

Sezione

I Pianeti

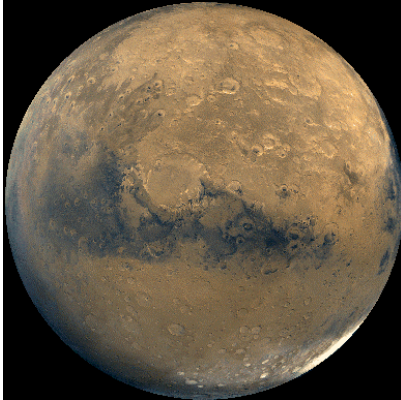
Testo Parte XI

Argomenti trattati



MARTE

- Introduzione
- Atmosfera di Marte
- Meteorologia di Marte
- La presenza di acqua
- Cenni Storici
- Esplorazione con sonde spaziali di Marte
- Le missioni Viking
- La missione Pathfinder
- La missione Mars Global Surveyour
- Fisica di Marte
- Osservazioni fotografiche di Marte
- Fisica di Marte
- Parametri orbitali e dati fisici di Marte
- Satelliti di Marte
- Tabella dei satelliti di Marte
- Struttura interna di Marte
- Superficie di Marte
- Crateri vulcanici di Marte
- Marte visto dal Telescopio Spaziale
- Immagini di Marte
- Immagini di Marte prese dal Mars Global Surveyour



•*Introduzione*

Marte è il quarto pianeta dal Sole ed il settimo per grandezza con una distanza media di 1.52 U.A. e compie una intera rivoluzione intorno ad esso in 1.88 anni alla velocità di 24.13 km/sec. Ha un'orbita discretamente eccentrica ($e=0.093$) ed ha una magnitudine apparente di -2. È comunemente chiamato il "pianeta rosso" causa della colorazione che le particelle di polvere in sospensione forniscono alla sua atmosfera.

Marte è più piccolo della Terra e la sua superficie eguaglia quella delle terre emerse del nostro pianeta. L'emisfero meridionale presenta crateri d'impatto simili a quelli della Luna, mentre l'emisfero settentrionale presenta pianure molto più giovani e con una storia geologica molto più complessa.

Data l'atmosfera rarefatta l'osservazione del suolo di Marte è stata abbastanza agevole anche con telescopi e cannocchiali non molto sofisticati. Prima dell'inizio dell'era dell'esplorazione spaziale Marte era ritenuto il miglior candidato per lo sviluppo di vita extraterrestre. Diversi astronomi, tra cui Schiaparelli nel 1877, ritennero che le linee rette che si distinguevano sulla sua superficie fossero "canali" artificiali costruiti da una civiltà marziana. Questo portò a sviluppare la credenza popolare dell'esistenza di "canali" di irrigazione costruiti da esseri intelligenti per rendere coltivabile la superficie del pianeta. Un'altra ragione che portava ad ipotizzare lo sviluppo di vita su Marte era conseguente all'osservazione di variazioni stagionali nel colore della sua superficie che venivano interpretati come una "fioritura" della vegetazione di Marte durante i mesi più caldi. In seguito ad osservazioni con telescopi sempre più potenti si capì che i dettagli che si notavano su Marte altro non erano che artefatti visivi dovuti alla scarsa risoluzione degli strumenti ottici impiegati.

La prima sonda che visitò Marte fu il [Mariner 4](#) nel 1965. Le prime immagini mandate a Terra dal Mariner 4 nel luglio del 1975 rivelarono invece una superficie contenente molti crateri ma senza alcuna traccia né di vegetazione né di altre strutture di carattere artificiale.

Molte altre missioni seguirono il Mariner 4 sino ad arrivare alle due sonde [Viking](#) che atterrarono su di esso nel 1976 ed alla missione Pathfinder del luglio 1997. L'ipotesi di vita biologica presente sul pianeta rosso venne esclusa dagli esperimenti condotti dai laboratori biologici condotti dai Viking Lander 1 e 2. La problematica dell'esistenza di vita su Marte si è spostata in questi ultimi anni sulla ricerca di tracce di vita in tempi passati in cui probabilmente era presente su Marte acqua allo stato liquido; a questo argomento sono dedicate alcune pagine in un'altra sezione dell'ipertesto.

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI



Animazione, la rotazione del pianeta Marte. *Cortesia STScI Space Science Telescope Institute.*



Animazione di una tempesta su Marte. *Cortesia STScI Space Science Telescope Institute.*

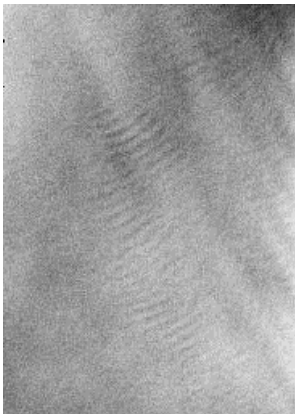


Animazione di una vista 3-dim del Tharsis Tholus. *Cortesia e copyright Calvin J. Hamilton-Views of the Solar System.*



Animazione di una vista 3-dim dell' Olympus Mons . *Cortesia e copyright Calvin J. Hamilton-Views of the Solar System.*

Immagine di nubi su Marte



● *Atmosfera di Marte*

I dati principali riguardanti l'atmosfera ed il suolo marziani sono stati raccolti dalla sonda Sovietica Mars 6 e da quelle Americane [Viking 1 e 2](#). La temperatura media al suolo è di -40°C mentre ad una altezza di 60-80 km scende a -140°C per poi risalire a $+30^{\circ}\text{C}$ a 200 km di altezza grazie all'assorbimento della radiazione solare ultravioletta ed X. La pressione al suolo è circa 6.5 millesimi quella terrestre fino a decrescere ad un valore un miliardo di volte più basso all'altezza di 160 km.

Date queste pressioni e temperature al suolo ed alla sua velocità di fuga (5.0 km/sec) l'acqua è instabile e congela mentre le particelle di sabbia vengono innalzate in sospensione a formare nubi di polveri che sono una delle principali caratteristiche del paesaggio marziano e forniscono al paesaggio marziano il suo caratteristico colore rossastro.

Dal momento che Marte presenta un'inclinazione sul piano dell'orbita simile a quella della Terra (25.19°), il pianeta presenta variazioni stagionali simili a quelle terrestri. Nella stagione estiva la temperatura può variare da $+30^{\circ}\text{C}$ di giorno a -70°C durante la notte mentre in quella invernale le temperature sono decisamente più rigide. Le condizioni climatiche, per quanto proibitive, non si discostano molto, all'equatore, da quelle delle regioni polari terrestri o sulla vetta del monte Everest. La rarefatta atmosfera marziana è in grado di diffondere le radiazioni solari blu e violette, mentre al suolo le polveri in sospensioni contribuiscono a creare un cielo di colore rosa.

Le variazioni di temperatura alla sua superficie causano il formarsi e conseguente dissolversi di numerose e significative strutture nuvolose. Spesso della "[nebbia](#)" appare nei bassipiani di Marte; è quanto capita nell'emisfero meridionale nelle regioni *Argyre Planitia* ed *Hellas Planitia*. Altre strutture nuvolose particolari si notano nel complesso dei *Tharsis Montes* e nella regione *Lunae Planum* dove si osservano delle "[onde di Lee](#)" che si producono per la interazione con un grande ostacolo. Un altro esempio di "[onde di Lee](#)", si presenta associato

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

ad un cratere ad impatto in cui si nota una certa periodicità nella loro struttura.

Si osservano pure delle [nubi](#) che mostrano una doppia periodicità. Esse si formano in prossimità del polo nord di Marte e nelle regioni *Tharsis Montes* e *Syria Planum*. Infine lungo i bordi delle calotte polari sono comuni delle [aree cicloniche](#) durante la tarda estate e l'autunno.

•Composizione chimica dell'atmosfera di Marte

La composizione dell'atmosfera di Marte è per il 95% di anidride carbonica, per 2.7 % di azoto, per l'1.6 % di argon e per percentuali minori di ossigeno, monossido di carbonio e vapore acqueo.

Dati dell'atmosfera di Marte	--
Pressione atmosferica bars	0.007
Composizione chimica dell'atmosfera di Marte	--
Anidride Carbonica (CO ₂)	95.23 %
Azoto molecolare (N ₂)	2.7 %
Argon (Ar)	1.6 %
Ossigeno (O ₂)	0.13 %
Ossido di Carbonio (CO)	0.07 %
Acqua (H ₂ O)	0.03 %
Neon (Ne)	0.00025 %
Krypton (Kr)	0.00003 %
Xenon (Xe)	0.000008 %
Ozono (O ₃)	0.000003 %

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

Immagine di nubi ai poli di Marte



•La meteorologia di Marte

Il clima di Marte è certamente peculiare. Il fatto che l'asse di rotazione di Marte sia inclinato sul piano dell'orbita di 25.91° (quasi come l'inclinazione della Terra) determina cicli stagionali analoghi a quelli terrestri ma di durata molto più lunga.

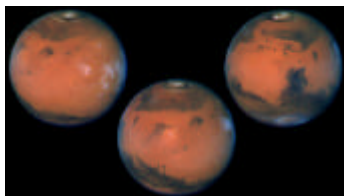
Un'altra caratteristica sono le intense tempeste di sabbia che si levano dalle regioni polari e spazzano l'intero emisfero marziano. Il grande sbalzo di temperatura che si verifica durante l'estate genera spesso dei venti che si muovono con velocità superiore ai 400 km all'ora. Queste immense tempeste coprono per alcuni mesi l'intero pianeta sino a

sommergerlo sotto un velo di caligine. Il movimento a vortice del vento produce le forme di erosioni ben [evidenti ai poli](#).

Entrambi i poli si estendono per centinaia di km in zone che presentano una ben definita stratificazione nella quale si alternano polvere e ghiaccio. Dallo studio delle stratificazioni di polveri e ghiaccio si possono così individuare precise variazioni climatiche: periodi in cui il clima è più mite (strati di polvere) si alternano a periodi più rigidi (strati di ghiaccio).

Date le caratteristiche fisiche ed atmosferiche di Marte certamente l'acqua non può esistere allo stato liquido. Spesso però fu [individuata](#) sia dai Viking che dai Mariner sotto forma di brume e nebbie nelle depressioni della *Valles Marineris*. Nonostante che le condizioni di pressione e temperatura determinino una immediata evaporazione dell'acqua, l'atmosfera presenta tracce di vapore acqueo visibile sotto forma di nuvole sopra l'equatore a mezzogiorno quando massimo è il riscaldamento solare.

•Variazioni nel clima attuale di Marte. Meteorologia di Marte dalle immagini riprese dal Telescopio Spaziale



Questa serie di immagini del pianeta Marte è stata presa con il Telescopio Spaziale e fornisce dettagli della superficie del pianeta altrimenti non visibili da terra. Le osservazioni sono state effettuate il 10 marzo del 1997 poco prima dell'opposizione di Marte. Le tre immagini sono separate di circa 6 ore di modo che si è potuto osservare il pianeta durante una rotazione di 90°

gradi. I colori specifici permettono di distinguere le polveri, le nubi di ghiaccio e le strutture più prominenti della superficie marziana. Il polo nord di Marte è in alto nell'immagine in cui si notano anche le calotte polari. Il centro del disco è a circa 23° gradi di latitudine e,

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

rispettivamente per le tre immagini, (prese nell'ultimo giorno della primavera marziana prima del solstizio di estate) a 160 °, 210 ° e 305 ° gradi di longitudine. L'anidride carbonica delle calotte polari in questo periodo sublima lasciando una zona ghiacciata piuttosto ridotta. Si osservano pure diverse nubi di acqua ghiacciata, in prossimità dell'altopiano *Tharsis* mentre una diffusa "foschia" copre la maggior parte delle zone tropicali. È visibile la regione di dune dell'*Olympia Planitia* che circonda il polo nord. Nella parte centrale della immagine a sinistra si può distinguere l'*Olympus Mons* mentre l'*Elysium Mons* appare al centro della seconda immagine.

Photo n: STSci-PRC97-09b. *Cortesia David Crisp e WFPC2 Science Team (JPL/NASA).*

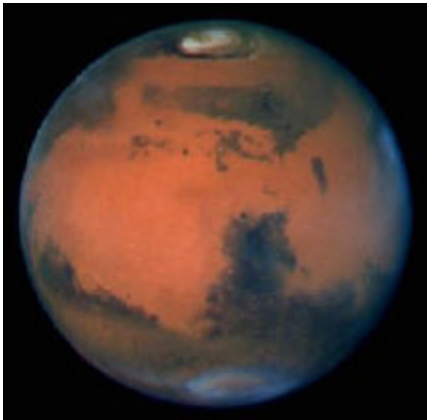
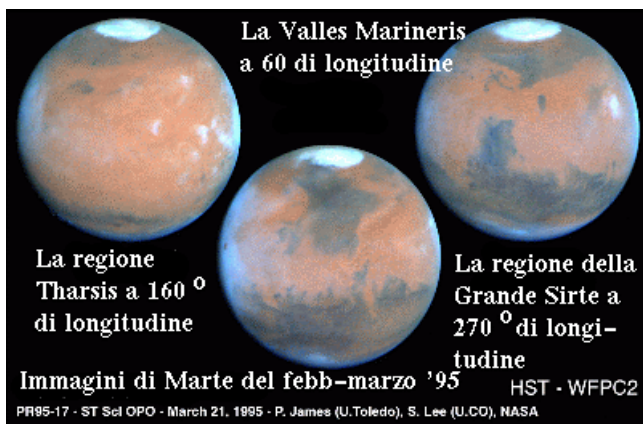


Immagine di Marte ripresa dal Telescopio Spaziale il 10 marzo del 1997. Ogni singolo elemento (pixel) della immagine corrisponde ad una risoluzione di quasi 20 km. Il polo nord è in alto e l'est è a destra, il centro del disco risulta a circa 23 ° gradi di latitudine nord e 305 ° gradi di longitudine.

Photo n: STSci-PRC97-09a. *Cortesia David Crisp e WFPC2 Science Team JPL/NASA.*

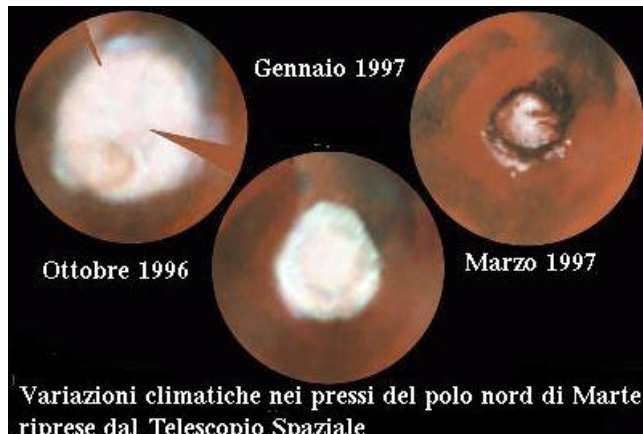
•Variazioni nel clima di Marte studiate dal Telescopio Spaziale



Immagini di Marte del febbraio 1995 riprese dal Telescopio Spaziale che mostrano diverse regioni della superficie marziana.

Photo n: STSci-PRC95-17. *Cortesia Phil James (Univ. Toledo), Steve Lee (Univ. Colorado) e NASA.*

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI



Tre immagini (in proiezione "polare" cioè con una vista privilegiata sulla regione del polo nord di Marte) di Marte fornite dal Telescopio Spaziale. Si tratta di tre riprese della zona corrispondente alla calotta del polo nord di Marte nell'ottobre del 1996 e nel gennaio e marzo del 1997. Ottobre 1996: primavera nella regione polare. Si nota una nube sottile di polvere di colore "salmone" che sovrasta il polo nord. Gennaio 1997: aumenta il caldo all'emisfero nord che porta a sublimare le nubi ghiacciate di anidride carbonica e

quindi a ridurne l'estensione. Marzo 1997: è quasi estate di tutta la calotta polare rimane solo una debole traccia visibile nella regione *Chasma Borealis*. Quest'ultima immagine mette in mostra una curiosa stratificazione che rivela le precedenti variazioni climatiche sulla superficie del pianeta vicino al polo nord. Le zone più brillanti sono crateri riempiti di anidride carbonica ghiacciata. **Photo n: STSci-PRC97-15b.** Cortesia Phil James (Univ. Toledo), Todd Clancy (Space Science Inst., Boulder, CO), Steve Lee (Univ. Colorado) e NASA.

•Cenni storici

Il suo nome deriva da quello del dio della guerra, Ares dovuto, probabilmente, questo nome è dovuto al colore rossastro della sua superficie. mentre il nome Mars era associato a quello del dio dell'agricoltura.

Marte a differenza di Mercurio e Venere, può essere osservato in piena notte in quanto pianeta esterno. Per gli antichi era il quinto pianeta degli astri mobili in ordine di distanza dalla Terra.

Il suo moto apparve agli antichi come uno dei più irregolari poiché ritarda ed avanza non solo rispetto agli altri pianeti ma anche rispetto alla eclittica. Tali irregolarità indussero Tolomeo ad introdurre nel sistema di Ipparco dei correttivi.

Nel sistema tolemaico i centri deferenti non venivano più a coincidere con il centro della Terra ma erano posti in posizione eccentrica. In questo modo si rinunciava anche all'uniformità del moto deferente, dato che il centro dell'epiciclo avanza con velocità angolare uniforme rispetto a un punto, l'equante, diverso dal centro del deferente.

Nel sistema copernicano esso invece diventò il quarto pianeta dal Sole ad una distanza maggiore di quella terrestre, ciò spiega come lo si possa osservare in opposizione al Sole. Tuttavia anche nel sistema copernicano la ricostruzione "teorica" del moto di Marte restava insoddisfacente. Fu così che Tycho Brahe, l'astronomo danese del cinquecento intraprese, per oltre trent'anni, estese osservazioni del moto del pianeta.

Questi dati vennero riconsiderati da Keplero che riconobbe nelle orbite la natura di ellissi con il Sole in uno dei due fuochi.

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI



• *Cenni storici su Marte (approfondimento)*

Tycho Brahe, l'astronomo danese del cinquecento, intraprese per oltre trent'anni, estese osservazioni del moto del pianeta. I suoi dati vennero riconsiderati da [Keplero](#) che riconobbe nell' orbita di Marte e di quelle degli altri pianeti la natura di ellissi con il Sole in uno dei due fuochi. La descrizione dell'orbita risultò secondo una legge più semplice; rispetto al fuoco occupato dal Sole le aree descritte dal raggio vettore, cioè dal segmento congiungente il pianeta con il Sole, sono, a parità di tempo, uguali (*seconda legge di Keplero*). La distanza di Marte dal Sole varia da 1.38 a 1.66 volte quella della Terra con conseguente variazione dello splendore apparente del pianeta.

Queste variazioni erano già note agli antichi e venivano descritte in modo sostanzialmente corretto già nel sistema tolemaico.

La prima osservazione di Marte fu effettuata con un [cannocchiale](#) nel 1610 da [Galileo](#) ed il disco del pianeta apparve di 25" (secondi di arco) alle grandi opposizioni riducendosi a 14 " alle piccole opposizioni ed a 3.6" nelle congiunzioni con il Sole. Le grandi opposizioni si ripetono in media ogni 16 anni. I primi dettagli della superficie del pianeta furono osservati da [Huygens](#) nel 1659 che identificò la struttura poi denominata come *Syrtis Major* e, dal suo movimento, stimò che il pianeta compie una rotazione su se stesso in 24 ore.

Diverse macchie furono poi osservate da Cassini nel 1666 durante una opposizione afelica il che permise di fare una misura del periodo di rotazione di 24 ore e 40 minuti molto vicina al valore reale di 24 ore 37 minuti e 22 secondi; il che testimonia la verosimiglianza dei particolari da lui raffigurati. Si ritiene comunemente che le macchie bianche ai poli del pianeta siano state scoperte nel 1704 da Maraldi il quale si accorse pure di una macchia al polo boreale e di mutazioni delle macchie polari.

[Herschel](#) fu il primo astronomo, alla fine del settecento, a determinare l'inclinazione dell'asse

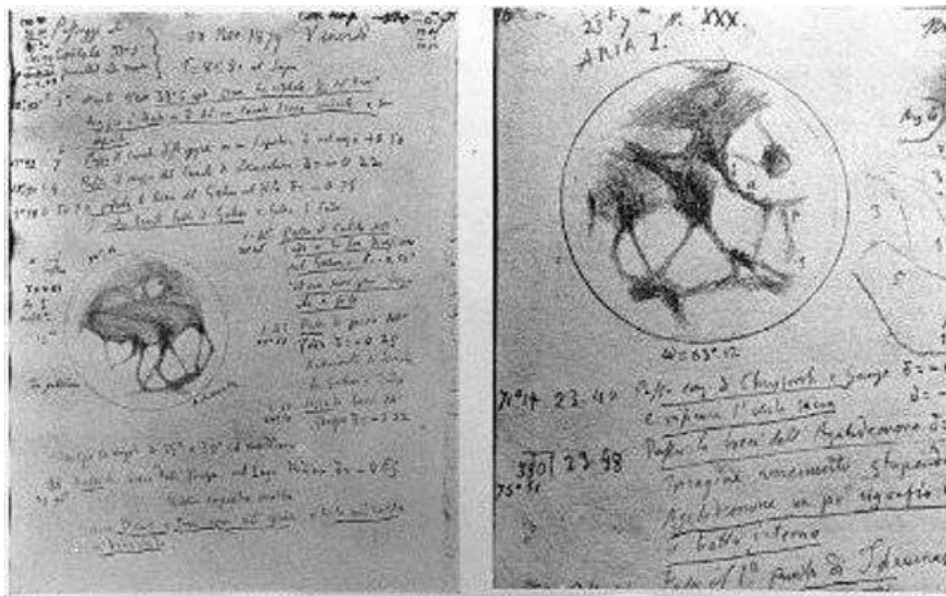
Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

del pianeta rispetto all'orbita: egli valutò tale inclinazione in 30° circa mentre il suo valore reale è di 25.91° ; come la Terra quindi anche Marte possedeva un periodo stagionale. In particolare le calotte polari risultarono avere una estensione massima all'inizio delle primavere marziane per poi restringersi fino a scomparire verso la fine dell'estate in stretta analogia con quanto avviene sulla Terra.

Il significato della natura delle macchie, con gli studi sulla loro persistenza ed immutabilità, venne affrontato dagli astronomi Beer e Madler nel 1840 che si convinsero della loro stabilità e disegnarono il primo planisfero del pianeta. La macchia da loro scelta come origine delle longitudini marziane, e che Schiaparelli battezzò con il nome di *Baia del Meridiano*, è ancora oggi considerata come un punto di riferimento per la stesura di mappe del pianeta rosso.

Con la grande opposizione del 1877, Schiaparelli ed i *canali di Marte* divennero i protagonisti assoluti. Le carte di Marte tracciate dall'astronomo italiano costituiscono un autentico progresso poiché non sono più basate solo su disegni ma riferite a numerosissime misure anche se introducono eccessive schematizzazioni. Nel 1881-82 egli disegnò una [rappresentazione](#) più realistica delle macchie scure, ma intanto i *canali* venivano disegnati con la tipica forma sottile e rettilinea che tanto fece pensare al risultato di opere artificiali.

Gli astronomi V. Cerulli e E.W. Maunder furono i primi ad andare controcorrente mostrando che i *canali* erano illusioni ottiche; cioè il risultato della percezione di strutture complesse al limite della visibilità. Nacque un modo più realistico di osservare Marte "senza" *canali* che ebbe i suoi esponenti più noti in Antoniadi e Maggini e che contribuì a far riconoscere strutture realmente esistenti ed a tracciare i migliori planisferi del pianeta prima delle missioni spaziali.



Annotazioni originale di Schiaparelli del 1879

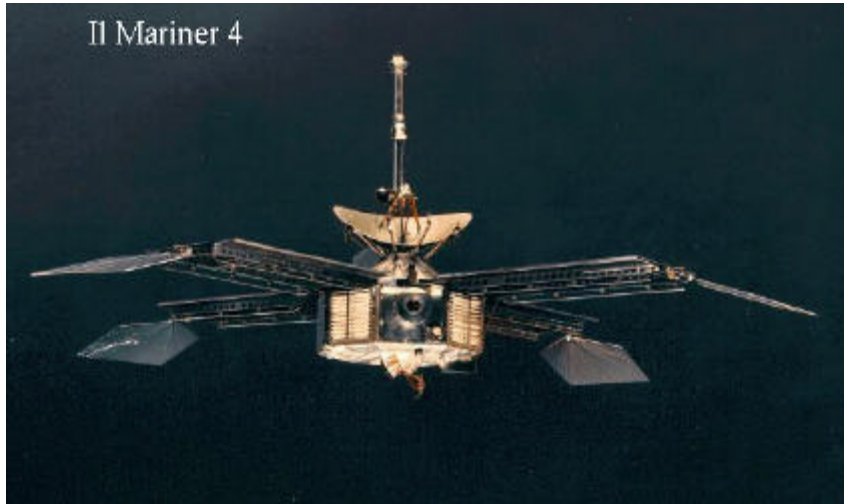
● *I Canali di Marte- Illusione ottica ??*

Giovanni Virgilio Schiaparelli (1835-1910), astronomo Italiano che nel 1877 per primo osservò i *canali di Marte*, credette che le strutture da lui osservate includessero pure linee

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

rette che si congiungevano in formazioni più complicate. Egli chiamò tali formazioni *canali* dando luogo alla possibilità che si trattasse di strutture artificiali costruite da una civiltà extraterrestre. Solo osservazioni più dettagliate della superficie marziana permisero di escludere questa origine evidenziando trattarsi di illusioni ottiche.

La sonda Mariner 4



•Esplorazione con sonde spaziali di Marte

Le opportunità di lancio di una sonda spaziale verso il pianeta rosso sono favorevoli ogni 25 mesi allorché le posizioni relative tra la Terra e Marte sono tali da permettere ad un navicella di compiere il tragitto con il minor dispendio di carburante.

Nel 1964 vennero lanciate dalla NASA le sonde gemelle Mariner 3 e 4 con a bordo diversi strumenti scientifici per studiare i raggi cosmici, il vento solare, i campi magnetici ed il flusso di micrometeoriti. Il [Mariner 4](#) arrivò a destinazione il 15 luglio del 1965 dopo quasi otto mesi di volo e sorvolò il pianeta rosso ad una altezza di soli 9846 km continuando poi lungo la traiettoria circumsolare nella quale era inserito. Durante il massimo avvicinamento trasmise 11 immagini della [superficie marziana](#) per 25 minuti circa. Il settimo fotogramma mostrò qualcosa di inaspettato : dei crateri. Queste fotografie fecero cadere ogni eventuale illusione sulla presenza di forme di vita, anche se pur solo vegetali; il "pianeta rosso " diventò così il "pianeta morto".

Il [Mariner 6](#), lanciato nel 1969 era dotato di due strumenti all'ultravioletto, un radiometro nell'infrarosso ed una camera televisiva. Solo alcuni mesi prima la sua sonda gemella, il Mariner 8, era caduta nell'Oceano Atlantico causa il cattivo funzionamento del razzo vettore Atlas-Centauro.

Il Mariner 4 alla distanza di 1 milione e 225000 km trasmise le prime immagini del pianeta che si rivelò ricco di crateri con ampie zone desertiche a somiglianza della Luna. Al [polo sud](#) misurò una temperatura di -125°C mentre all'equatore la temperatura era di -73°C . La calotta polare, costituita di anidride carbonica, apparve sovrastata da nubi di anidride carbonica che risultava così il componente principale della atmosfera marziana.

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

La missione del Mariner 7 andò ancora meglio per cui la NASA approntò il lancio di una sonda in grado di mettersi in orbita attorno a Marte.

A questo punto si inserirono le missioni esplorative Sovietiche. Nel 1971 essi lanciarono il Cosmos 419 e poi Mars 2 che riuscì a raggiungere Marte e ad inserirsi in una orbita ellittica lasciando cadere verso la superficie un modulo pesante una tonnellata che però si schiantò sul pianeta senza trasmettere alcun dato mentre la sonda madre rimase in orbita raccogliendo molti dati sull'atmosfera e l'ambiente marziano. Mars 3 rifece lo stesso percorso ed il 2 dicembre 1971 il modulo riuscì a raggiungere indenne la superficie dove, causa una tempesta di sabbia, le trasmissioni durarono appena 20 secondi.

Nel 1971 il Mariner 9 fu lanciato da Cape Canaveral andando con successo a collocarsi in orbita marziana. Anche esso trovò il pianeta immerso in tempeste di sabbia che impedirono la iniziale ricognizione della superficie. Alla fine delle tempeste sabbiose la sonda inviò 31 miliardi di bit di dati che diedero luogo ad un afflusso di una grande quantità di informazioni sul pianeta rosso. Si scoprì una gigantesca montagna, l'*Olympus Mons*, alto quasi 21 km sulla circostante pianura marziana con, alla sommità, un cratere del diametro di 80 km. Mariner 9 lavorò per 349 giorni in orbita marziana dopo di che andò in avaria il suo sistema di assetto e la sonda nell'ottobre 1972 perse il contatto con la Terra. Si erano comunque ottenuti cospicui risultati relativi sia all'atmosfera che al suolo, raccogliendo immagini della superficie con una risoluzione di circa 1 km.

Nel 1973 i Sovietici approntarono diverse missioni con successi solo parziali. Il Mars 5 immessosi in una orbita più bassa delle solite raccolse dati scoprendo una fascia di ozono all'altezza di circa 30 km dal suolo.

Il Viking 2



Le missioni Viking

Venne quindi il momento delle [due sonde Viking](#). Esse erano veri e propri laboratori biochimici approntati per verificare l'eventuale presenza di forme di vita su Marte. Il Viking 1 [atterrò](#) il 20 luglio 1976 a *Chryse Planitia* mentre il Viking 2 compì il suo atterraggio morbido il 3 settembre del 1976 in una zona chiamata

Utopia Planitia. Si scelsero volutamente due luoghi distanti tra loro più di 6000 km in modo da esplorare situazioni e zone differenti.



Ricerca d'attività biologica su Marte

Veri e propri robot spaziali, le due sonde furono in grado di gestire complesse operazioni che permisero di raccogliere, con bracci estensibili, campioni di suolo e di introdurli nel laboratorio di bordo. Tre erano le prove fondamentali: di fotosintesi, di attività metabolica e di respirazione, ideate per evidenziare l'eventuale manifestazione nel suolo marziano di variazioni chimiche dovute a processi biologici causati da microrganismi. Il laboratorio era stato collaudato in diversi ambienti, compreso quello particolarmente ostile delle regioni Antartiche, ed aveva sempre riscontrato, con successo, tracce di vita. Alcuni test sembrarono dapprima indicare qualche segno di attività biologica ma indagini successive confermarono che si trattava di reazioni inorganiche derivate da particolari caratteristiche del suolo. Non si raccolse alcuna prova dell'esistenza di molecole organiche *né si rilevarono tracce di vita, presente o passata, su Marte*. Se in passato c'erano stati dei microbi sulla superficie di Marte essi non avevano lasciato traccia. Alcuni biologi però ritengono che la vita possa essere ricercata in alcune "nicchie biologiche", altri invece ritengono debba essere cercata nel sottosuolo; in linea di massima però la comunità scientifica ritiene improbabili entrambe le possibilità.

Una telecamera poteva riprendere, con tecnica digitale, immagini in bianco e nero, a colori ed anche nell'infrarosso. Si registrarono, per *Chryse Planitia*, variazioni di temperatura da -93° a -14° in piena estate. Si ebbe poi fino al 1988, con le spedizioni di Phobos 1 e 2, una lunga pausa nella spedizioni di sonde verso Marte. Questi due velivoli Sovietici sorvolarono le due lune senza però riuscire ad atterrare su di esse.

● Immagini relative alla missione Viking.

1. Disegno che rappresenta un [modello](#) della simulazione dell'atterraggio sulla superficie di Marte. Il primo dei due moduli atterrò su Marte il 20 luglio 1976, il secondo toccò la superficie del pianeta rosso il 3 settembre dello stesso anno. Ciascun modulo portava degli strumenti che esaminarono le proprietà fisiche e magnetiche del suolo marziano, ed analizzarono l'atmosfera e le nubi di Marte. *Cortesia NASA/JPL.*
2. [Apertura del paracadute](#) del modulo del Viking. (Disegno). *Cortesia NASA/JPL.*
3. [Atterraggio](#) del modulo del Viking. (Disegno). *Cortesia NASA/JPL.*
4. [Vista del suolo marziano](#) dal Viking Lander 2. Si tratta di un mosaico di oltre 20 immagini ad alta risoluzioni della regione *Utopia Planitia* in cui era atterrato. *Cortesia NASA/JPL.*
5. [Vista del suolo marziano](#) dal Viking Lander 1 da un'immagine composta in diversi colori rosso, blu e verde. *Cortesia di Calvin J. Hamilton.*
6. [Vista della superficie](#) di Marte nei dintorni del Viking Lander 2. *Cortesia di Calvin J. Hamilton.*
7. [Vista della superficie di Marte](#) nei dintorni del Viking Lander 2. *Cortesia di Calvin J. Hamilton.*

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

8. [Questa immagine](#), ripresa dal Viking Lander 2, mostra il bianco strato di acqua ghiacciata, dello spessore di pochi micron, della zona attorno al lander. Il materiale rossastro è costituito da rocce non coperte dalla "brina" marziana. *Cortesia NASA/JPL.*



Il lancio del Pathfinder.

●La missione Pathfinder

La missione Pathfinder è stata programmata, nel suo lancio, per il 4 dicembre del 1996 con un vettore Delta II ed il lander Sojourner è atterrato su Marte nel luglio del 1997. Si tratta della prima sonda ad atterrare sul suolo marziano a 20 anni di distanza dalle sonde Viking 1 e Viking 2. È una missione NASA della classe "Discovery" studiate per poter essere sviluppate in tempi ridotti con costi contenuti ed obiettivi scientifici ben focalizzati. La durata del progetto è di 4 anni, mentre quella del viaggio di 7 mesi.

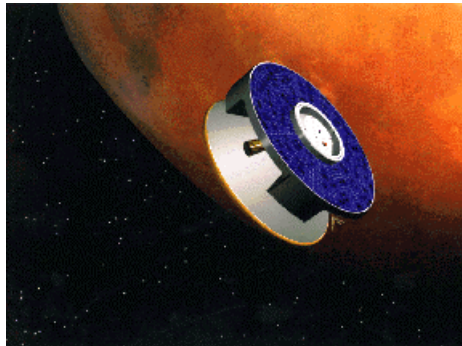
L'atterraggio è stato effettuato nella zona denominata [Ares Vallis](#) che sembra essere stato il letto di un antico fiume in piena. Tale zona dovrebbe presentare rocce antiche simili, in età e composizione, al meteorite ALH84001, che sembra contenere indizi di vita biologica un tempo sviluppatasi sul pianeta rosso.

- [Immagine](#) del Rover -"Sojourner"- . Missione Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL.*
- [Immagine](#) del Rover -"Sojourner"- . *Cortesia NASA/JPL.*
- **●Alcune immagini della superficie di Marte prese dal Pathfinder e dal "Sojourner".**
- [Immagine](#) delle rocce di Marte dal Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL.*
- Immagine delle rocce di Marte dal Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL.* [Immagine](#) delle rocce di Marte dal Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL*
- [La roccia](#) "Flat Top": immagine del Rover-"Sojourner"- Missione Pathfinder 1997. Parte della roccia appare coperta da polvere. *Cortesia NASA/JPL.*
- [Le colline](#) "Twin Peaks": sono distanti circa 2 km ed alte circa 30 metri. Missione Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL.*
- [La roccia](#) "Barnacle Bill": immagine del Rover -"Sojourner"- Missione Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL.*
- Immagine della [roccia "Yogi"](#) . Missione Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL.*
- Immagine della [roccia "Couch"](#) . Missione Pathfinder 1997. *Cortesia NASA/JPL.*

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

●Le prossime missioni su Marte .

Missione	Tipo di sonda	Data di lancio	Nazione
Mars Surveyor '98	Orbiter	Dicembre '98	Giappone
Mars 2001	Rover o piccole stazioni	2001	Russia ed altri
Mars Surveyor '01	Orbiter	2001	USA
Mars Surveyor '01	Lander	2001	USA
Mars Surveyor '03	non definita	2003	USA
Mars Surveyor '05	non definita	2005	USA



●*Informazioni sulla missione del Pathfinder*

Copiata da <http://www.atnet.it/lstron/astro/pathfndr/storia.htm>

1. Dopo la separazione dal modulo orbitale e l'ingresso nell'atmosfera marziana, a 2 minuti dall'atterraggio, si apre il paracadute che dovrà iniziare a frenare la sonda, riducendone notevolmente la velocità.
2. Dopo circa 20 secondi viene staccato lo scudo isolante che proteggeva il lander dall'alta temperatura dovuta all'attrito con l'atmosfera.
3. Poco dopo il lander si separa dal resto della sonda, a cui resta legato con un cavo, in modo che il paracadute continui a rallentare la caduta.
4. A circa 1.5 km di altezza il lander rileva il suolo marziano con il radar ed inizia un'altra sequenza di rallentamento della sonda.
5. Quando ormai manca poco tempo all'atterraggio si gonfiano gli airbags che dovranno attutire l'impatto della sonda con il terreno.
6. Si accendono i razzi della sonda che fanno in modo di mantenere per un istante il lander sospeso perfettamente immobile sopra la superficie di Marte.
7. A questo punto il cavo che tratteneva il lander (che ora appare come una sorta di grosso

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

pallone) si sgancia e questo inizia la sua caduta libera verso il suolo.

8. Gli airbags fanno rimbalzare più volte la sonda, dissipando l'energia della caduta.
9. Quando finalmente il lander è fermo sulla superficie, gli airbags si sgonfiano e si aprono i petali rivelando gli strumenti interni e i pannelli solari.

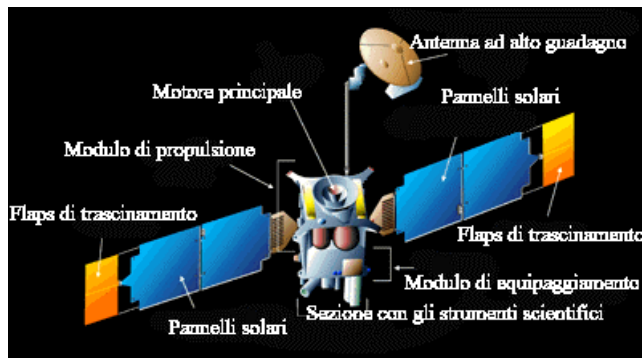


[Disegno che visualizza l'ingresso](#) nell'atmosfera marziana.

• Immagini della zona di atterraggio del Pathfinder

1. Immagini con indicata la zona di atterraggio del Pathfinder.
2. [Immagini di Marte](#) prese dal Telescopio Spaziale il 27 giugno ed il 9 luglio del 1997. Mostrano l'evoluzione di una grande tempesta di polvere durata circa 12 giorni. Queste immagini sono state importanti per verificare le condizioni meteorologiche vicino alla *Ares Vallis* il sito in cui è atterrato il Pathfinder il 4 luglio del 1997 (segnalata con la crocetta verde). Le due serie di immagini mostrano diversi cambiamenti sulla superficie di Marte. Il 27 giugno la parte più ad est della *Valles Marineris* appare nella luce diurna e sembra riempito di polvere giallognola. La tempesta di polvere sembra limitata alla zona dei canyons che sono profondi almeno 8 km e larghi alcune centinaia. Nella immagine del 9 luglio invece la tempesta di polvere si è notevolmente smorzata diminuendo al 10 o 20 % della intensità del mese precedente. **Photo n; STSci-PRC97-24a** . *Cortesia Phil James (Univ. Toledo), Steve Lee (Univ. Colorado) e Mike Wolff (Univ. Toledo) e NASA*
3. [Immagini di Marte durante i tre giorni consecutivi](#), del 4 luglio 1997, all'atterraggio del Pathfinder (la zona di atterraggio della sonda è segnalata con la crocetta verde). Mostrano le variazioni giornaliere delle nubi di polvere e acqua ghiacciata. Le immagini in basso presentano un mappa delle regioni del polo nord di Marte che documentano il moto delle nubi brillanti verso est forse causato dal passaggio di un fronte "temporalesco" sul pianeta. Nell'emisfero sud invece le nubi appaiono di polvere più spessa e sono presenti in tutti e tre i giorni delle osservazioni. **Photo n; STSci-PRC97-24b** . *Cortesia Phil James (Univ. Toledo), Steve Lee (Univ. Colorado) e Todd Clancy (Space Science Inst. Boulder CO) e NASA*
4. [Due immagini \(in proiezione "polare"\)](#) di Marte riprese dal Telescopio Spaziale in maggio e giugno del 1997 con in basso (indicato dalla croce di colore verde) il luogo di atterraggio del Pathfinder. **Photo n; STSci-PRC97-23** *Cortesia Phil James (Univ. Toledo), Steve Lee (Univ. Colorado), M. Wolff (Univ. Toledo) e NASA*

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI



La sonda Mars Global Surveyor

Cortesia Malin Space Science System

•La missione Mars Global Surveyor

La missione Mars Global Surveyor (MGS) è iniziata il 11/07/1996 con il lancio della sonda spaziale verso l'orbita di Marte che ha raggiunto il 12/9/1997. Da allora sono state inviate una grande quantità di immagini del suolo marziano con una risoluzione notevolmente maggiore di quelle ottenute con le precedenti missioni spaziali. Gli strumenti principali di cui è corredato l'MGS sono :

- una camera "fotografica" (Mars Orbiter Camera MOC)
- un altimetro laser (Mars Orbiter Laser Altimeter MOLA)
- uno spettrometro
- un apparato di trasmissione radio

Durante il primo anno, dal settembre 1997 al settembre 1998, l'MGS ha effettuato osservazioni del "pianeta rosso" durante 410 orbite di volo e la Mars Orbiter Camera (MOC) ha fornito immagini, con una risoluzione senza precedenti (di circa 280 per pixel), riguardanti le strutture atmosferiche e superficiali di Marte. In questa sottosezione sono mostrate alcune delle migliori immagini prese con la MOC !

•Immagine di Marte presa dal Telescopio Spaziale HST

Questa immagine di Marte è stata presa dallo *Hubble Space Telescope* della NASA il 25 febbraio 1995 con la *Wide Field Planetary Camera 2*, quando il pianeta distava 103 milioni di chilometri, e rappresenta una delle viste più dettagliate di Marte mai ottenuta dalla Terra.

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI



Con una certa sorpresa i ricercatori hanno constatato una notevole copertura nuvolosa, più densa di quanto notato in precedenza, il che significa che Marte è più freddo e secco in quanto il vapor d'acqua nell'atmosfera congela per formare nuvole di cristalli ghiacciati. Il Telescopio Spaziale è in grado di fornire immagini con altissima risoluzione, inferiore solo a quella delle sonde spaziali, tale da consentire l'individuazione di dettagli assai fini, come alcuni crateri di impatto con dimensioni di circa 50 chilometri.



Tharsis Tholus - La nuvola semicircolare subito a destra del centro dell'immagine identifica l'immensa struttura del vulcano, *Olympus Mons*, largo alla base 550 Km. L'aria calda pomeridiana spinta verso l'alto raffreddandosi forma sottovento al vulcano una grande nube di cristalli ghiacciati. Ad est, verso destra nella fotografia, una struttura lineare di nubi da nord a sud copre tre vulcani estinti: gli *Ascraeus Mons*, *Pavonis Mons* ed *Arsia Mons*.

Sul lembo occidentale del pianeta, a sinistra, l'immenso vulcano *Ascraeus Mons*, emerge dalla coltre di nubi con la sua cima alta oltre 25 km.



Valles Marineris - In basso a sinistra si nota l'interessante struttura geologica della *Valle Marineris*, una fossa tettonica lunga quanto l'America del nord, mentre vicino al centro dell'immagine giace il bacino di *Chryse Planitia*, costituito da un terreno denso di crateri e fessure. In basso il bacino ovale d'impatto dell' *Argyre Planitia* appare bianco per la riflessioni di nubi o di ghiaccio.

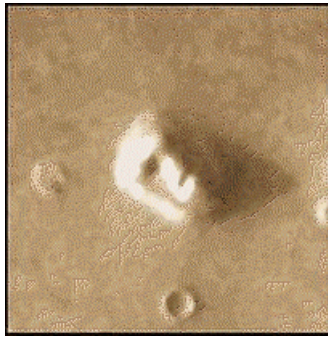


Syrtis Major Plantia - Appena a destra dal centro dell'immagine la struttura a forma di pinna caudale di pesce corrisponde alla *Syrtis Major Planitia*, con a sud il gigantesco bacino da impatto nell' *Hellas Planitia*. Una fitta cortina nuvolosa ricopre i grandi vulcani della *Elysium Planitia* vicino al lembo orientale, a destra, del pianeta. Le immagini di Hubble rivelano che tempeste di sabbia ormai esaurite hanno ripulito le pianure dell'emisfero sud del pianeta, trasportando verso nord la polvere leggera e lasciandosi alle spalle quella più pesante e meno riflettente.

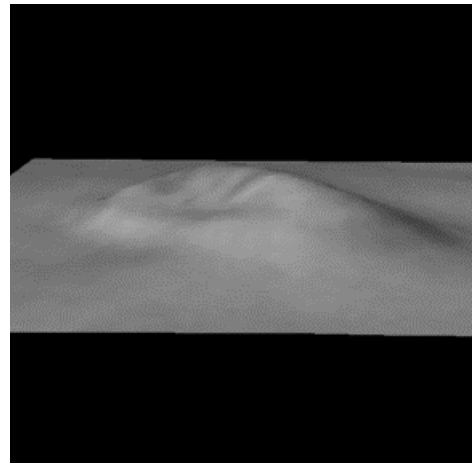
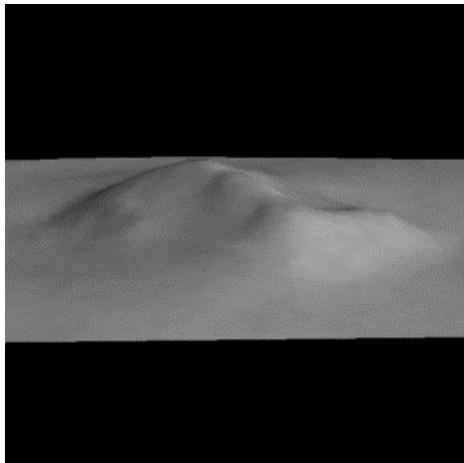
(Per cortesia di Philip James, Università di Toledo)

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

•La "sfinge" di Marte artefatto od illusione ottica ?



Regione Cydonia immagine ripresa dal Viking 1 Orbiter nel luglio del 1976. Questa immagine mostra la famosa "faccia di Marte" che molti scrittori hanno ritenuto una prova di vita intelligente su Marte. Molto più probabilmente si tratta di una collina nelle pianure del nord che è stata erosa così da darle una apparenza di faccia. Sotto la stessa immagine vista da altre due prospettive (ricostruite al computer) : illuminata da Nord e da Sud.



Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

Vista parziale della superficie di Marte



La superficie di Marte

•Fisica di Marte

Marte compie il suo periplo attorno al Sole in 686 giorni alla velocità di 24 km/sec. Marte è più piccolo della Terra e la sua superficie è circa la stessa di quella delle terre emerse della Terra.

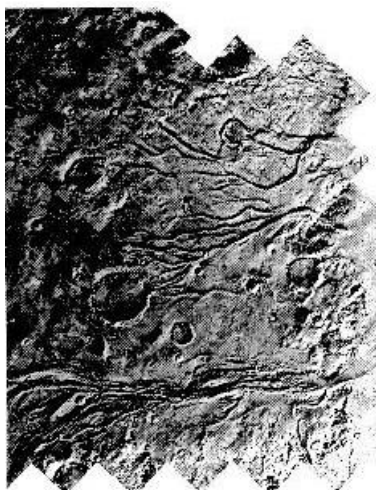
La massa, poco nota fino alla scoperta dei satelliti, risulta pari a 0.107 masse terrestri e la sua densità è di 3.95 gr/cm³. La luce ed il calore ricevuti dal Sole variano da 0.52 a 0.36 volte quelli che si ricevono sulla Terra, a seconda che il pianeta si trovi al perielio od all'afelio.

La durata del giorno marziano è quasi simile a quello terrestre: 24^h 37^m 22^s ed anche l'alternarsi delle stagioni è singolarmente analogo a quanto avviene sulla terra. Infatti l'equatore di Marte è inclinato sul piano dell'orbita di 25 °, valore molto simile all'inclinazione terrestre di 23.5 °. L'anno marziano è di 687 giorni terrestri per cui ogni stagione su Marte durerebbe in media 5.75 volte un mese terrestre.

L'orbita però è assai più ellittica di quella terrestre e la distanza dal Sole varia da 294 (all'afelio) a 206 (al perielio) milioni di km. Si hanno quindi variazioni di temperatura, alla superficie, a seconda della posizione orbitale, da -123 ° C a 22 ° C. La velocità orbitale all'afelio è notevolmente inferiore di quella al perielio.

Il diametro di Marte è di 6794 km all'equatore e di 6759 km ai poli: con dimensioni a metà tra quelle della Terra e della Luna.

Tracce di antichi fiumi su Marte



nell'orbita del pianeta !

•La presenza di acqua su Marte.

•Che ne è stato dell'acqua ?

Dal momento che Marte si è formato in una regione più esterna del Sistema Solare ecco che è probabile che su di esso si sia condensata una quantità di acqua originariamente ancora maggiore che sulla Terra. Parte di quest'acqua però, data la debole gravità, è sfuggita nello spazio interplanetario e parte è forse rimasta imprigionata sotto forma di un profondo strato di *permafrost* nel sottosuolo di Marte. [I depositi di ghiaccio ai poli](#) suggeriscono che i maggiori cambiamenti si sono verificati

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

•Variazioni orbitali.

Anche le variazioni orbitali di Marte possono aver determinato profondi cambiamenti climatici.

- L'eccentricità dell'orbita cambia ogni 100000 anni per cui, a grande eccentricità, Marte si avvicina di più al Sole e più luce giunge al polo nord il che genera delle tempeste che depositano, come si è già visto, materiale sabbioso al polo nord.
- L'inclinazione dell'asse di rotazione può essere cambiato di oltre 10 ° gradi nell' ultimo milione di anni con conseguenze sui cicli stagionali del pianeta rosso.
- Il moto di precessione dell'asse di rotazione varia con un periodo di 175000 anni ed anche questo ha determinato una variazione dei depositi polari di polvere e ghiaccio.

Certamente l'effetto combinato di questi tre fattori orbitali ha prodotto consistenti variazioni nel clima. Ci sarebbe quindi stato un periodo in cui il pianeta era più caldo ed in grado di trattenere l'acqua in superficie. Le formazioni della [*Valles Marineris*](#) sembrano confermare questa ipotesi, dimostrando che in un lontano passato vi erano estesi laghi e mari.

•Osservazioni fotografiche di Marte

Dagli inizi del XIX ° secolo la tecnica fotografica è stata ampiamente utilizzata per registrare la variabilità dell'aspetto di Marte. Si pensò che la sostanza che le basse temperature avevano condensato ai poli potesse essere acqua od anidride carbonica attivata secondo ritmi stagionali. L'indagine fotografica mise in evidenza gli strati atmosferici del pianeta: che risultò infatti altamente opaca alla radiazione ultravioletta. Osservazioni polarimetriche portarono a stimare la pressione atmosferica al suolo nella misura di 90 millibar mentre quelle spettrografiche rivelarono consistenti assorbimenti della anidride carbonica. Si riteneva che il resto del gas presente fosse azoto ma le sonde spaziali hanno dimostrato una realtà ben diversa.

• Parametri orbitali e dati fisici di Marte

Parametri orbitali
Distanza dal Sole (U.A.) =1.52
Distanza dal Sole (km) =227 940 000
Periodo di rivoluzione (anni) =1.8808
Periodo di rivoluzione (giorni) =686.98
Eccentricità=0.093
Inclinazione rispetto all'eclittica =1 ° 51 ´
Velocità orbitale media (km/sec) =24.14

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

Dati fisici
Massa (gr) = 6.241×10^{26}
Massa (Terra=1) = 0.107
Raggio equatoriale (km) = 3 397.2
Raggio equatoriale (Terra=1) = 0.532
Densità media (gr/cm ³) = 3.94
Densità media (Terra=1) = 0.72
Volume (Terra=1) = 0.15111
Ellitticità = 0.0052
Accelerazione di gravità (m/sec ²) = 3.72
Accelerazione di gravità (Terra=1) = 0.38
Velocità di fuga (km/sec) = 5.0
Periodo di rotazione = 24h 37m 22s
Inclinazione sul piano dell'orbita = 25.19 °
Albedo = 0.25
Magnitudine visuale = -2.01
Numero satelliti = 2

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

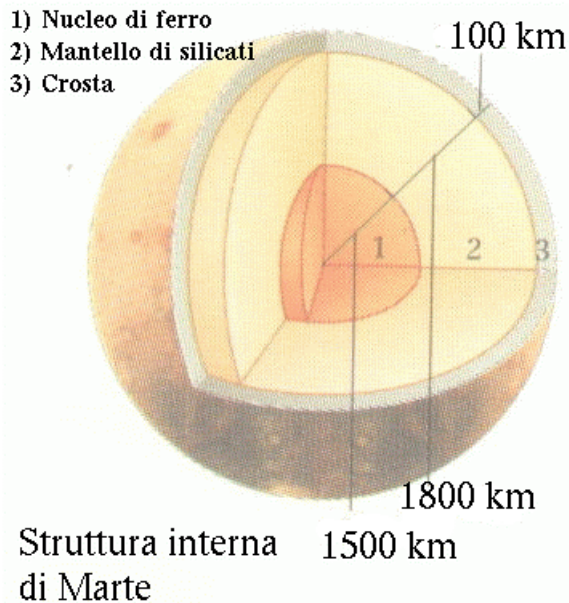


Immagine presa dal libro: "Alla scoperta del Sistema Solare"

• **Struttura interna di Marte**

Poco si conosce dell'interno di Marte. Per sapere se esiste un nucleo ferroso, solido o liquido, occorrerebbe disporre di sismografi, situati sulla sua superficie, in grado di registrare i terremoti marziani. Si tratta di un esperimento che sarà tentato dalle future missioni spaziali.

La mancanza di evidenze di una tettonica a zolle indica che la crosta deve essere molto più spessa di quella terrestre. Data la bassa gravità, si stima necessario uno spessore della crosta di almeno 20 km per fornire la pressione necessaria alla fuoriuscita di magma dai vulcani. La presenza di

un nucleo ferroso potrebbe essere provata pure dall'osservazione di un campo magnetico. Tuttavia il Mariner 4 misurò il campo magnetico marziano inferiore a 3 decimillesimi di quello terrestre. Non è però chiaro se esso sia generato nell'interno di Marte oppure indotto dal vento solare.

Struttura interna	Spessore
Marte	(km)
Crosta	100
Mantello di Silicati	1800
Nucleo di Ferro	1500
Dati	--
Albedo	0.15
Magnitudine	-2.01
Temperatura superficiale media	-63 ° C
Temperatura superficiale massima	+20 ° C
Temperatura superficiale minima	-140 ° C
Accelerazione di gravità all'equatore (m/s ²)	3.72
Velocità di fuga (km/s)	5.02

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

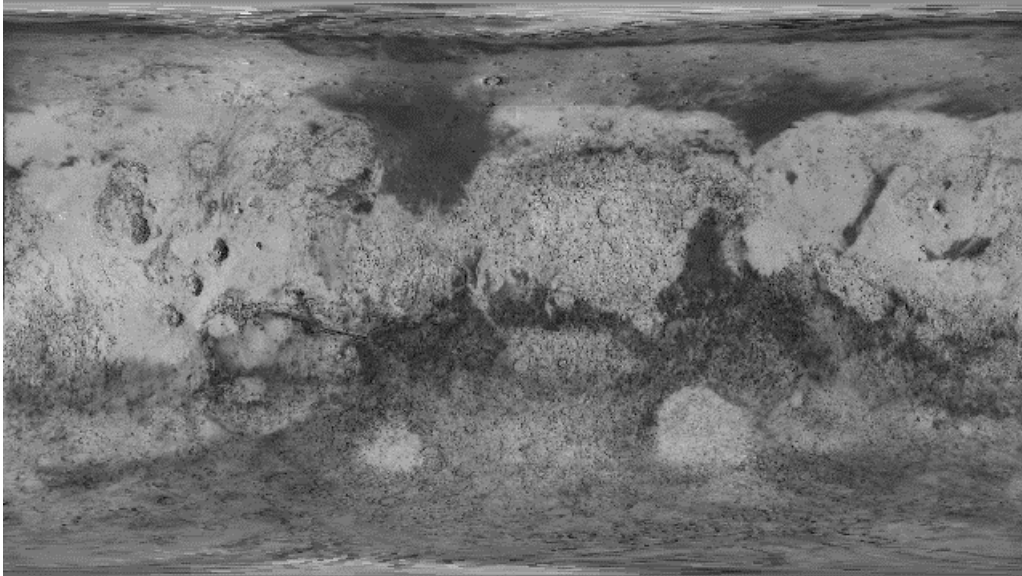
•Nomenclatura dei dettagli superficiali di Marte

Volendo classificare con maggiore dettaglio le varie formazioni che si presentano sulla superficie di Marte l'astronomo Antoniadi nel 1930 propose la seguente nomenclatura:

- *catena* una fila di crateri
- *chasma* (dal greco voragine) un canyon oppure una depressione con pareti ripide
- *dorso* una cresta o cratere allungato o irregolare
- *fossa* un fossato o depressione lunga e sottile
- *labirinto* un complesso di valli
- *mesa* una collina con sommità piatta e fianchi ripidi
- *mons* montagna o vulcano
- *patera* cratere irregolare o complesso di crateri
- *planitia* una pianura od un bacino piatto e liscio
- *planum* un altopiano
- *tholus* collina o picco isolato
- *valles* vallata o canale sinuoso
- *vastitas* pianura molto estesa

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

La Mappa di Marte



● *Superficie di Marte*

La geologia di Marte ed, in particolare, la sua superficie, è molto diversa da quella terrestre. Marte manca di una tettonica a zolle, determinante nell'evoluzione dei processi geologici terrestri. L'acqua allo stato liquido è instabile per cui mancano gli oceani che coprono la maggior parte della superficie terrestre anche se in un remoto passato la situazione, su Marte, era probabilmente diversa e forse non mancavano vasti bacini, fiumi e laghi.

La marcata differenza tra l'emisfero meridionale, disseminato di numerosi crateri, e quello settentrionale, caratterizzato da estese pianure, è difficilmente spiegabile. Attorno alle calotte polari, coperte di ghiaccio e ghiaccio secco, si trovano depositi stratificati spessi diversi chilometri composti di polveri e ghiaccio. La temperatura superficiale varia da -123° a $+27^{\circ}$ C.

Tra le più interessanti strutture si notano i crateri di Marte, sia di origine vulcanica che da impatto.



Crateri da impatto

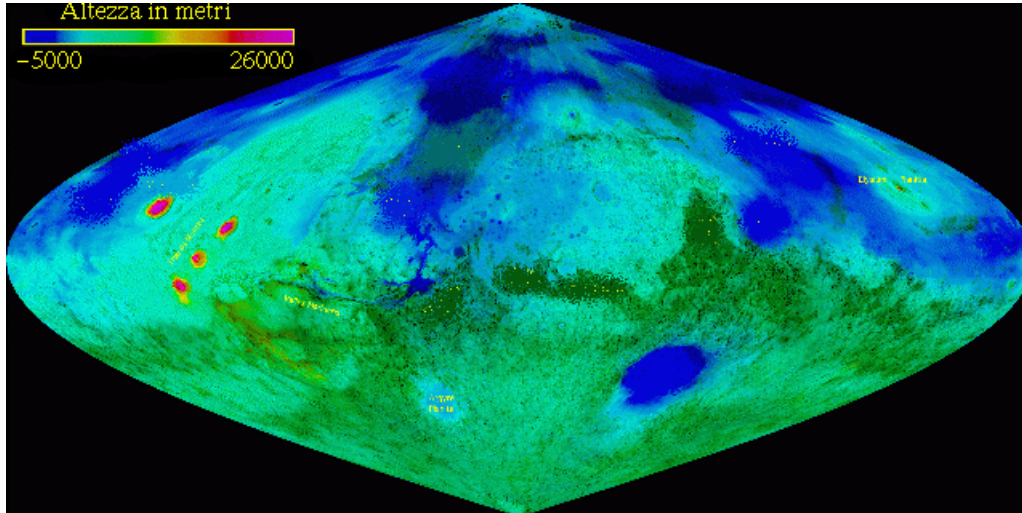
Questi ultimi possono avere l'aspetto di piccole buche ma anche di fosse con diametri di 200 e più km. Sono, come quelli lunari, quasi circolari circondati da anelli sopraelevati con il fondo ad un livello inferiore a quello medio del suolo mentre la zona circostante è sparsa di detriti espulsi al momento dell'impatto. Come per la Luna si ritiene che la maggior parte degli impatti sia avvenuta almeno 3.8 miliardi di anni fa.

Fra questi crateri da impatto si trovano tracce di antichi flussi di lava. Sembra quindi evidente che, mentre si formavano i crateri da impatto, si aveva al tempo stesso una grande attività vulcanica.

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

Ma le sorprese maggiori riguardano le caratteristiche dei crateri vulcanici.

La Mappa di Marte (proiezione sinusoidale)



● *Altre informazioni sulla superficie di Marte*

● Tracce di acqua.

Sulla superficie di Marte si osservano dune, sopraelevazioni ed avvallamenti allineati in direzione parallela a quella dei venti dominanti. I [canali](#) (da non confondersi con i famosi "canali marziani" della letteratura astronomica degli inizi del '900) hanno dimensioni gigantesche se paragonati anche ai più grandi fiumi terrestri.

Alcuni, come quello situato nella *Kaseis Vallis* largo in alcuni punti 200 km, contengono rilievi simili a piccole isole, gli argini sono ben definiti ed il loro letto in generale mostra di avere subito una specie di lavaggio lungo tutto il suo corso. È probabile che si siano formati come conseguenza dell'espulsione di acqua dal sottosuolo sottoposto a forti pressioni. Altri invece assomigliano ai torrenti ed ai fiumi terrestri il che dimostrerebbe che all'epoca di massima formazione dei crateri, 3.8 miliardi di anni fa, Marte aveva un'atmosfera più densa capace di un maggiore effetto serra e quindi presentava un clima moderato in cui l'acqua allo stato liquido era stabile.



L' [azione dell' acqua](#) è evidente in questa immagine di una zona nei pressi dell' *Ares Vallis* in *Chryse Planitia*. L'erosione prodotta dall'acqua ha scavato queste strutture ad isola in conseguenza della sua diffusione attorno a due crateri di diametro variabile tra gli 8 ed i 10 km. Il flusso di acqua si è sviluppato da sud a nord : dall'alto al basso della immagine. Si notano pure in quest'altra immagine dei chiari esempi di [erosione](#) prodotti nel passato da un sistema di grandi inondazioni e piccoli [sistemi di fiumi](#).

● Canali ed altre strutture.

Si osserva la presenza di un grande sistema di canyons chiamato [Valles Marineris](#) che occupa

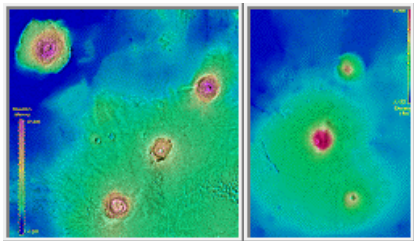
Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

un quinto della circonferenza di Marte ad una latitudine di circa 10 ° (gradi) e che sia allunga, nella direzione parallela all'equatore, per più di 3000 km dalla regione *Noctis Labyrinthus*, un sistema arcuato di fosse ad ovest, fino al terreno caotico che si presenta ad est. Si compone di molti antichi ed immensi canali, che nascono dal terreno e dal sistema di canyons al centro della struttura e "scorrono" verso nord. La massima profondità è di 7 km ed i singoli [canyons](#) hanno larghezze che possono raggiungere i 200 km e nella zona centrale, dove si trovano tre crepacci paralleli e collegati fra loro, si arriva ad una larghezza massima di 700 km. **Confrontata con il Gran Canyon dell'Arizona, *Valles Marineris*, è quattro volte più profonda, sei volte più larga e dieci volte più lunga.**

Esistono anche indizi che i canyons possano avere ospitato, in tempi passati, dei laghi. Dalle proprietà riflettenti del suolo si può dedurre che le aree oscure sono coperte da sabbia grossolana formata da granelli di un decimo di millimetro di diametro mentre le aree chiare consisterebbero di granelli più fini di diametro di non più di un millesimo di millimetro.

In conclusione la superficie di Marte testimonia una lunga attività geologica e vulcanica modificata dall'azione del vento dell'acqua e del ghiaccio. Mancando una tettonica a zolle su tutto il globo non c'è però un ricambio, come avviene sulla Terra, tra la superficie ed il suo interno.

Le regioni vulcaniche Tharsis ed Elysium. Cortesia e Copyright C. Hamilton



● *Crateri vulcanici Marte*

Marte, pur avendo solo una volta e mezza le dimensioni della Terra, ha alcuni vulcani che superano in dimensioni ed altezza i maggiori vulcani terrestri. I più massicci vulcani di Marte sono collocati in due regioni:

- [la regione Tharsis](#) che comprende tre diversi vulcani a scudo: *Ascraeus Mons* in alto a destra, il *Pavonis Mons* nel mezzo e l' *Arsia Mons* nel basso dell'immagine mentre verso il confine nord est della regione primeggia l'enorme mole dell'*Olympus Mons*
- [la regione Elysium](#) che ha vulcani più piccoli della regione *Tharsis*, ma con una diversa storia geologica, comprende tre vulcani principali: *Hecates Tholus*, *Elysium Mons* ed *Albor Mons*.



Crateri vulcanici della regione Tharsis

Questi grandi vulcani di Marte assomigliano da vicino ai vulcani a scudo delle Hawaii ed

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

hanno quindi avuto, nella loro storia passata, diverse eruzioni effusive di lava basaltica. Presentano delle fosse e caldere con tracce di lunghi flussi di lava lungo canali discendenti dalla loro sommità. I vulcani di questa regione sono enormi, infatti hanno dimensioni da 10 a 100 volte quelle dei vulcani terrestri. **Anche i letti lavici sono molto più grandi e lunghi il che è dovuto alla grande potenza di eruzione ed alla bassa gravità di Marte.** Questi vulcani hanno comunque avuto una vita relativamente breve in quanto sono stati originati dal moto delle placche continentali del pianeta; quando la placca si è spostata in una altra direzione essi hanno cessato l'attività effusiva. I tre vulcani (spenti) di questa regione *Ascraeus Mons*, *Pavonis Mons* ed *Arsia Mons* sono collocati alla stessa altezza sopra una cresta prodotta da un sollevamento tettonico. Le fratture a sud-est del *Pavonis Mons* costituiscono un grande canyon il *Noctis Labyrinthus* che a sua volta emerge, verso est, nella enorme Valle Marineris.

● ***Ascraeus Mons*** La struttura vulcanica dell' [*Ascraeus Mons*](#) consiste di una complessa caldera con diversi centri di collasso che a loro volta sono stati modificati da collassi più recenti. Il cratere più profondo presenta ancora oggi segni evidenti dell'antico ed intenso flusso di lava. La parete sud della caldera mostra un rilievo verticale alto almeno 3 km con una pendenza media di 26 °.

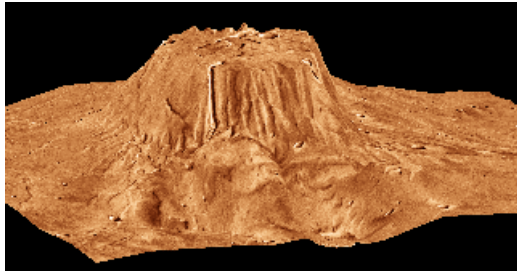
● ***Arsia Mons*** L' [*Arsia Mons*](#) è molto più alta sia dell'*Ascraeus Mons* che del *Pavonis Mons* con un notevole riempimento di lava entro la caldera. Nella parte di sud-ovest la lava si è aperta una consistente breccia con la formazione, in seguito al raffreddamento della lava, di diverse strutture montuose.



L'*Olympus Mons*

● A nord di questa zona si trova un'enorme struttura vulcanica l'*Olympus Mons*. L' [*Olympus Mons*](#) è un rilievo colossale, la più grande montagna di Marte, alto tre volte il monte Everest. È un vulcano spento a scudo simile a quelli delle Hawaii. Il centro del vulcano ha una caldera sommitale alta 24 km rispetto alle pianure circostanti mentre sotto al cratere sta una scarpata larga circa 550 km ed alta alcuni km ed oltre alla scarpata c'è un fossato di lava fuoriuscita dal vulcano. Una ricostruzione tridimensionale dell'[*Olympus Mons*](#) è stata ottenuta combinando diverse immagini ottenute da differenti punti di vista dell' *Olympus Mons*; il mosaico finale mostra l'*Olympus Mons* così come sarebbe visto da nord-est. È possibile che vulcani di queste dimensioni si siano formati a causa delle calde regioni vulcaniche sotto la superficie di Marte nel suo mantello.

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI



La Tyrrhena Patera

● **Crateri vulcanici Marte (approfondimento)**

● **Tharsis Tholus.** Un altro dei maggiori vulcani, il [Tharsis Tholus](#) è situato poco al di sotto dell'equatore che misura circa 150 km di diametro ed è alto 8 km. I suoi fianchi est ed ovest presentano delle "intaccature" abbastanza particolari causato dal collassi del centro del vulcano.

● **Tyrrhena Patera.** Negli altopiani meridionali si trova una regione di [vulcani](#) molto diversa nella sua morfologia dalle regioni *Tharsis Mons* ed *Elysium Mons*. Ha piccoli rilievi verticali di altezza minore ai 2 km con i fianchi profondamente scavati ed una serie di numerosi canali che si irradiano dalla cima. I bassi rilievi e la natura fortemente erosa del materiale lavico sta ad indicare che si tratta di vulcani diversi da quelli a scudo, probabilmente di carattere piroclastico cioè prodotti da intense ed improvvise esplosioni come quella del [vulcano Pinatubo](#) sulla Terra. La [ricostruzione](#) tridimensionale della *Tyrrhena Patera* (con vista da nord) ne mette in evidenza le caratteristiche principali. In questa immagine la dimensione verticale è stata esagerata per meglio rendere i dettagli della struttura.

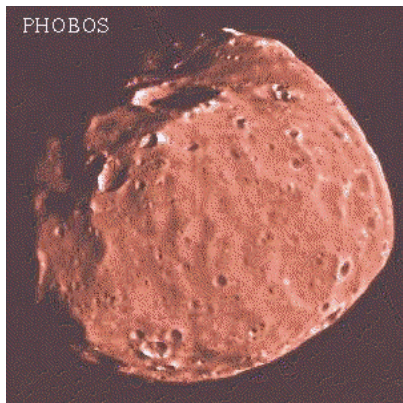
● **Ceraunius Tholus ed Uranius Tholus.** Il *Ceraunius Tholus* (in basso) è grande quanto la maggiore delle isole delle Hawaii. Insieme all'*Uranius Tholus* (in alto) costituisce un sistema di [crateri vulcanici](#) con anche un cratere da impatto proprio oltre *Ceraunius Tholus*. La [ricostruzione](#) del *Ceraunius Tholus* (a destra) e dell'*Uranius Tholus* (a sinistra) mette in evidenza le caratteristiche prospettive della regione; la vista di questa proiezione tridimensionale è da nord-est.

● **Ulysses Patera.** L'*Ulysses Patera* appartiene ad una classe di vulcani molto più piccoli degli altri vulcani a scudo. La sommità consiste di una caldera circolare con un piano smussato che ha raccolto i resti di due crateri di impatto. I fianchi inferiori del vulcano e parte anche dei crateri d'impatto sono state riempiti da materiale che proviene dalle pianure circostanti. Il che indica che le pianure che circondano il vulcano sono state ricoperte da flussi di lava forse provenienti dai *Tharsis Mons*. [Ricostruzione](#) tridimensionale dell'*Ulysses Patera*.

Questi vulcani sono simili a quelli terrestri tranne che per le dimensioni che risultano assai maggiori.

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

Immagini di *Phobos* (sinistra) e *Deimos* (destra)



• **Tabella dei satelliti di Marte**

Nome	#	Orbite	Distanze (x 1000 km)	Periodo (giorni)	Incli- nazione	Eccen- tricità	Scopritore (nome)	Data
Phobos	I	Marte	9	0,32	1,00 ⁰	0,02	Hall	1877
Deimos	II	Marte	23	1,26	1,80 ⁰	0,00	Hall	1877

• **Phobos**

I due satelliti di Marte, *Phobos* e *Deimos* presentano delle notevoli analogie con gli asteroidi.

Il nome [Phobos](#) deriva dalla mitologia Greca ed è quello di uno dei figli Marte e Venere. Il suo nome, in greco antico, ha il significato di "paura" da cui la radice della parola "fobia".

Venne scoperto il 12 agosto 1877 da Hall e fotografato dal Mariner 9 nel 1971 e dal Viking 1 nel 1977.

È la più grande delle due lune interne di Marte e presenta le seguenti caratteristiche:

- distanza dal centro di Marte: 9378 km
- diametro : 22.2 km
- non è sferico di conseguenza non si può di esso un raggio caratteristico ma solo gli assi principali di questo corpo irregolare di dimensioni 27x21.6x18.8 km.
- massa = $1.08 \cdot 10^{16}$ kg

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

Tenendo conto del raggio di Marte si può notare come Phobos sia distante meno di 6000 km dalla superficie del pianeta. È infatti una delle lune più vicine al pianeta madre di tutto il Sistema solare. La struttura più prominente di Phobos è il grande cratere chiamato "[Stickney](#)".

● *Deimos*

Il nome [Deimos](#) è, come quello dell'altro satellite, di un altro dei figli di Marte e Venere e significa "panico". Venne scoperto anch'esso da Hall nel 1877. Deimos è il più piccolo satellite di tutto il Sistema Solare ed è più lontano da Marte di Phobos:

- distanza dal centro di Marte: 23.459 km
- diametro : 12.6 km
- non è sferico ma ha assi di dimensioni 15x12.2x11 km.
- massa = $1.8 \cdot 10^{15}$ kg

I due satelliti di Marte sono, probabilmente, due asteroidi perturbati da Giove e catturati da Marte. Sono composti da rocce ricche di carbonio e ghiaccio e ritenuti analoghi agli asteroidi di Tipo-C

● *Immagini di Marte*

1. [Immagine di Marte](#) ripresa dal Telescopio Spaziale. *Cortesia Philip James, University of Toledo; Steven Lee, University of Colorado; e NASA.*
2. [Emisfero](#) di Marte centrato sul cratere di Schiaparelli; con [indicazioni](#) delle strutture principali. *Cortesia USGS.*
3. [Emisfero](#) di Marte centrato sulla *Valles Marineris* con [indicazioni](#) delle strutture principali. *Cortesia USGS.*

La superficie di Marte

1. [Modello numerico](#) del processo di convezione che *Cortesia: Walter S. Kiefer, Amanda Kubala, e LPI.*
2. La [mappa](#) di Marte (alta risoluzione).
3. La [mappa](#) di Marte (bassa risoluzione).
4. [Mappa](#) in proiezione sinusoidale di Marte. I colori rappresentano quote diverse. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
5. [Mappa](#) in proiezione sinusoidale di Marte. I colori rappresentano quote diverse (immagine

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

ridotta). *Cortesia Calvin J. Hamilton.*

6. Immagine parziale della [Valles Marineris](#). *Cortesia USGS.*
7. [Pianure nella Valles Marineris](#). *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
8. Una [panoramica](#) del sistema di canyon della regione centrale della *Valles Marineris*. Ricostruzione tridimensionale. *Cortesia USGS.*
9. La superficie di Marte vista dai Viking Lander 1 e 2
10. [Atterraggio del Viking Lander](#). (Disegno). *Cortesia NASA/JPL.*
11. [Apertura del paracadute](#) del modulo del Viking. (Disegno). *Cortesia NASA/JPL.*
12. [Atterraggio](#) del modulo del Viking. (Disegno). *Cortesia NASA/JPL.*
13. [Vista del suolo marziano](#) dal Viking Lander 2. *Cortesia NASA/JPL.*
14. [Vista del suolo marziano](#) dal Viking Lander 1. *Copia di Calvin J. Hamilton.*
15. [Vista della superficie](#) di Marte nei dintorni del Viking Lander 2. *Copia di Calvin J. Hamilton.*
16. [Vista della superficie di Marte](#) nei dintorni del Viking Lander 2. *Copia di Calvin J. Hamilton.*

Strutture vulcaniche sulla superficie di Marte.

1. Il vulcano [Olympus Mons](#): la più alta montagna di Marte. *Cortesia NASA/JPL.*
2. Ricostruzione tridimensionale dell' [Olympus Mons](#).
3. [Tharsis Tholus](#) *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
4. [Caldera](#) vulcanica sul *Tharsis Tholus*.
5. Un sistema di [caldere vulcaniche](#) con diversi centri di collasso. *Cortesia Calvin J. Hamilton e LPI.*
6. [Ceraunius Tholus \(in basso\) e Uranius Tholus \(in alto\)](#). *Cortesia Calvin J. Hamilton e LPI.*
7. [Ricostruzione](#) di *Ceraunius Tholus* (a destra) e *Uranius Tholus* (a sinistra). La vista di questa proiezione tridimensionale è da nord-est. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
8. [Ulysses Patera](#). *Cortesia Calvin J. Hamilton e LPI.*
9. [Ricostruzione](#) tridimensionale dell' *Ulysses Patera*. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

10. Regione di [vulcani](#) negli altopiani a sud. *Cortesia Calvin J. Hamilton e LPI.*
11. [Ricostruzione](#) tridimensionale della *Tyrrhena Patera*. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*

Segni dell'azione dell'acqua sulla superficie di Marte.

1. Si notano in questa immagine chiari esempi di [erosione](#) prodotti nel passato da un sistema di grandi inondazioni e piccoli sistemi di fiumi.
2. Canali scavati dalla [azione dell' acqua](#) a nord e ad est della *Valles Marineris*. *Cortesia Calvin J. Hamilton e LPI.*
3. Nell'emisfero nord di Marte (la *Maja Valles* a nord e la *Vedra Valles* a sud) si trovano questi [sistemi di canali](#) che rivelano la presenza di antichi letti fluviali. *Cortesia NASA/JPL.*
4. Altri chiari esempi di [erosione](#) sulla superficie di Marte. *Cortesia NASA/JPL.*

I poli di Marte

1. [Polo sud](#) di Marte.
2. Vista obliqua del [polo nord](#) di Marte. *Cortesia Calvin J. Hamilton e LPI.*
3. La sfinge marziana.
4. La [sfinge](#) sulla superficie di Marte.
5. Formazioni nuvolose dell'atmosfera di Marte.
6. Lungo i bordi delle calotte polari sono comuni delle [aree cicloniche](#) durante la tarda estate e l'autunno. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
7. [Sono mostrate delle onde di Lee](#) che si formano per la interazione con un grande ostacolo. Si hanno spesso ai bordi delle calotte polari e nelle regioni *Tharsis Tholus* e *Lunae Planum*. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
8. Un altro esempio di [onde di Lee](#) associate ad un cratere da impatto. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
9. Spesso della ["nebbia"](#) appare nei bassipiani di Marte. *Cortesia Calvin J. Hamilton.*
10. [Nubi su Marte](#). *Cortesia Calvin J. Hamilton.*

I satelliti di Marte.

1. [Immagine di Deimos](#).
2. [Mappa di Deimos](#) (ricostruita in italiano).

Iperastro- Il Sistema Solare-Marte-Parte XI

3. Immagine di [Phobos](#) satellite di Marte. *Cortesia NASA/JPL.*
4. Il [cratere Stickney](#) sulla superficie di Phobos. *Cortesia NASA/JPL.*
5. Immagine [composta](#) di alcuni dei principali asteroidi ed i satelliti Deimos e Phobos.

Note:

- ESA - Agenzia Spaziale Europea.
- JPL - Jet Propulsion Laboratory.
- NASA - National Aeronautics and Space Administration.
- SPL - Science Photo Library .
- STScI- Space Telescope Science Institute.
- USGS- United States Geological Service.

Sezione I Pianeti Interni

 [All'Indice Generale](#)

Mercurio

- Introduzione pag. 3
- Atmosfera di Mercurio pag. 3
- Cenni storici pag. 4
- Esplorazione con sonde spaziali di Mercurio pag. 5
- Fisica di Mercurio pag. 6
- Parametri orbitali e dati fisici di Mercurio pag. 7
- Struttura interna di Mercurio pag. 8
- Superficie di Mercurio pag. 9
- Immagini di Mercurio pag. 10

Venere

- Introduzione pag. 14
- Atmosfera di Venere pag. 15
 - L'effetto serra nell'atmosfera di Venere pag. 16
- Cenni storici pag. 17
- Ulteriori cenni storici pag. 17
- Esplorazione con sonde spaziali di Venere pag. 18
- Esplorazione di Venere con la sonda spaziale Magellano pag. 19
- Fisica di Venere pag. 20
- Parametri orbitali e dati fisici di Venere pag. 21
- Struttura interna di Venere pag. 22
- Superficie di Venere pag. 23
 - Altre caratteristiche della superficie pag. 24
 - Superficie di Venere- Teoria del rinnovamento periodico pag. 24
 - Superficie di Venere- Strutture vulcaniche pag. 25
 - Superficie di Venere- Crateri da impatto pag. 27
- Immagini di Venere pag. 28

Terra

- Introduzione pag. 33
- Atmosfera della Terra pag. 34
 - Composizione dell'atmosfera della Terra pag. 34
 - Il buco dell'ozono e l'effetto serra pag. 35

Iperastro- Il sistema solare-I pianeti interni-Indice

- Il buco dell'ozono pag. 36
- L'effetto serra pag. 37
- Andamento di temperatura e pressione nell'atmosfera terrestre pag. 39
- Il campo magnetico terrestre pag. 40
 - Le fasce di Van Allen pag. 41
 - Variazioni nel campo magnetico terrestre e nelle fasce di Van Allen pag. 43
- Tabelle della Terra pag. 44
- Struttura interna della Terra pag. 45
- Superficie della Terra pag. 47
 - Il Vulcano Pinatubo pag. 48
 - I Vulcani pag. 48
 - I terremoti pag. 49
 - La tettonica a placche pag. 50
- Esplorazione spaziale della Terra pag. 53
 - Copertura nuvolosa della Terra pag. 54
 - Il Canale della Manica pag. 55
 - La Francia Occidentale pag. 56
 - Gradienti di temperatura sugli oceani pag. 57
 - El Niño 1992 pag. 58
 - Variazioni dovute al El Niño : il pigmento pag. 59
 - Deforestazione in Brasile pag. 62
 - Lo stretto di Bering pag. 63
 - Il golfo di California pag. 64
 - Un cratere meteoritico? pag. 65
 - Fuoco nella foresta pag. 66
 - La grande muraglia pag. 67
 - Uadi di Kufra (Libia) pag. 68
 - Nilo e collisione di placche pag. 69
 - Cratere di impatto in Ciad pag. 70

La Luna

- Introduzione pag. 72
- Il polo sud della Luna pag. 73
- L'origine della Luna pag. 74
- I moti della Luna pag. 75
- Fasi lunari pag. 76
- Tabelle della Luna pag. 78
- Le maree pag. 79
- Le eclissi pag. 80

Iperastro- Il sistema solare-I pianeti interni-Indice

Marte

- Introduzione pag. 83
- Atmosfera di Marte pag. 84
 - Composizione chimica dell'atmosfera di Marte pag. 85
 - La meteorologia di Marte pag. 86
 - Variazioni nel clima attuale di Marte pag. 87
 - Variazioni nel clima di Marte studiate da Telescopio Spaziale pag. 87
- Cenni storici pag. 88
- Cenni storici su Marte (approfondimento) pag. 89
- I canali di Marte- Illusione ottica ? pag. 90
- Esplorazione con sonde spaziali di Marte pag. 91
 - Le missioni Viking pag. 92
 - Immagini relative alle missioni Viking pag. 93
 - La missione Pathfinder pag. 94
 - Informazioni sulla missione Pathfinder pag. 95
 - Immagini della zona di atterraggio del Pathfinder pag. 96
 - La missione Mars Global Surveyor pag. 97
 - Immagine di Marte presa dal Telescopio Spaziale HST pag. 97
- La "sfinge" di Marte, artefatto od illusione ottica ? pag. 99
- Fisica di Marte pag. 100
- La presenza di acqua su Marte pag. 100
- Osservazioni fotografiche di Marte pag. 101
- Tabelle di Marte pag. 101
- Struttura interna di Marte pag. 103
- Nomenclatura dei dettagli della superficie di Marte pag. 104
- Superficie di Marte pag. 105
 - Altre informazioni sulla superficie di Marte pag. 106
 - Crateri vulcanici Marte pag. 107
 - Crateri vulcanici Marte (approfondimento) pag. 109
- Tabella dei satelliti di Marte pag. 110
- Phobos pag. 110
- Deimos pag. 111
- Immagini di Marte pag. 111

Indice

- Indice pag. 115