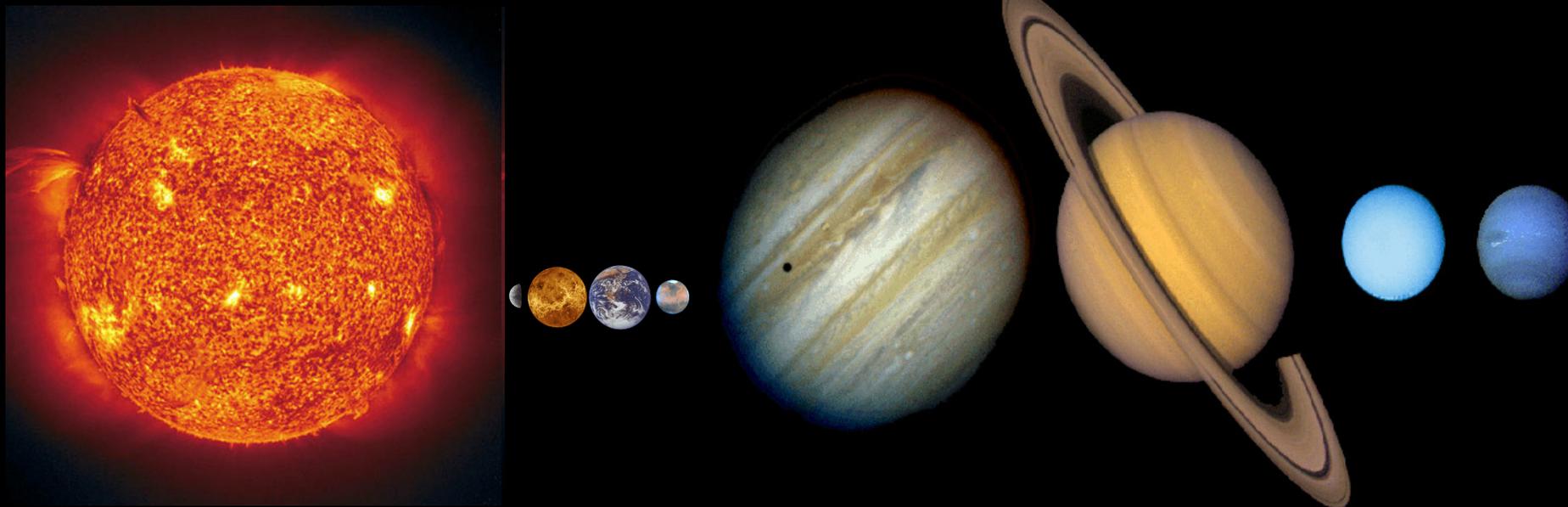


Corso di Astronomia Lezione 3



Il Sistema Solare



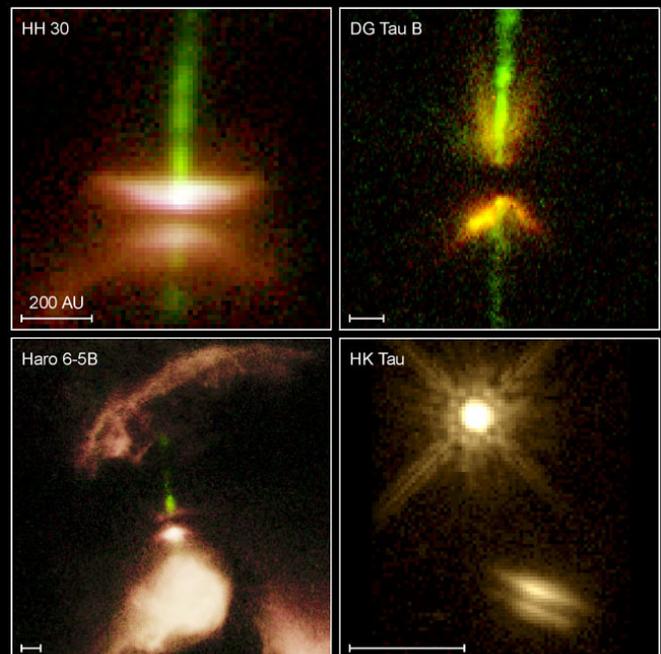
Teoria sulla Formazione del Sistema Solare

La teoria piu' accreditata nei secoli scorsi era quella della "nebulosa primordiale", cioe' di un'immensa nube di gas e polvere in rotazione dalla quale si sarebbero formati il sole e i pianeti, mantenendo lo stesso moto di rotazione della nube.

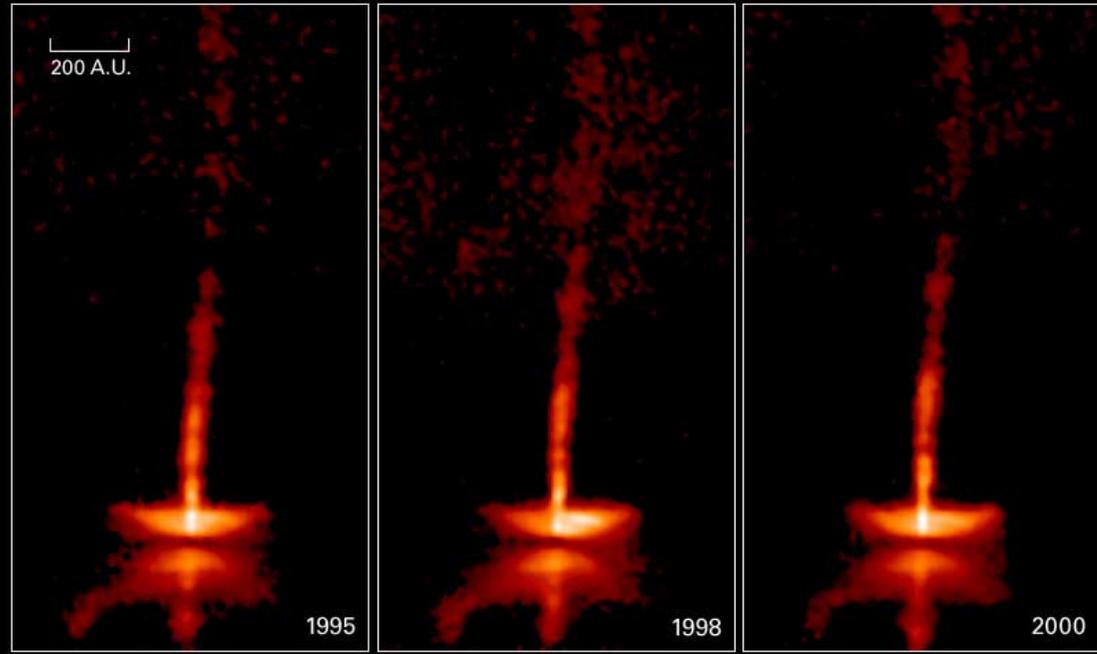
La composizione chimica e isotopica del sistema solare oltre che l'improbabilità dell'evento confermerebbe questa teoria:

- a) una nube fredda molto estesa di gas interstellare, composta di idrogeno, elio, e una piccola parte di elementi pesanti aggregati in forma di polveri, si contrae per effetto della propria forza gravitazionale.
- b) Molto probabilmente tale contrazione è stata agevolata dall'esplosione di una supernova le cui onde di compressione hanno favorito la contrazione della nube
- c) La presenza di alcuni isotopi che si formano durante l'esplosione di una supernova fa propendere per questa seconda ipotesi

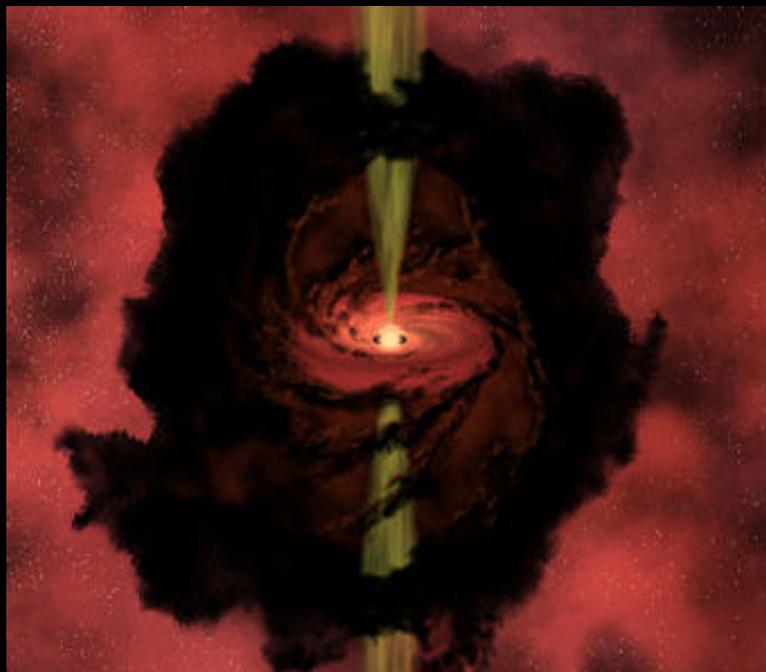




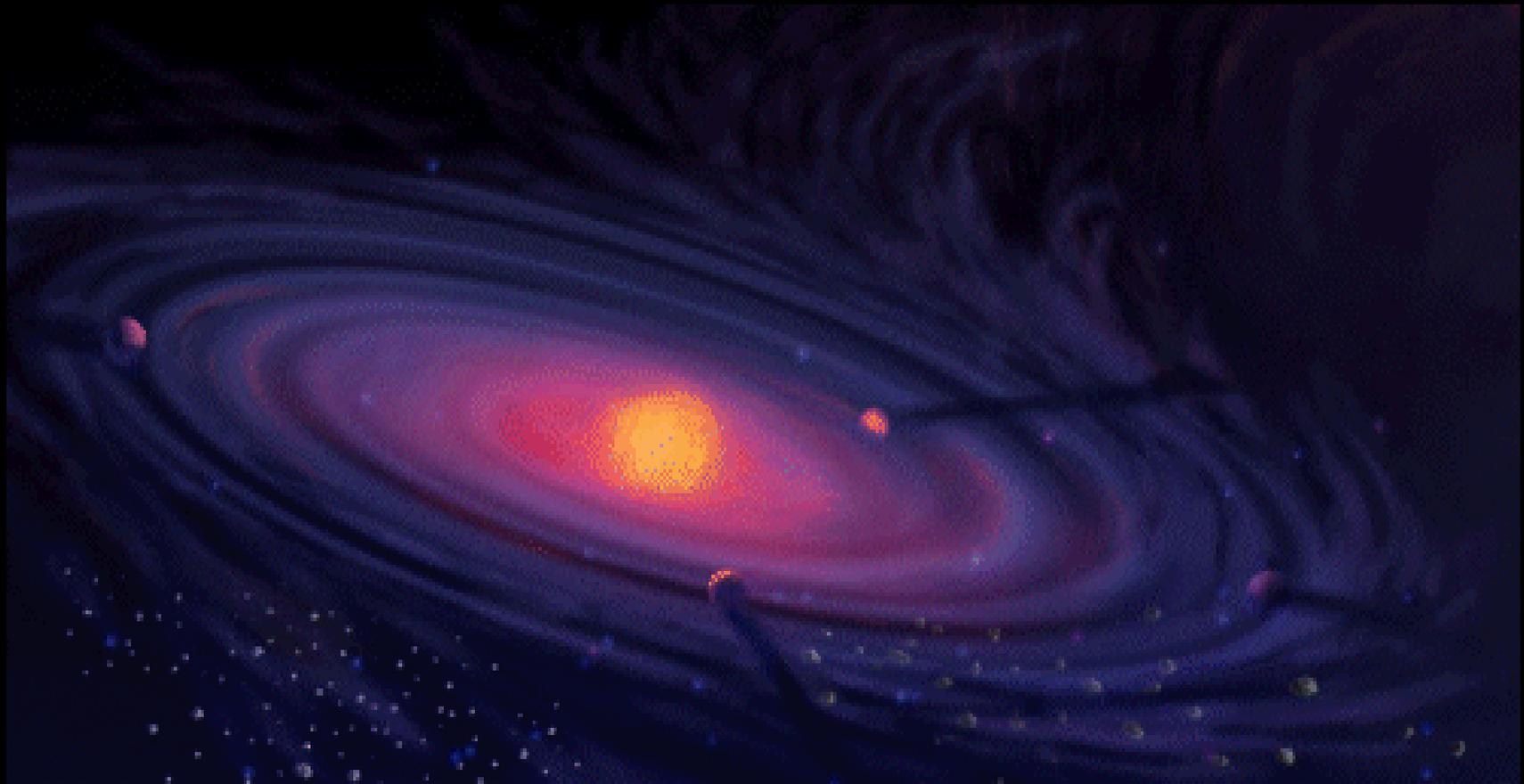
Disks around Young Stars
PRC99-05b • STScI OPO
C. Burrows and J. Krist (STScI), K. Stapelfeldt (JPL) and NASA



The Dynamic HH 30 Disk and Jet
HST • WFC2
NASA and A. Watson (Instituto de Astronomía, UNAM, Mexico) • STScI-PRC00-32b



Durante questa contrazione, che dura diversi milioni di anni, la nube comincia a ruotare sempre più velocemente e assume, a causa della forza centrifuga, la forma appiattita di un disco;
Nel centro della nube si accumula una grande quantità di gas e la contrazione gravitazionale lo riscalda da una temperatura di circa -270°C fino a circa 2000°C : si è formata una protostella;
Il gas che ruota attorno alla protostella forma un disco di accrescimento e vi cade sopra lentamente, fino a quando, dopo poche migliaia di anni, si innesca il vento stellare



Dall'unione dei planetesimi si originano i protopianeti; la massima dimensione che essi possono raggiungere dipende dalla loro distanza dalla stella e dalla composizione e densità della nube primordiale: nelle regioni più interne essa sarà molto minore che in quelle esterne, perché la protostella tende a disgregare e vaporizzare le polveri.

La formazione dei protopianeti può richiedere da circa centomila anni ad una ventina di milioni di anni

Mercurio

L'orbita di Mercurio risulta essere ellittica solo in prima approssimazione; Mercurio si muove su un'orbita di eccentricità 0,2056, a una distanza dal Sole compresa fra 46.000.000 e 69.000.000 km, con un valore medio di 58.000.000 km.

Il periodo siderale di Mercurio è di 88 giorni, mentre il periodo sinodico è di 115,9 giorni. Il piano orbitale è inclinato sull'eclittica di 7°.

L'orbita di Mercurio è soggetta a variazioni, dovute alle perturbazioni da parte degli altri pianeti; La velocità media siderale del pianeta è pari a 48 km/s; si tratta della più alta fra i pianeti del sistema solare

Il moto di rotazione mercuriano, al contrario, è molto lento: esso impiega 58,6 giorni per compiere un giro su se stesso, e completa quindi tre rotazioni ogni due rivoluzioni (un chiaro esempio di Risonanza orbitale), questo fa sì che la durata del giorno solare (176 giorni) sia il doppio della durata dell'anno (88 giorni); Mercurio è il solo pianeta del sistema solare sul quale la durata del giorno è maggiore del periodo di rivoluzione.



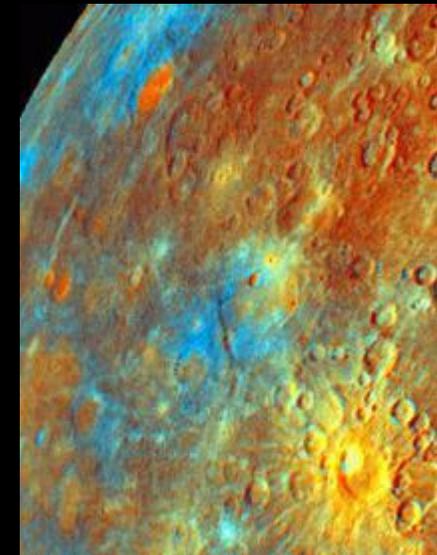
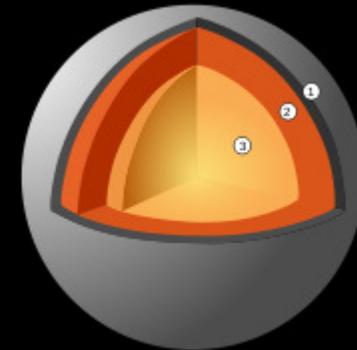
La densità di Mercurio, pari a $5,43 \text{ kg/dm}^3$, si discosta molto da quella lunare e, al contrario, è molto vicina a quella terrestre. Questo lascia supporre che, nonostante le somiglianze con la Luna, la struttura interna del pianeta sia più vicina a quella della Terra, con un nucleo particolarmente massiccio (fino all'80% del raggio mercuriano) formato da elementi pesanti.

Mercurio inoltre possiede un debole campo magnetico, di intensità simile ad un $1/6$ di quello terrestre. Questo da' la conferma che Mercurio dispone di un nucleo metallico fluido elettricamente conduttore.

La superficie di Mercurio presenta infine dei corrugamenti e delle faglie che attraversano il bordo dei crateri: queste ultime sono state probabilmente provocate dalla contrazione della crosta.

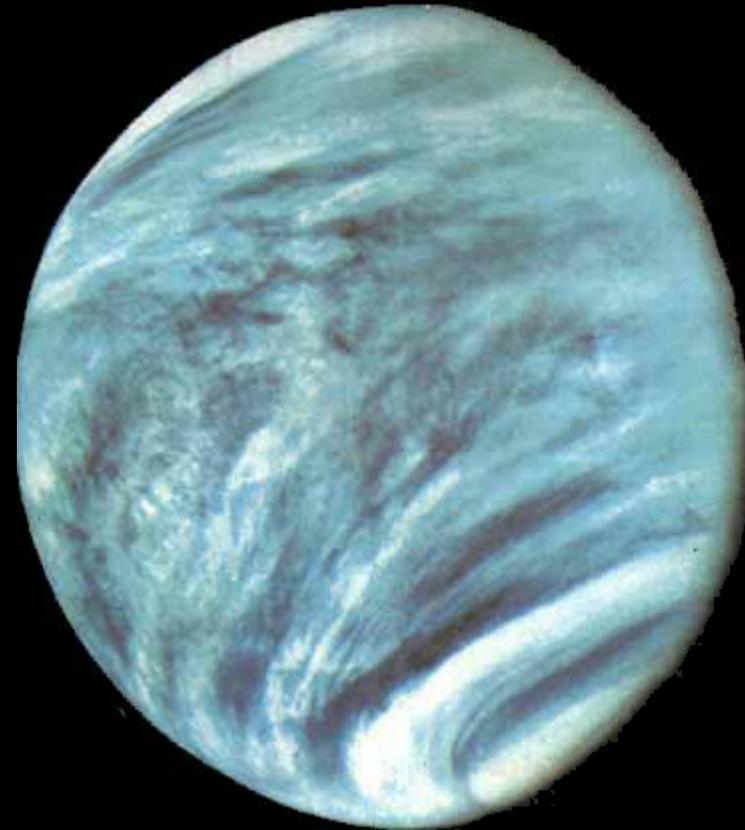
La ridotta distanza di Mercurio dal Sole e l'assenza di atmosfera lo rendono un pianeta con una grande escursione termica, con temperature superiori a $350 \text{ }^\circ\text{C}$ nella zona esposta al sole, mentre nella parte in ombra arrivano a $-170 \text{ }^\circ\text{C}$. Inoltre l'insolazione media della superficie mercuriana è pari a circa 6 volte e mezzo quella della Terra; la costante solare ha un valore di $9,13 \text{ kW/m}^2$.

Sulla superficie di Mercurio l'accelerazione di gravità è mediamente pari a 0,377 volte quella terrestre. A titolo di esempio si potrebbe affermare che un uomo dalla massa di 70 kg che misurasse il proprio peso su Mercurio facendo uso di una bilancia tarata sull'accelerazione di gravità terrestre registrerebbe un valore pari a circa 25,9 kg.

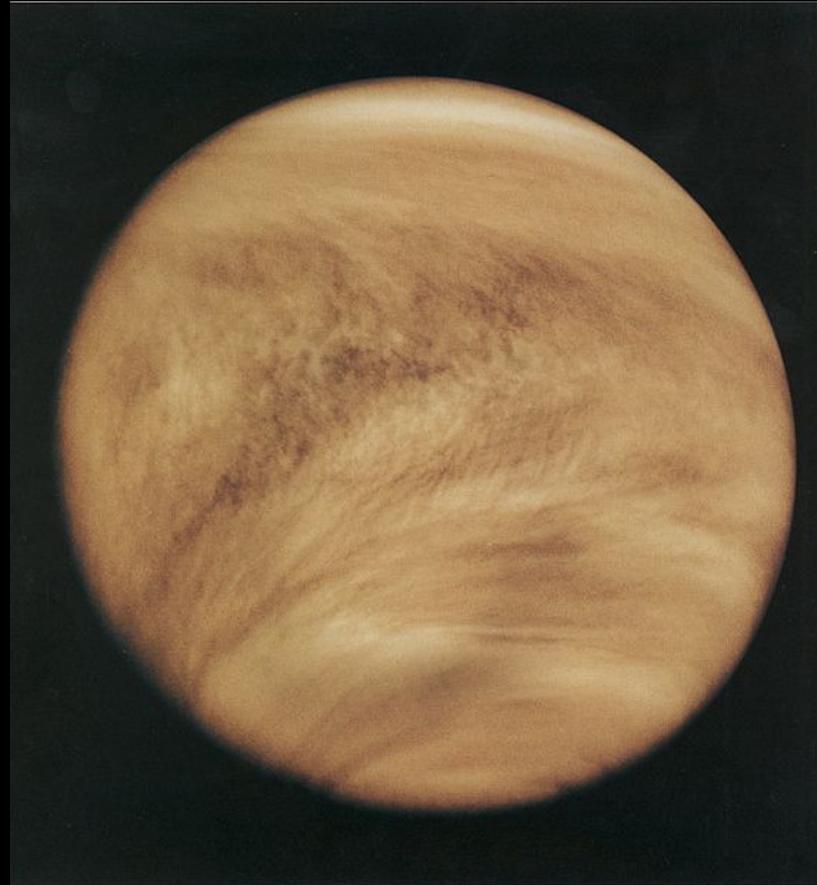


Venere

Avvolto da una densa coltre di nubi con alto potere riflettente, che rendono il pianeta particolarmente luminoso, Venere è stato a lungo ritenuto simile alla Terra perchè molte delle sue caratteristiche fisiche (diametro, massa, densità, gravità) sono all'incirca uguali a quelle del nostro pianeta. Si credeva addirittura che su Venere potesse essere diffusa la vita. Tali supposizioni sono poi crollate in seguito alle ricerche effettuate sia dalla Terra (mediante indagini radar e spettroscopiche) che dallo spazio, con le sonde sovietiche Venera, statunitensi Mariner e dalla missione Pioneer-Venus. Sono quindi venute alla luce le sostanziali differenze fra i due pianeti.



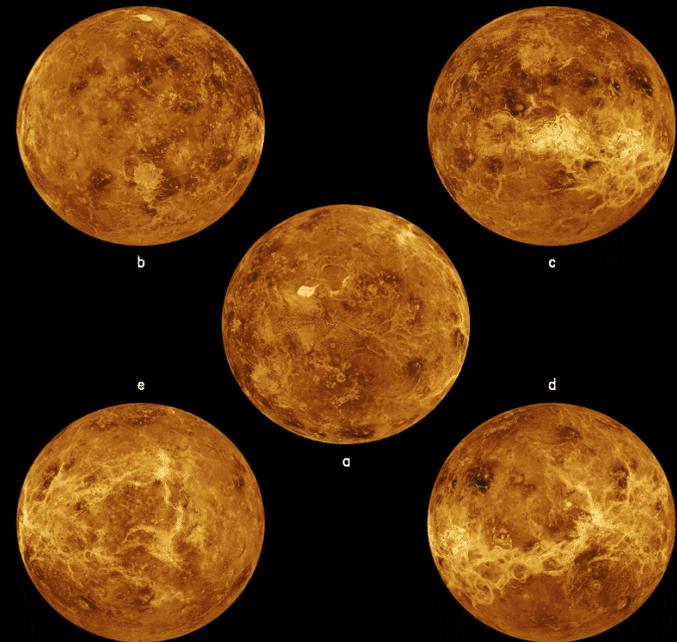
L'atmosfera di Venere è composta per il 97% di anidride carbonica e per il restante 3% di azoto, argon e da tracce di altri gas; alla sommità delle nubi, cioè a 60 km dalla superficie, la pressione è 1/10 di quella terrestre e la temperatura è di -30 °C. Segue che alla superficie la pressione è di 92-92 atmosfere e la temperatura di circa 500 °C. Il valore così alto della temperatura può essere spiegato come risultato della vicinanza al Sole e dell'effetto serra determinato dall'alta percentuale di anidride carbonica nell'atmosfera, che non lascia sfuggire la radiazione infrarossa emessa dalla superficie del pianeta.

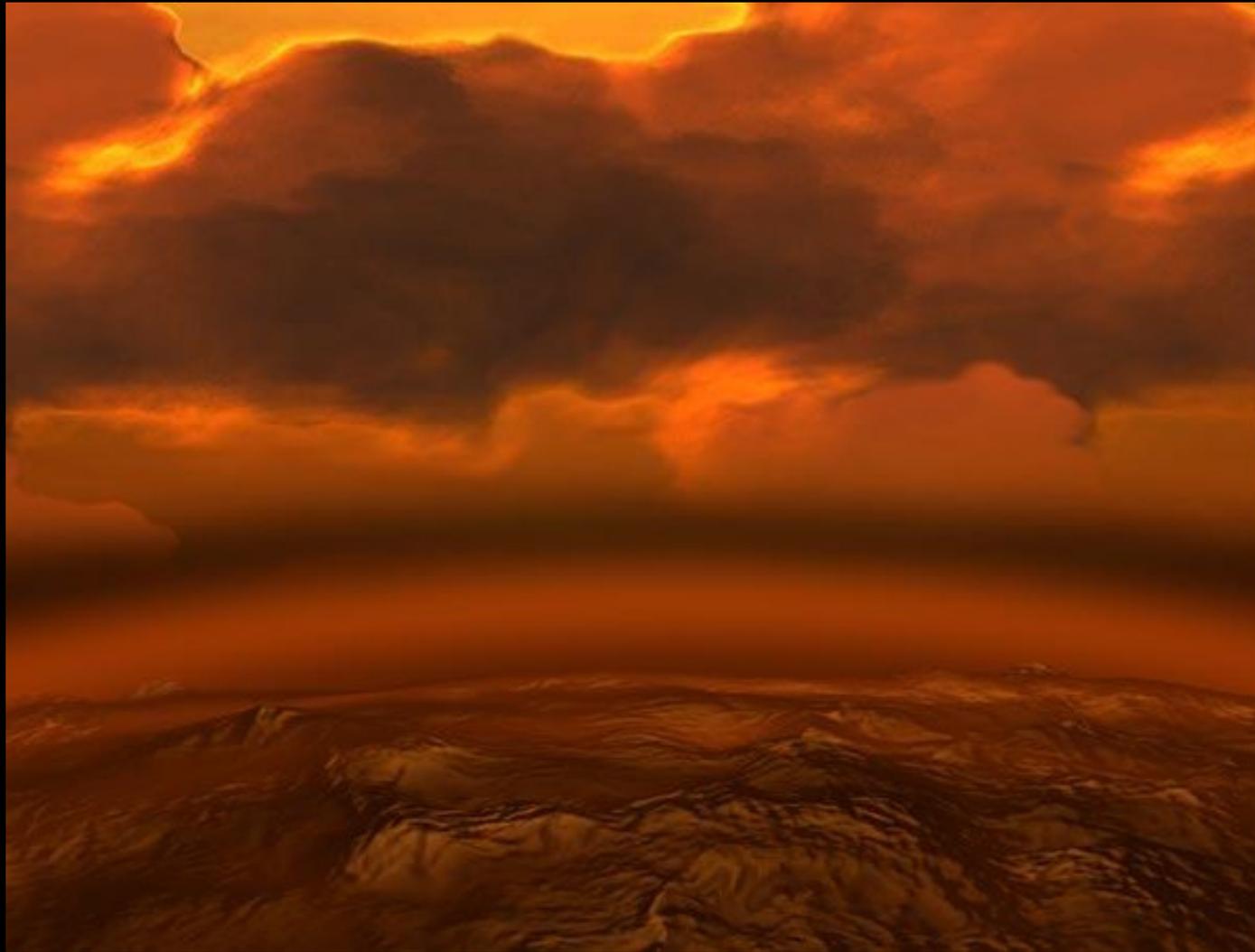


La rotazione di Venere avviene il senso retrogrado (su Venere vedremmo il sole sorgere ad ovest e tramonta ad est) e presenta una periodicità diversa a seconda che ci si riferisca alla sommità delle nubi o al livello della superficie. Osservando le nubi alla lunghezza d'onda dell'ultravioletto, si vede che il periodo di rotazione di alcune strutture atmosferiche è di circa 4 giorni, mentre il pianeta sottostante ha un periodo di rotazione che è stato calcolato studiando le emissioni di microonde riflesse dalla superficie e si attesta su 243 giorni. Tale differenza nella velocità di rotazione ha portato ad ipotizzare che la superficie del pianeta sia spazzata da venti che raggiungono la velocità media di 300-400 km/h.

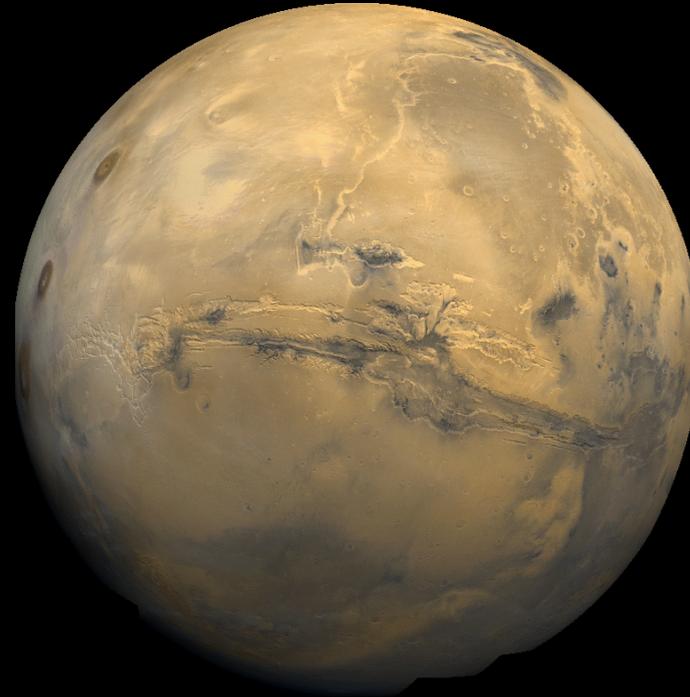
Informazioni sulla superficie, nascosta dallo spesso strato di nubi, sono state ottenute con rilevamenti radar fatti da terra e dallo spazio. Il suolo di Venere si presenta per lo più pianeggiante ma non mancano vaste depressioni, come la Venus Rift Valley che è profonda 3-4 km e lunga 1400 km, e rilievi che superano i 1000 m di altezza. Venere non ha satelliti e nemmeno campo magnetico

La superficie di Venere ha mostrato strutture geologiche molto complesse. Per circa il 60% tale superficie è debolmente ondulata, mentre ampi bacini depressi ne occupano un altro 16%. Il resto della superficie (un quarto del totale) si trova a una quota di un migliaio di metri più elevata rispetto alla pianura presa come riferimento: su tali vasti altopiani si alzano catene di rilievi anche imponenti, come i *Monti Maxwell*, le cui vette toccano gli 11 000 metri. Le immagini di questi rilievi inviate dal *Pioneer Venus* avevano suggerito che potesse trattarsi di un gigantesco vulcano, ormai non più attivo, ma le immagini inviate di recente dalla sonda *Magellan* hanno mostrato che l'ampia cavità quasi alla sommità dei Monti Maxwell non è una [caldera vulcanica](#), ma un [cratere da impatto](#) meteoritico largo 95 km e profondo 2 chilometri.





Marte

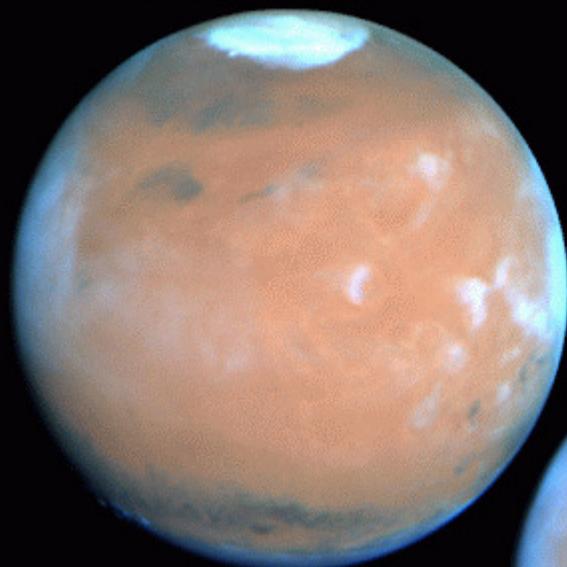


Il pianeta, pur presentando un'atmosfera molto rarefatta e temperature medie superficiali piuttosto basse (tra $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $20\text{ }^{\circ}\text{C}$), è, tra i pianeti del sistema solare, quello più simile alla Terra: infatti, nonostante le sue dimensioni siano intermedie fra quelle del nostro pianeta e della Luna (il diametro è circa la metà di quello della Terra e la massa poco più di un decimo), presenta inclinazione dell'asse di rotazione e durata del giorno simili a quelle terrestri; inoltre la sua superficie presenta formazioni vulcaniche, calotte polari e deserti sabbiosi, oltre a formazioni geologiche che suggeriscono la presenza, in un lontano passato, di un'idrosfera. Tuttavia la superficie del pianeta appare fortemente craterizzata, a causa della quasi totale assenza di agenti erosivi (attività geologica, atmosferica e idrosferica *in primis*) in grado di modellare le strutture tettoniche; inoltre, la bassissima densità dell'atmosfera non è in grado di consumare buona parte dei meteoriti, che quindi raggiungono il suolo con maggior frequenza che non sulla Terra.

Noto come il pianeta rosso per la sua colorazione visibile anche ad occhio nudo, Marte, se osservato al telescopio, rivela due bianche calotte polari, macchie di color rosso cupo e una serie di sottili strutture scure, i canali individuati da Schiaparelli nel 1877, che per la loro disposizione regolare, fecero pensare all'esistenza di civiltà extraterrestri. In seguito è stato accertato che i canali non sono altro che illusioni ottiche dovute a turbolenze atmosferiche.

Le calotte sono costituite da uno strato di ghiaccio d'acqua ricoperto da un altro di ghiaccio secco (anidride carbonica solida), il quale fonde durante l'estate marziana perché la temperatura ambientale (-68 °C) è superiore a quella di liquefazione dell'anidride carbonica (-125 °C), secondo la pressione atmosferica di Marte. L'atmosfera marziana è composta prevalentemente di anidride carbonica con tracce di azoto e di vapore acqueo; è molto rarefatta, dato che è circa 100 volte meno densa di quella terrestre, e quindi risulta piuttosto agevole studiare la superficie del pianeta. La superficie di Marte è stata fotografata a partire dagli anni '60 dalle sonde della serie Mariner e Viking e presenta caratteristiche fortemente diverse da una zona all'altra del pianeta. Nell'emisfero settentrionale predominano infatti regioni pianeggianti e desertiche coperte da rocce rossastre e da detriti ricchi di ferro e di idrossidi di ferro. L'emisfero meridionale, invece, appare molto accidentato e ricoperto da numerosi crateri, segno di antichi bombardamenti meteorici;





**Tharsis Region
160° Longitude**

**Valles Marineris
Region
60° Longitude**

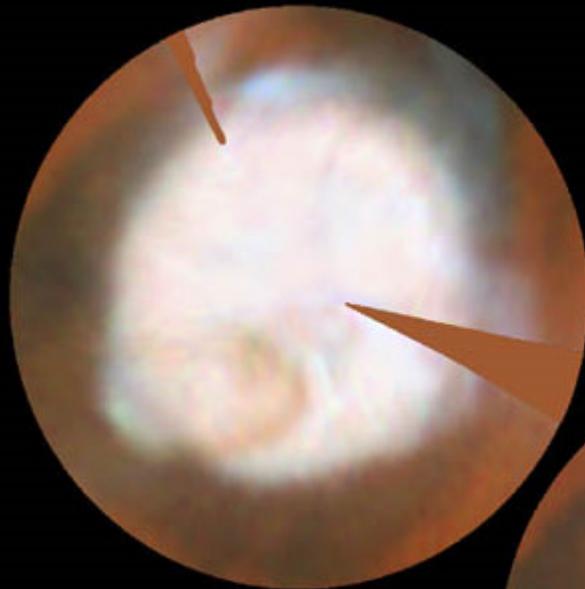


**Syrtis Major
Region
270° Longitude**

Mars · February 1995

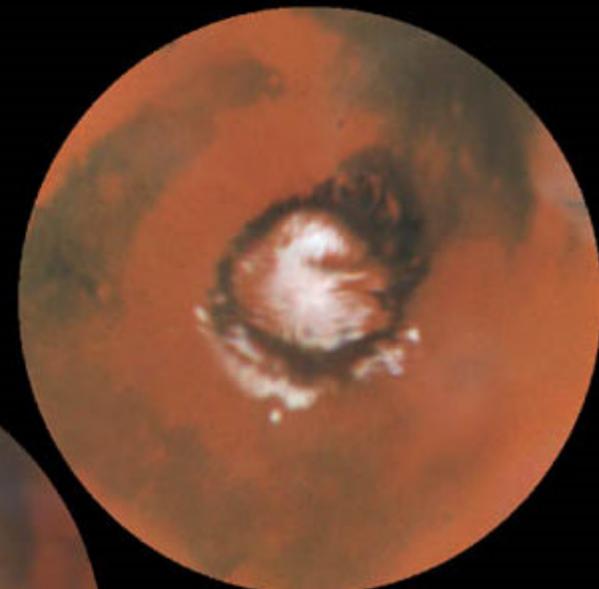
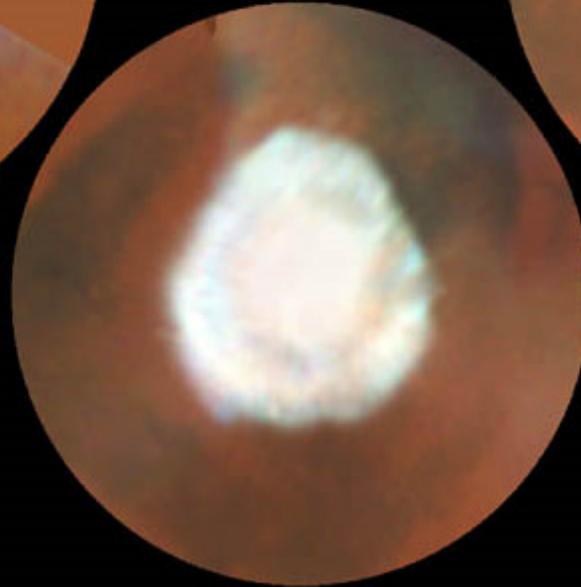
PR95-17 · ST Scl OPO · March 21, 1995 · P. James (U.Toledo), NASA

HST · WFPC2



October 1996

January 1997



March 1997

**Mars
North Polar Cap**

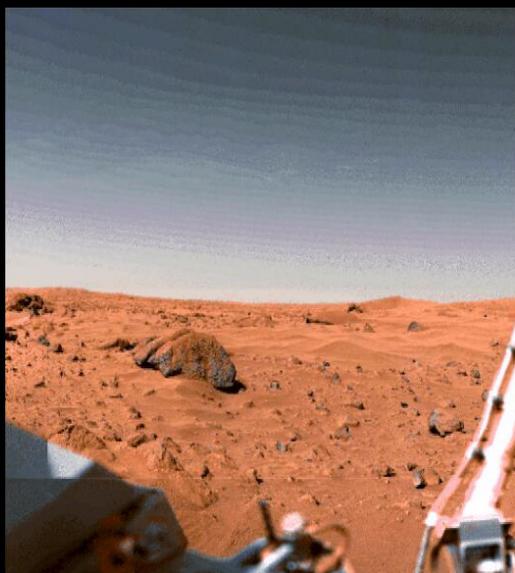
HST • WFPC2

PRC97-15b • ST ScI OPO • May 20, 1997

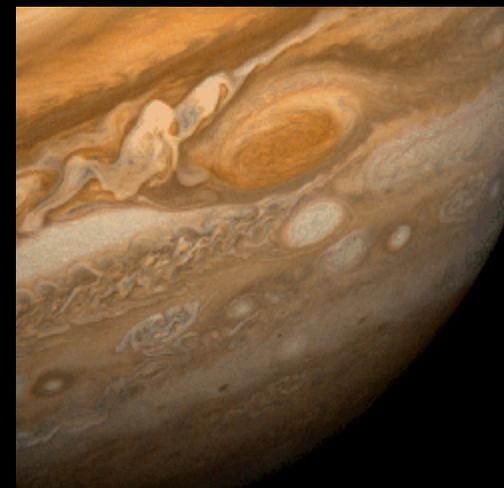
P. James (Univ. Toledo), T. Clancy (Space Science Inst.), S. Lee (Univ. Colorado) and NASA



Nell'emisfero meridionale, si trova Hellas, uno dei più grandi bacini da impatto del sistema solare, che ha un diametro di 1800 km e una profondità di 3 km. Caratteristiche sono anche le due vaste regioni Tharis ed Elysium, situate al di sopra dell'equatore di Marte: presentano una concentrazione di vulcani di notevoli dimensioni, quale il Monte Olimpo, alto 26 km. La zona meridionale della Tharis è, inoltre, solcata dalla Valles Marineris, un'enorme frattura che si estende per più di 5000 km, pari ad 1/6 della circonferenza di Marte , ed è larga in alcuni tratti anche 100 km. Marte ha due satelliti, Phobos e Deimos, scoperti nel 1877 da A. Hall. Entrambi sono molto piccoli e di forma irregolare - il diametro medio di Phobos è di 25 km, quello di Deimos è di 13 km - ed hanno la superficie quasi completamente ricoperta di crateri di varie dimensioni.



Giove





E' il più grande dei pianeti del sistema solare. Rispetto al Sole ha un diametro 10 volte più piccolo, massa circa 1000 volte inferiore e quindi ha densità media uguale. Per un osservatore terrestre Giove, all'epoca dell'opposizione, è il pianeta più brillante dopo Venere.

Il telescopio rivela un sensibile appiattimento e una serie di fasce chiare e scure alternate, parallele all'equatore. Tale aspetto è anche conseguenza del breve periodo di rotazione del pianeta; ruota in 9h 50m e questo comporta una velocità lineare all'equatore di 12,6 km/sec. Poiché la rotazione è più rapida all'equatore che ai poli, si deduce che Giove non è un corpo solido.

L'alta atmosfera, che è quanto di Giove si può direttamente osservare, mostra un'avvicinarsi di forme molto mutevoli che cambiano aspetto e posizione e scompaiono nel giro di poche ore o di pochi giorni. Fa eccezione la grande Macchia Rossa un'enorme formazione che fu scoperta 3 secoli fa (1664) da R. Hooke nell'emisfero sud del pianeta.

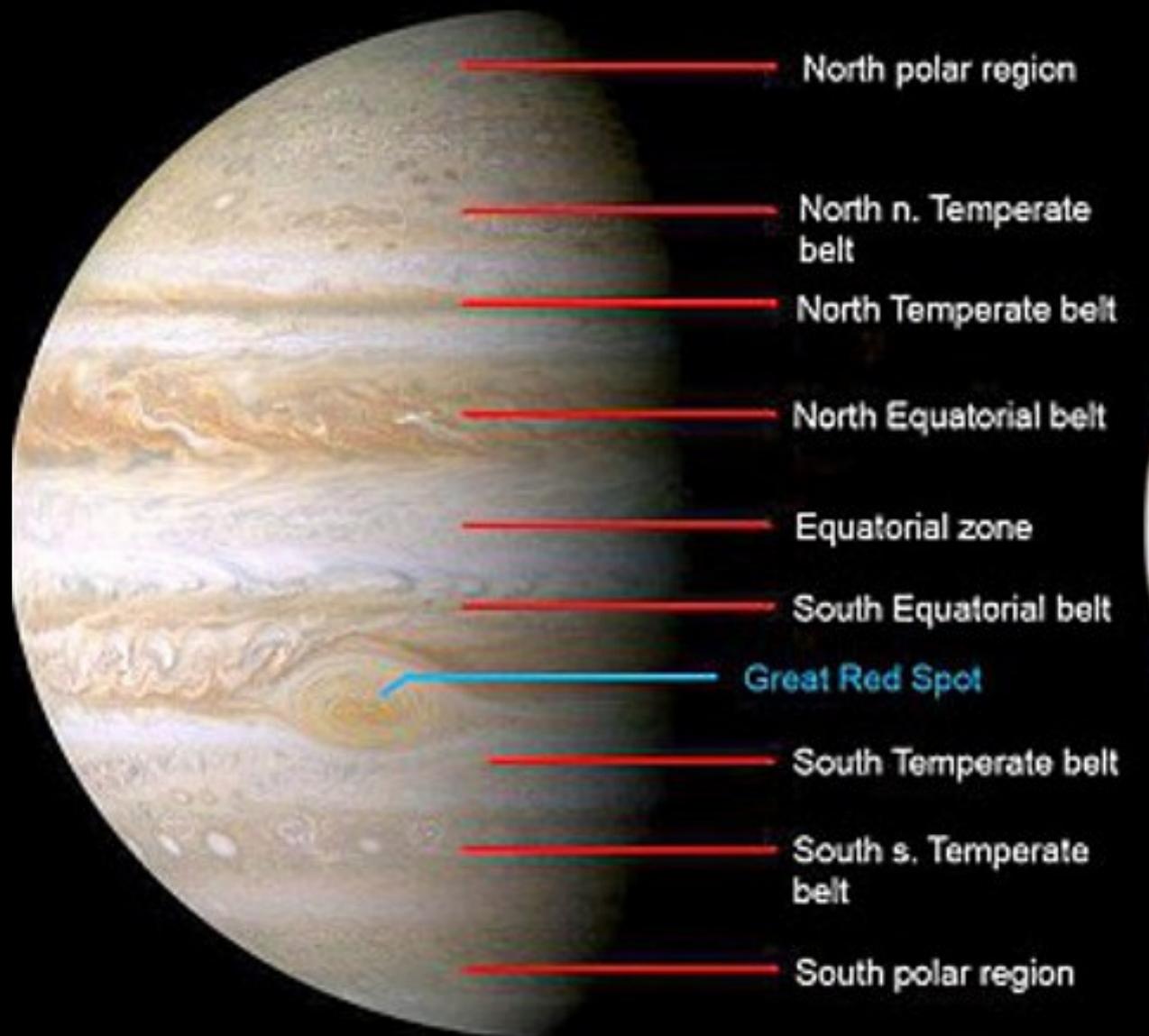
I costituenti principali dell'atmosfera sono idrogeno ed elio, con percentuali simili a quelle osservate sul Sole, e sono presenti anche metano ed ammoniaca in quantità inferiori. La temperatura dello strato esterno delle nubi è di -150 °C circa e aumenta andando verso l'interno fino a circa 30 °C.

La spessa atmosfera che avvolge il pianeta impedisce di effettuare osservazioni in profondità, ma, sulla base dei dati raccolti dalle sonde spaziali Voyager e Pioneer, è stato possibile ipotizzare un modello interno di Giove. Il modello prevede un nucleo roccioso di silicati di ferro, contenuto in un involucro di idrogeno metallico liquido, che potrebbe essere causa dell'intenso campo magnetico del pianeta.



Altra caratteristica di Giove è quella di essere soggetto ad una piccola contrazione, circa un millimetro all'anno, sufficiente però a determinare un'emissione di energia da parte del pianeta che è superiore a quella ricevuta dal Sole.

Giove possiede un anello e attualmente sono conosciuti 15 satelliti. L'anello fu rivelato nel 1979 dalle sonde Voyager; spesso solo 4 km, è situato a circa 60.000 km dalla sommità delle nubi dell'atmosfera di Giove. Dei 15 satelliti i maggiori sono Amaltea, Io, Europa, Ganimede e Callisto, in ordine di distanza crescente dal pianeta. Amaltea è un piccolo masso roccioso di forma oblunga (250 km per 140 km); gli altri 4, noti anche come satelliti medicei, furono scoperti da Galileo nel 1610. Rivolgono al pianeta sempre la stessa faccia, come Amaltea, e sono diversi l'uno dall'altro per aspetto e per le caratteristiche intrinseche. Io, ad esempio, è ricco di vulcani attivi e privo di crateri, mentre Europa è quasi completamente ricoperto di ghiaccio.



North polar region

North n. Temperate belt

North Temperate belt

North Equatorial belt

Equatorial zone

South Equatorial belt

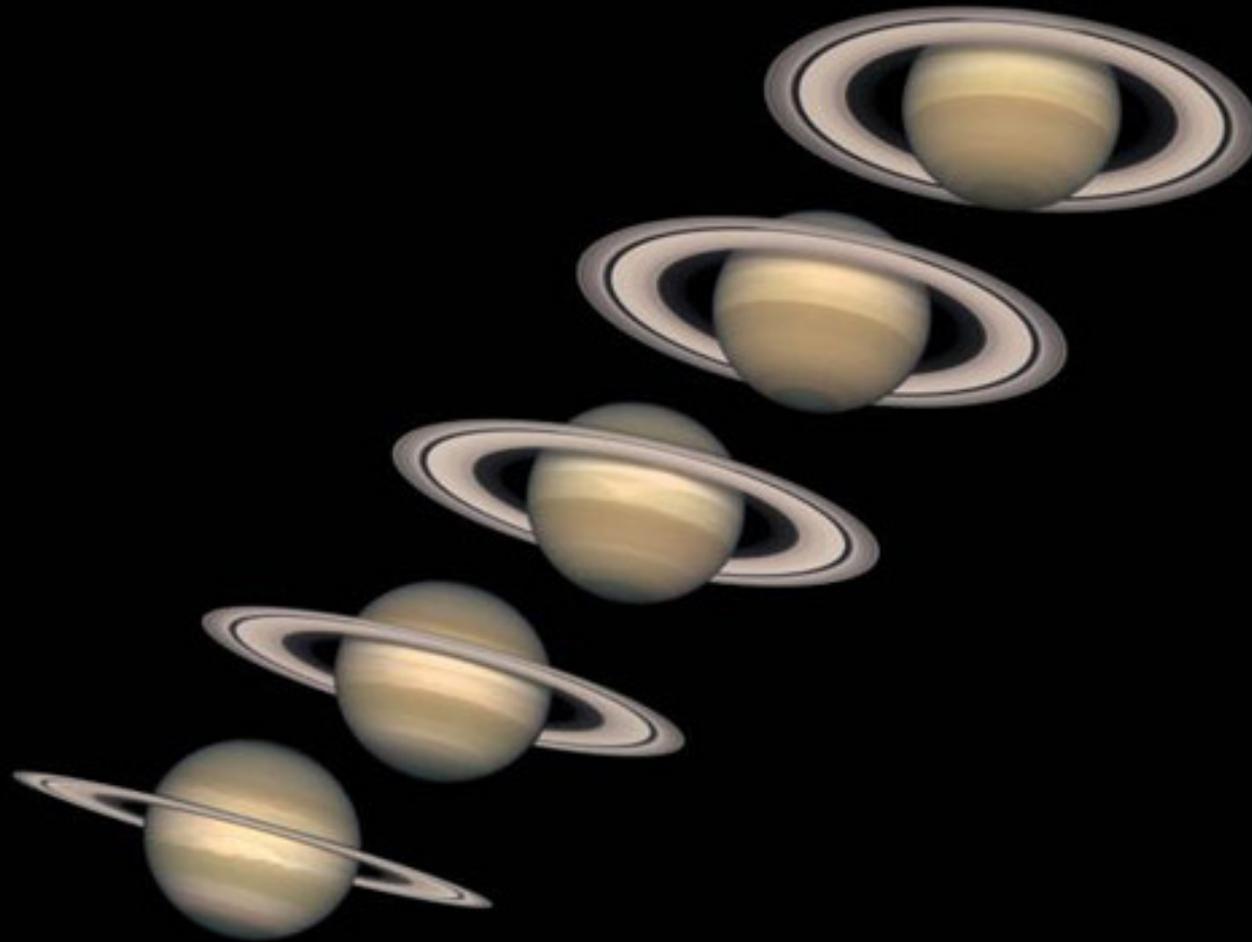
Great Red Spot

South Temperate belt

South s. Temperate belt

South polar region

Saturno





Secondo pianeta del sistema solare per massa e dimensioni, è uno degli oggetti celesti più interessanti per il luminoso anello che lo circonda e che, talvolta, gli conferisce l'aspetto di una galassia a spirale.

Osservato al telescopio, mostra, come Giove, un sistema di fasce che sono però meno marcate e turbolente.

Saturno presenta una rotazione differenziale, con un periodo medio di circa 10 ore, indice del fatto che la sua superficie non è solida; anzi Saturno si distingue per la sua bassa densità, inferiore a quella dell'acqua. L'atmosfera è costituita prevalentemente di idrogeno ed elio e, in minima parte, di metano ed ammoniacca. La temperatura media superficiale (nubi) si aggira sui -170 °C. Come per Giove, molte informazioni sulle caratteristiche fisiche di Saturno sono state ottenute dai dati raccolti dalle sonde Voyager e Pioneer che, fra l'altro, hanno permesso di ipotizzare, per quanto riguarda l'interno, un nucleo roccioso contenuto in un involucro di idrogeno liquido allo stato metallico che sarebbe l'origine del campo magnetico del pianeta.

E' stato inoltre accertato che pure Saturno genera energia interna per contrazione.



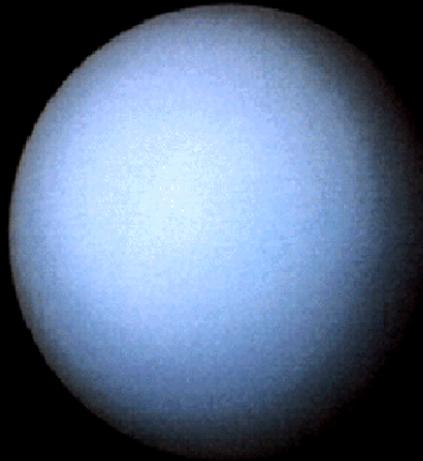


Gli anelli di Saturno, osservati per la prima volta da Galileo, non sono altro che, come è stato documentato dalle immagini del Voyager, un sistema di corpuscoli di ghiaccio e di roccia ghiacciata, aventi dimensioni e massa variabili, in orbita intorno a Saturno come una miriade di minuscoli satelliti. Il sistema degli anelli si estende, quasi senza soluzione di continuità, nel piano dell'equatore del pianeta per circa 65.000 km; modesto invece il suo spessore, che è dell'ordine del chilometro. Quest'ultima proprietà degli anelli era già stata dedotta dal fatto che, quando la linea di visuale viene a trovarsi sul piano degli anelli, questi scompaiono dalla vista dell'osservatore terrestre.

L'origine degli anelli è ancora incerta e, per ora, si considerano possibili due ipotesi: una li attribuisce alla disintegrazione di un satellite che si è avvicinato troppo al pianeta, l'altra ritiene che gli anelli rappresentino materiale primordiale, che, per la vicinanza al pianeta, non si è potuto riunire in un unico corpo. Saturno è il pianeta che possiede il maggior numero di satelliti; quelli finì ad ora noti sono 23. I nove maggiori, a partire dal più interno, sono: Mima, Encelado, Teti, Dione, Rea, Titano, Iperione, Giapeto e Febe. Il più grande di essi è Titano ed è particolarmente interessante perché, fra i satelliti, è l'unico dotato di atmosfera.



Urano



Non era noto agli antichi a causa della sua piccola magnitudine (5,7), quasi al limite della visibilità per l'occhio umano. La sua scoperta avvenne nel 1781, quando già era in uso il telescopio, da parte di W. Herschel, il quale, nel corso delle sue abituali osservazioni del cielo, notò un oggetto insolito che ben presto riconobbe essere un pianeta dal moto lento fra le stelle. Osservato al telescopio, Urano appare come un minuscolo disco verdastro, del diametro apparente di soli 4", troppo piccolo perché si possano individuare dettagli significativi della superficie. Urano ruota intorno al Sole in senso retrogrado e il suo asse è inclinato di 82° rispetto alla perpendicolare del piano dell'orbita. La sonda Voyager 2, che il 24 gennaio 1986 è arrivata a soli 73.000 km da Urano, ha permesso di aggiornare le nostre conoscenze sul pianeta. Si è accertato che: il periodo di rotazione del pianeta intorno al proprio asse è compreso fra le 15 e le 17 ore;

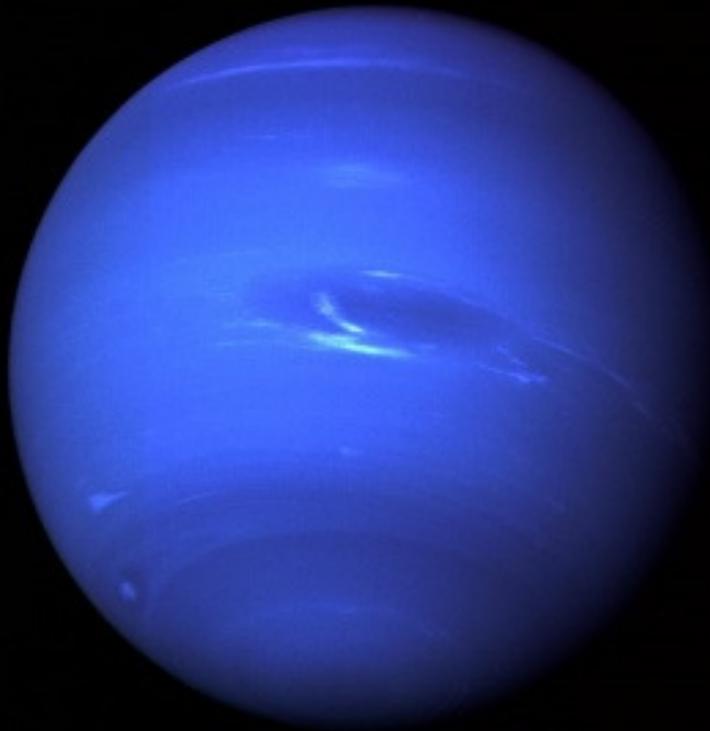


la temperatura, ai livelli delle nubi esterne, è di $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$; il campo magnetico ha una intensità di 0,25 gauss.

Urano presenta un sistema di 10 anelli; di questi, 5 furono scoperti nel 1977 mediante lo studio dell'occultazione, da parte del pianeta, di una stella che, al passaggio di ogni anello, veniva temporaneamente oscurata; altri 4 furono scoperti nel 1978 con lo stesso metodo; il decimo fu rivelato nel 1986 dalla sonda Voyager 2. Miranda, Ariel, Umbriel, Titania, Oberon sono nell'ordine crescente di distanza dal pianeta, i satelliti di Urano noti prima dei dati trasmessi dalla sonda Voyager 2. Ruotano in senso retrogrado nel piano equatoriale del pianeta; il più piccolo di essi è Miranda con un diametro di circa 500 km, mentre il maggiore è Oberon che ha un diametro di circa 1600 km. Il numero dei satelliti attualmente conosciuti di Urano è 15, ma è probabile che tale numero aumenti.



Nettuno



E' stato osservato per la prima volta nel 1846, quando la sua esistenza era stata già dedotta teoricamente dalle irregolarità del moto di Urano, le cui posizioni effettive non coincidevano con quelle calcolate mediante le leggi della meccanica celeste.

La temperatura media alla sommità dell'atmosfera è di $-215\text{ }^{\circ}\text{C}$, superiore di circa $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a quella prevista, per cui è stata fatta l'ipotesi di una sorgente di calore interna.

Nettuno ha due satelliti, Tritone e Nereide. Tritone è il più interno e si muove in senso retrogrado; col suo diametro di 3800 km è uno dei più grandi satelliti del sistema solare.

Nereide, scoperto da Kuiper nel 1949, ha dimensioni molto minori e descrive un'orbita di elevata eccentricità.

Plutone



E' attualmente il più lontano dei pianeti conosciuti; visto da Plutone, il sistema solare apparirebbe come uno spazio vuoto e desolato. Caratteristiche principali di questo remoto pianeta sono l'inclinazione dell'orbita sul piano dell'eclittica ($17,2^\circ$) e l'elevata eccentricità (0,25) per effetto della quale, quando è al perielio, Plutone si avvicina al Sole più di Nettuno. Scoperto nel 1930 da C. Tombaugh, Plutone è ancora poco conosciuto a causa del suo piccolo diametro apparente. Alcuni astronomi avanzano l'ipotesi che sia stato un satellite di Nettuno spinto su un'orbita insolita da un eccessivo avvicinamento a Tritone. La bassa temperatura superficiale media, inferiore ai -220°C , porta a pensare che la maggior parte dei materiali si trovino in forma liquida o solida sulla superficie del pianeta. Ulteriori informazioni su Plutone sono state ottenute recentemente, in seguito alla scoperta (22 giugno 1978), da parte di J. Coristi, di un satellite, Caronte, che ha permesso una determinazione più attendibile dei parametri fisici del pianeta. Oggi si sa che Plutone ha un diametro che supera i 2300 km, una massa che è $1/400$ di quella terrestre e, quindi, bassa densità media ($0,7\text{ g/cm}^3$).

Caronte ha un diametro di 1000 km circa; il suo periodo di rivoluzione è uguale a quello di rotazione di Plutone, per cui nel cielo di Plutone, Caronte resta sempre fermo nella stessa posizione. La distanza di Caronte dal pianeta è di appena 17.000 km e questo spiega perché nelle fotografie Caronte appaia solo come una deformazione del bordo dell'immagine di Plutone.