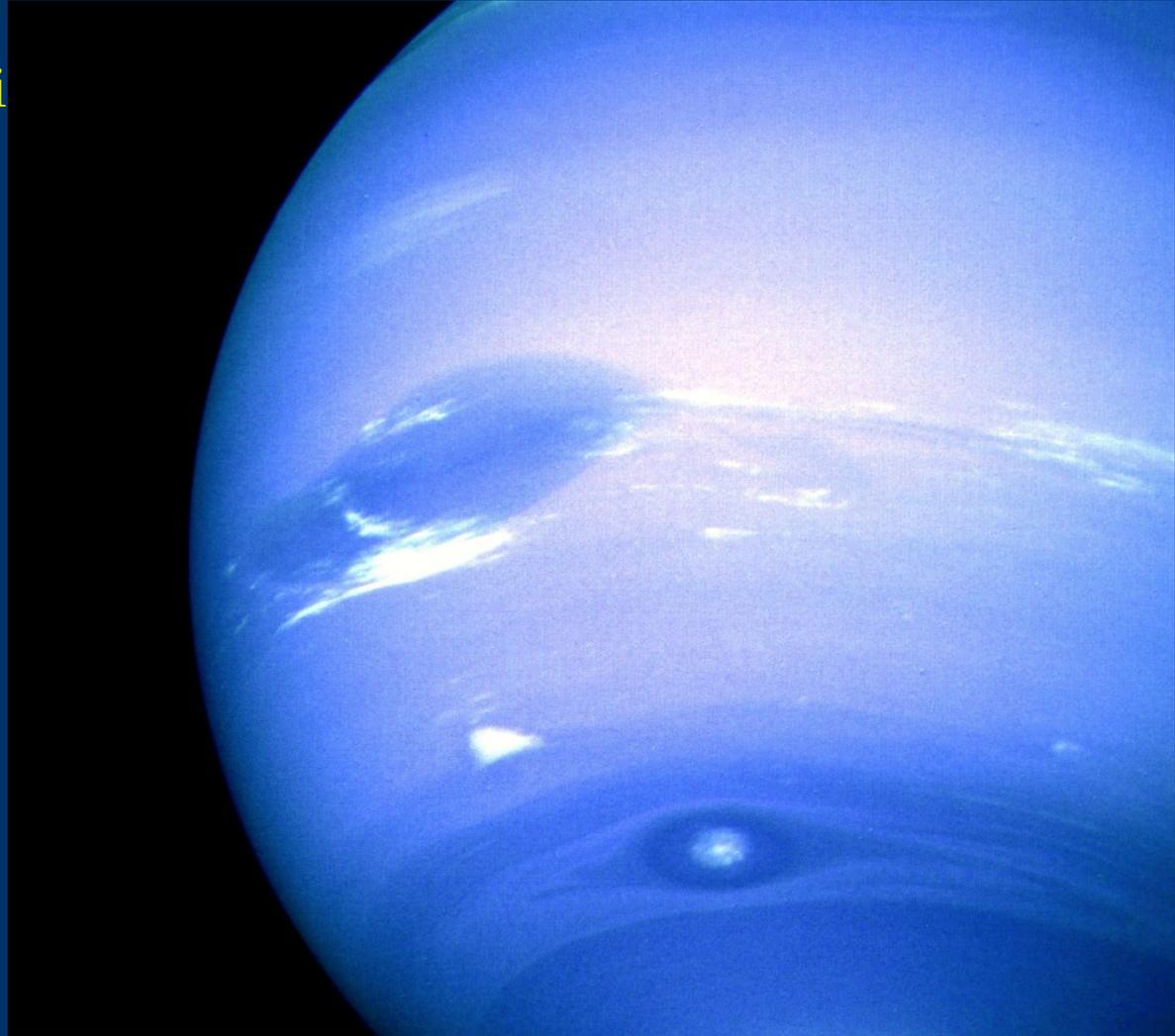
Crediti immagine NASA (image modified by Jcpag2012) and NASA / JPL / Voyager-ISS / Justin Cowart CC BY 2.0

# Composizione e struttura interna



Crediti immagine: Di Antonio Ciccolella - Opera propria, CC BY-SA 3.0,

- **Meteorologia:** Venti fino a 600 m/s in direzione E/W, sistemi di nubi
- **Macchie scure:** cicloni, anticicloni
- **Nubi chiare (alte quote)**



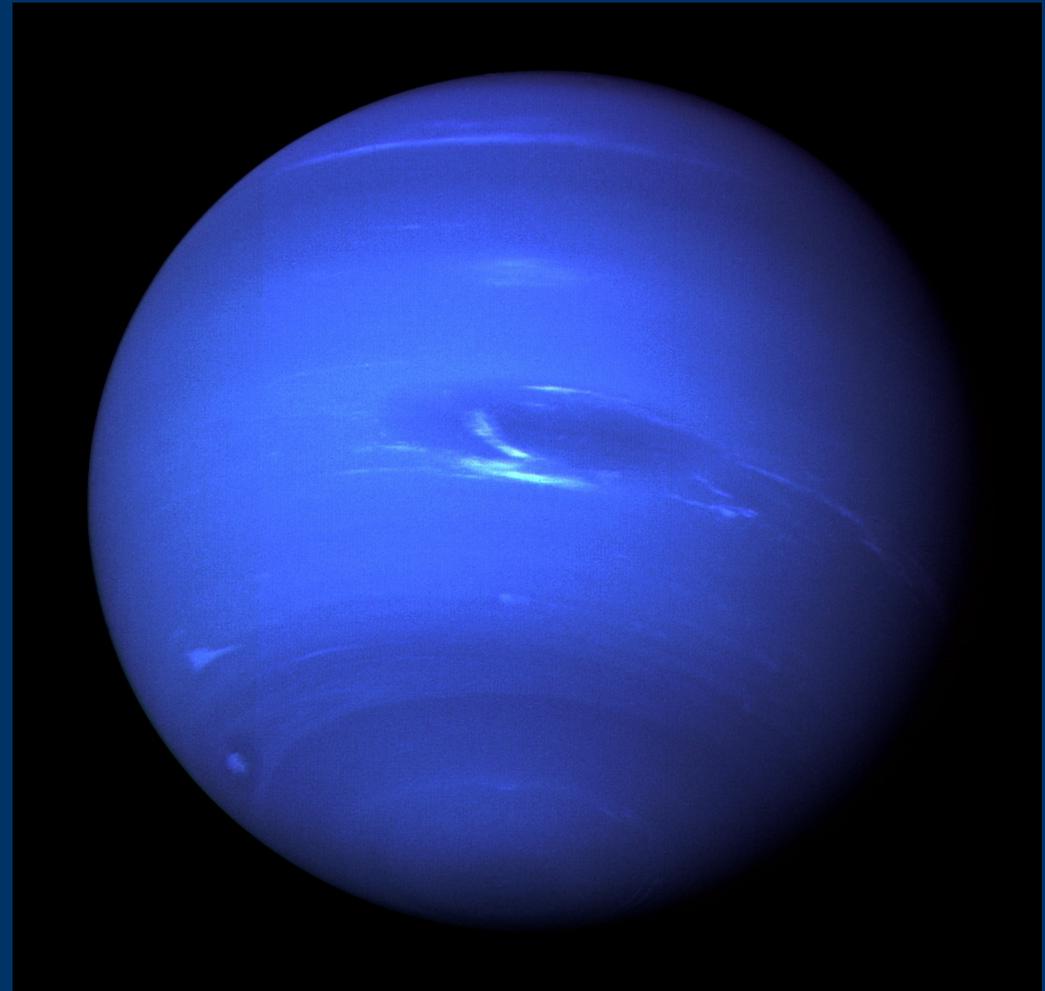
Crediti immagine: NASA/Voyager 2 Team

---

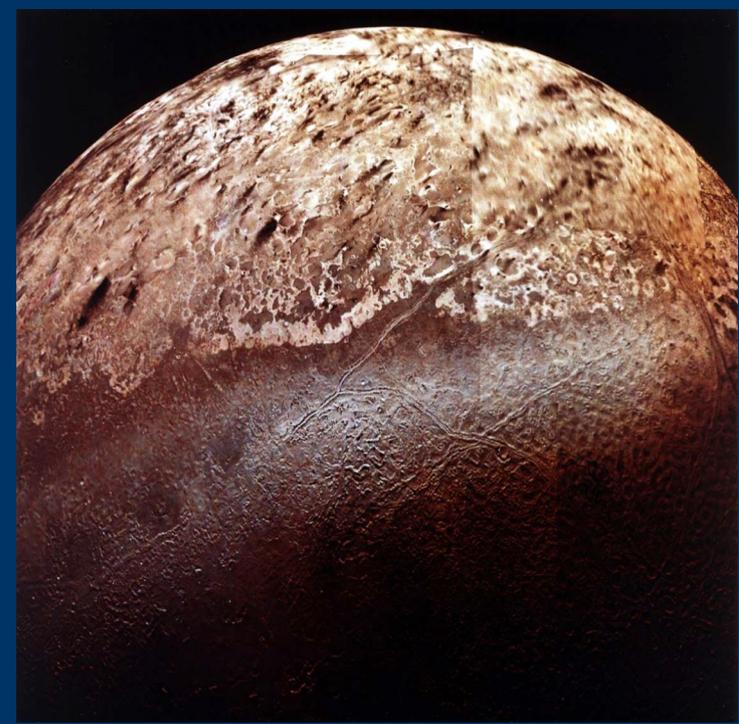
---

# *Satelliti naturali*

- 6 regolari (Naiade, Talassa, Despina, Galatea, Larissa, Proteo)
- 7 irregolari (Tritone, Nereide, Alimede, Sao, Laomedea, Psamate, Neso)
- Il più grande, Tritone, è irregolare e la sua massa è pari alla quasi totalità di quella delle lune di Nettuno, alle altre resta solo lo... 0,3%!



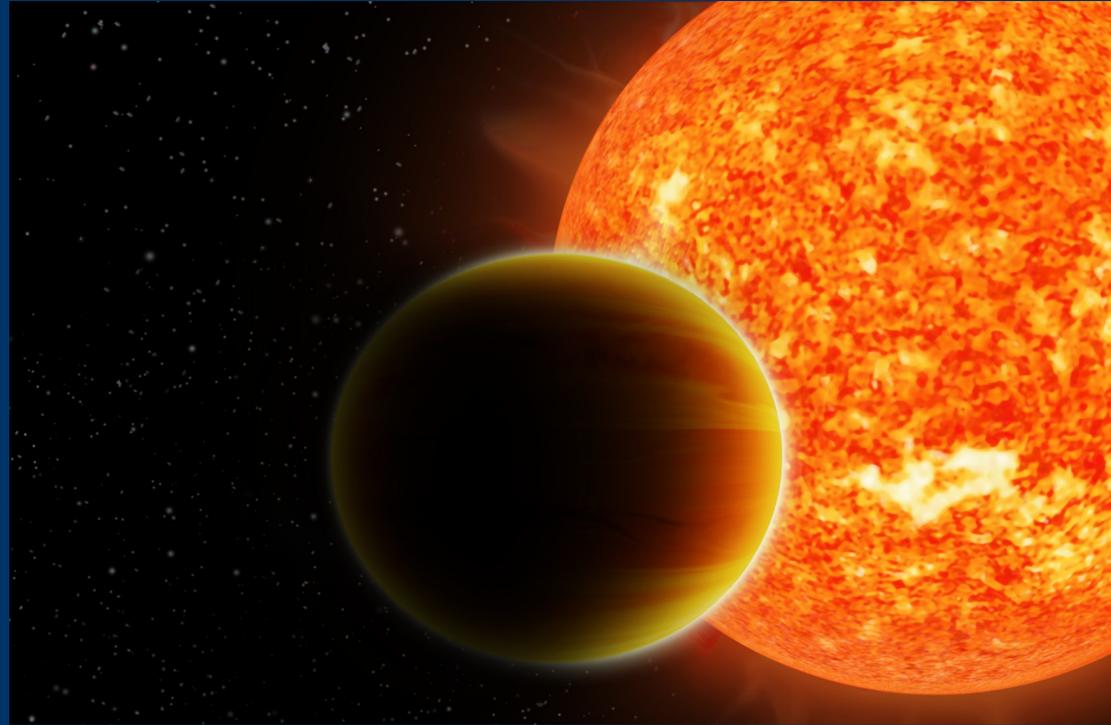
# Tritone (irregolare)



- **Semiassse maggiore** 354.760 km
- **Periodo orbitale** 5,87685 giorni
- **Inclinazione orbitale** 157°
- **Rotazione sincrona**
- **Diametro** 2706,8 km
- Si ritiene sia un satellite catturato da Nettuno, infatti ha raggio, densità (2,061 g/cm<sup>3</sup>), temperatura (-273,6 °C) e composizione chimica simile a quelle di Plutone e moto retrogrado. Il suo arrivo avrebbe perturbato gli altri satelliti, facendoli disgregare e riaggregare.
- Il 55% della superficie di Tritone è composta da azoto ghiacciato, con ghiaccio d'acqua in misura compresa tra il 15 e il 35%, più un 10-20% di ghiaccio secco. Geologicamente attivo: pochi crateri, vulcani di N liquido che formano geysers. Tritone ha un'albedo notevolmente alta, visto che riflette il 60-95%. Il colore rossastro di Tritone si pensa derivi dal ghiaccio di metano che viene convertito in toлина sotto il bombardamento delle radiazioni ultraviolette.

# Pianeti extrasolari: Gioviani caldi

- Più “facili” da scoprire
- Orbite ravvicinate alla stella madre (tra 0,5 e 0,1 Unità Astronomiche) e poco eccentriche
- Formatì oltre la *frost line*, poi migrati all'interno
- Densità minore di Giove
- Atmosfera soggetta ad abrasione dal vento stellare



- Crediti immagine: Haven Giguere, Nikku Madhusudhan

# *Bibliografia consultata*

- Atlante di astronomia – Novara : Libreria geografica, 2018
  - Cecchini, G. – Il cielo. Vol. 1 – Torino : UTET, 1969
  - Frazier, K. - Il sistema solare – Mondadori, 1985
  - Grande enciclopedia Fabbri della natura. Vol. 1- Milano: Gruppo editoriale Fabbri, 1979
  - National Geographic - Giove – Milano : RBA Italia 2018
  - National Geographic – Le prime sonde – Milano : RBA Italia, 2019
  - National Geographic - Il sistema solare – Milano : RBA Italia 2018
  - Duncan, J. – Stelle e pianeti – Gribaudo-Parragon, 2008
  - Philippe de La Cotardière – Dizionario di astronomia – Roma : Gremese, 2006
  - Masip, J.G. - Il sistema solare – Milano : RBA Italia, 2015
- 
-

# Sitografia e articoli

- [https://it.wikipedia.org/wiki/Voci\\_riguardanti\\_Giove, Saturno, Urano, Nettuno \(astronomia\), Giganti gassosi, Giganti ghiacciati, Juno \(sonda spaziale\), Pianeta gioviano caldo](https://it.wikipedia.org/wiki/Voci_riguardanti_Giove,_Saturno,_Urano,_Nettuno_(astronomia),_Giganti_gassosi,_Giganti_ghiacciati,_Juno_(sonda_spaziale),_Pianeta_gioviano_caldo)
- <https://www.media.inaf.it/>
- <https://www.uai.it/divulgazione/conoscere/pillole-storia/personaggi/galileo-galilei-intuizioni-e-scoperte/>
- <https://www.media.inaf.it/2014/09/12/quei-caotici-gioviani-caldi/>
- Keiji Ohtsuki (et al.), Size of the smallest particles in Saturn's rings, *Icarus*, 344 (2020), 113346



*Grazie per l'attenzione!*

