

L'OPPOSIZIONE DI MARTE DEL 2003

In occasione della grande opposizione di Marte che si verificherà il 28 agosto 2003, riportiamo alcuni paragrafi tratti principalmente dal CD ROM LUCI DALL'INFINITO per chiarire la meccanica di tale evento e le possibilità osservative dello stesso.

Principali parametri orbitali di Marte

<i>DISTANZA MEDIA DAL SOLE (milioni di km)</i>	227.94
<i>DISTANZA MEDIA (in u.a.)</i>	1.524
<i>DIAMETRO MEDIO DEL SOLE (primi)</i>	21
<i>DISTANZA MASSIMA DAL SOLE (milioni di km)</i>	249.1
<i>DISTANZA MINIMA DAL SOLE (milioni di km)</i>	206.7
<i>PERIODO DI RIVOLUZIONE (g=giorni)</i>	686.98g
<i>VELOCITÀ ORBITALE MEDIA (km/sec)</i>	24.1
<i>PERIODO SINODICO (g=giorni)</i>	779.9g
<i>PERIODO ROTAZIONE (h=ore,m=minuti)</i>	24h37.4m
<i>DISTANZA MINIMA DALLA TERRA (milioni di km)</i>	55.5 (circa)
<i>DISTANZA MASSIMA DALLA TERRA</i>	400 (circa)
<i>DIAMETRO APPARENTE DALLA TERRA (in secondi d'arco)</i>	MAX 25.7, MIN. 3.5
<i>INCLINAZIONE DELL'ASSE SULL'ORBITA (gradi)</i>	23.98
<i>INCLINAZIONE ORBITALE (gradi)</i>	1.83
<i>ECCENTRICITÀ ORBITALE</i>	0.093
<i>NUMERO SATELLITI</i>	2

Le configurazioni di Marte e della Terra rispetto al Sole e il fenomeno delle fasi

Ricordiamo innanzitutto le posizioni che un pianeta esterno e la Terra possono assumere rispetto al Sole.

I pianeti esterni all'orbita terrestre possono assumere una elongazione dal Sole, angolo compreso fra le direzioni Terra-pianeta e Terra-Sole, che può andare da 0 a 180 gradi; nei pianeti interni tale angolo arriva ad un massimo di 48 gradi per Venere, ed in ogni caso inferiore a 90 gradi.

I pianeti esterni si trovano in congiunzione superiore quando si verifica l'allineamento Pianeta – Sole - Terra; in questo caso l'elongazione del pianeta dal Sole risulta uguale a 0 gradi (il pianeta è allineato con il Sole durante il giorno).

Si trovano in opposizione quando si verifica l'allineamento Sole – Terra – Pianeta. Il pianeta si trova alla minima distanza dalla Terra, e l'elongazione è di 180 gradi.

Quando l'angolo pianeta esterno-Terra-Sole è di 90 gradi si dice che il pianeta è in quadratura.

L'intervallo medio di tempo necessario per il ripetersi della stessa configurazione di Marte e della Terra rispetto al Sole, ad es. tra due congiunzioni superiori od opposizioni, è uguale a circa 780 giorni e viene chiamato periodo sinodico.

Fra i pianeti esterni all'orbita terrestre, Marte è l'unico a presentare un evidente effetto di fase; la frazione non illuminata del pianeta può arrivare al massimo, durante le quadrature, al 16% dell'emisfero visibile; la fase o la frazione illuminata (rapporto fra area illuminata e area totale)

risulta quindi dell'84%. In opposizione e congiunzione superiore il pianeta si presenta interamente illuminato.

I periodi migliori per l'osservazione: le grandi opposizioni

La distanza di Marte dalla Terra può variare da circa 55,5 milioni di chilometri, nelle grandi opposizioni, a circa 400 milioni di chilometri nelle congiunzioni superiori; passando dall'opposizione alla congiunzione il suo diametro apparente varia da 25 secondi d'arco a 3,5 secondi d'arco, cioè di oltre 7 volte.

Come già ricordato il periodo sinodico medio di Marte, cioè il periodo che intercorre fra due congiunzioni superiori o due opposizioni con la Terra, è di circa 780 giorni.

Le opposizioni più favorevoli si verificano quando Marte è prossimo al perielio (minima distanza dal Sole dell'orbita) durante luglio-settembre; quando l'opposizione cade alla fine di agosto la distanza dalla Terra è la minima in assoluto.

Durante le opposizioni perieliche l'asse di rotazione di Marte, che ha un'inclinazione di circa 24 gradi sulla sua orbita, presenta alla Terra il polo sud; sul pianeta come sulla Terra l'estate australe si verifica al perielio.

Nelle opposizioni afeliche può essere invece studiato l'emisfero boreale del pianeta, ma il suo diametro angolare si presenta, nelle condizioni più sfavorevoli, praticamente dimezzato; la massima distanza dalla Terra si verifica quando l'opposizione cade alla fine di febbraio.

Nelle opposizioni perieliche, che avvengono, come già ricordato, verso la fine di agosto, Marte può arrivare a circa 55,5 milioni di km dalla Terra; nelle opposizioni afeliche, verso la fine di febbraio, la distanza di Marte può arrivare a circa 101,5 milioni di chilometri.

A titolo di curiosità ricordiamo che nell'anno 2729 Marte arriverà all'opposizione a 55,6 milioni di km dalla Terra e il suo diametro angolare toccherà i 25,2 secondi d'arco; nel 2832 arriverà invece ad una distanza di 101,5 milioni di km con un diametro di circa 13,8 secondi d'arco.

Questi valori, che rappresentano rispettivamente il massimo ed il minimo valore angolare del disco di Marte nelle opposizioni comprese fra l'anno 0 e il 3010, mostrano come il diametro del pianeta alle opposizioni possa variare di quasi un fattore 2.

Nel 1971 Marte arrivò ad una distanza minima di 56,2 milioni di km e ad una distanza ancora inferiore nel 1924.

Per motivi legati all'eccentricità dell'orbita di Marte e alla sua inclinazione rispetto all'eclittica le date delle massime opposizioni non coincidono per pochi giorni con quelle del massimo avvicinamento alla Terra.

Tra le opposizioni meno favorevoli del secolo, cioè con Marte in prossimità dell'afelio, ricordiamo quelle dell'80, del 1901 (dove Marte presentò un diametro di 13,8 secondi di arco), del 1933 e del 1948.

Opposizioni simili (distanziate da alcune settimane al massimo), per es. perieliche ed afeliche, avvengono con una periodicità di 15 e 17 anni.

In un periodo di 79 anni, che contiene circa 37 periodi sinodici (o 37 opposizioni), si verificano 3 opposizioni simili ogni 15 anni e 2 ogni 17 anni.

Ogni 79 anni le opposizioni si verificano con uno scarto di pochi giorni.

Riportiamo di seguito alcuni dati relativi alle opposizioni di Marte dal 1980 al 2003 (completi di altezza massima orizzonte e nome costellazione a partire dal 1995):

data opp.	dist.	diam.	mag	Tipo oppos	altez. orizzonte gradi	massima costellazione in
25/02/1980	101	13,8	-1,0	af		
31/03/1982	95	14,7	-1,2	af		
11/05/1984	80	17,5	-1,8	in		
10/07/1986	60.5	23,1	-2,4	pe		
28/09/1988	59	23,8	-2,5	pe		
27/09/1990	78	17,9	-1,7	in		
07/01/1993	94	14,9	-1,2	af		
12/2/1995	101	13.8	-1.0	af	63	Leone
17/3/1997	99	14.2	-1.3	af	49.5	Vergine
24/4/1999	87	16.2	-1.7	in	33.5	Vergine
13/6/2001	68	20.5	-2.4	in	18.5	Ofiuco
28/8/2003	56	25	-2.8	pe	29.5	Acquario

La distanza (dist.) viene espressa in milioni di chilometri, il diametro (diam.) in secondi d'arco, la magnitudine (mag.) esprime la luminosità del pianeta, il tipo di opposizione: af=afelica se cade fra gennaio e marzo, in=intermedia se cade tra aprile-giugno o ottobre-dicembre, pe=perielica se cade fra luglio e settembre, l'altezza massima (raggiunta in meridiano a sud) è relativa all'orizzonte di un osservatore situato circa a 45 gradi di latitudine nord.

Nel 1995 si è avuta un'opposizione molto sfavorevole dopo quella del 1980, nel 2003 invece Marte si avvicinerà alla Terra più che negli ultimi 2 millenni (in alcuni articoli recenti del settore tale opposizione viene considerata la più favorevole per un periodo maggiore). Come si può vedere nella tabella, l'altezza di Marte nei periodi delle opposizioni più favorevoli (quando il suo diametro angolare è maggiore), rimane sempre piuttosto bassa per un osservatore situato ad una media latitudine boreale; questo perchè il piano dell'eclittica, nei pressi del quale passa l'orbita del pianeta, durante le notti estive si trova basso sull'orizzonte.

Per avere un'idea della luminosità di Marte alle opposizioni, che può arrivare al massimo alla magnitudine -2,8, ricordiamo che Sirio, la stella apparentemente più luminosa del cielo, splende di magnitudine -1,46, Venere al massimo del suo splendore arriva alla magnitudine -4,4, Giove può arrivare alla magnitudine -2,6, Saturno alla -0,3.

Considerando che la luminosità aumenta al diminuire della magnitudine e che tra una magnitudine e quella successiva c'è una differenza di 2,512 volte, si può calcolare la luminosità relativa di Marte rispetto a Sirio.

Durante le opposizioni più favorevoli, nelle quali il pianeta raggiunge la magnitudine -2,8, la sua luminosità risulterà $2,512^{(2,8-(-1,46))} = 3,4$ volte maggiore rispetto a quella di Sirio.

Il dilettante e l'osservazione

L'osservazione di Marte dipende in gran parte dal suo diametro apparente che varia da 25 secondi d'arco nelle opposizioni perieliche a 14 secondi nelle opposizioni afeliche per arrivare a 3,5 secondi nelle congiunzioni superiori con il Sole.

Quando il suo diametro si aggira intorno ai 4 secondi d'arco, nelle congiunzioni superiori, il pianeta assume dimensioni puntiformi (all'incirca come Urano) ed è comunque immerso nella luce solare.

Durante le normali opposizioni il suo diametro angolare è intorno ai 15 secondi d'arco e con uno strumento di 10/15 cm di diametro (con i rifrattori l'osservazione planetaria è sempre migliore) e in buone condizioni di osservazione si possono individuare già diverse formazioni superficiali (tempeste di sabbia permettendo), oltre alle calotte polari.

Durante le grandi opposizioni che si verificano al perielio (minima distanza dalla Terra), è visibile l'emisfero sud, che risulta anche l'emisfero più conosciuto rispetto a quello boreale.

In tali opposizioni la calotta polare sud può essere osservata in media per circa 300 giorni.

Nelle opposizioni afeliche può essere invece studiato l'emisfero boreale del pianeta ma il suo diametro angolare si presenta, nelle condizioni più sfavorevoli, praticamente dimezzato; la massima distanza dalla Terra si verifica quando l'opposizione cade alla fine di febbraio.

La calotta polare nord può in media essere osservata per circa 450 giorni.

Un telescopio di 15/20 cm di diametro consente di osservare qualche particolare su Marte per un periodo di circa 8 mesi intorno all'opposizione o almeno fino a quando il suo diametro angolare non scenderà sotto i 7/10 secondi di arco.

In queste circostanze, considerata la ridotta dimensione angolare del suo disco, l'osservazione dei particolari superficiali del pianeta diventa più difficoltosa e il numero dei dettagli osservati diventa un valido banco di prova per testare le ottiche degli strumenti, l'idoneità dei luoghi d'osservazione, l'esperienza e l'acutezza visiva dell'osservatore.

Quando Marte presenta sufficiente luminosità e diametro apparente l'utilizzo di filtri consente di osservare diversi particolari superficiali e atmosferici.

Con i filtri violetti e blu sono visibili gli strati nuvolosi, le nubi, i veli e le nebbie superficiali; il filtro verde rafforza la visibilità delle calotte polari e delle brine superficiali, mentre con filtri dal giallo al rosso diventano sempre più visibili le macchie superficiali, le tempeste giallastre di polvere e scompaiono progressivamente i fenomeni atmosferici.

L'osservazione protratta nel tempo del pianeta, prerogativa del dilettante, con strumenti, metodologie e condizioni idonee è sicuramente utile ad una migliore conoscenza dell'evoluzione climatica del pianeta.

Le mutazioni climatiche, legate all'inclinazione di circa 24 gradi (simile a quella terrestre) dell'asse del pianeta sulla sua orbita e all'eccentricità di quest'ultima, diventano visibili con la variazione stagionale delle calotte polari e sulla base dei mutamenti di colore ed estensione delle macchie superficiali dovuti alle tempeste di polvere e alle formazioni nuvolose.

Per chi fosse interessato all'osservazione di Marte il riferimento è la relativa sezione pianeti di ricerca all'interno dell'Unione Astrofili Italiani (U.A.I.)

La fotografia di Marte

Nella fotografia di Marte, come in quella degli altri pianeti, oltre a disporre di strumentazioni adeguate (rifrattori da 10-15 cm di diametro e riflettori da 15-25 cm di diametro, corredati di adeguate strumentazioni di guida), occorre attendere una serata di calma atmosferica con il pianeta in favorevoli condizioni di osservazione (cioè con un diametro angolare superiore a 10-15" secondi d'arco).

Ottenere fotografie con qualche macchia superficiale non è comunque impresa facile a causa del basso contrasto dei particolari superficiali e delle dimensioni generalmente ridotte del disco; occorrono quindi pazienza e strumentazioni e supporti adeguati.

Per chiarire meglio l'argomento relativo alla ripresa fotografica (su pellicola) di Marte e dei pianeti in generale proseguiamo con un estratto della **guida di fotografia generale** (scaricabile da internet - i riferimenti bibliografici sono all'interno della guida fotografica).

L'esposizione in fotografia astronomica

Nella fotografia planetaria il rapporto focale utilizzato, che si esprime come Focale obiettivo / Diametro obiettivo, può arrivare fino a f/100 – 150. Tenendo fisso il diametro dell'obiettivo ed

interponendo sistemi di lenti viene aumentata la focale equivalente. Viene così aumentato il rapporto focale e quindi l'ingrandimento, al fine di ottenere sul negativo un'immagine con un diametro di qualche millimetro. Conosciuta l'estensione angolare di un oggetto la formula che ci permette di trovarne le dimensioni in mm sul negativo è la seguente:

$$dm = F \times ds / 206.265; F = dm \times 206.265 / ds; F_{eq} = F / D$$

dove **dm** = dimensione dell'oggetto in mm sul negativo, **F** = distanza focale, **ds** = dimensione in secondi dell'oggetto, **D** = diametro dell'obiettivo, **F_{eq}** = focale equivalente.

Per ottenere buone riprese sono in genere necessari diametri planetari di almeno 2 mm. Supponiamo d'avere a disposizione un telescopio con diametro di 20 cm. Per ottenere un disco intorno a 2 mm di **Venere**, che presenta un diametro angolare medio di 35" (variabile da 63" a 9.5", sotto i 20" non è conveniente fotografare), è necessaria una focale equivalente di f/70 o 14 metri. Le migliori fotografie di Venere ottenute dalla Terra, con appositi filtri azzurri o ultravioletti, rivelano soltanto deboli ombreggiature rappresentative delle maggiori discontinuità atmosferiche.

Marte ha un diametro medio di 15" (variabile da 3.5" a 25.7", non è conveniente fotografare con un disco inferiore a 13") e la focale necessaria per ottenere un disco di 2 mm sul negativo è di f/140 o 27 metri. Considerato l'elevato rapporto focale richiesto ci si può accontentare di un disco con diametro inferiore a 2 mm, oppure fotografare il pianeta solo quando le dimensioni angolari sono maggiori di 15".

Per ottenere sul negativo un disco di 2 mm del pianeta **Giove**, la cui dimensione angolare media è di 40" (variabile da 30.4" a 50"), è necessaria una focale equivalente di f/50 o 10 metri.

Saturno che presenta un diametro angolare medio di 18" per il disco e di 42" per gli anelli (variabile da 15" a 20.9" per il disco, e da 39" a 45" per gli anelli), richiede una focale equivalente di f/114 o 23 metri per il disco e di f/50 o 10 metri per gli anelli. Il rapporto focale più conveniente per telescopi amatoriali si pone intorno ad f/100.

L'ingrandimento dell'immagine richiede un proporzionale aumento del tempo di esposizione. Una esposizione superiore a 2/4 secondi comporta una minore definizione a causa delle eventuali imprecisioni del moto orario e della turbolenza atmosferica (seeing) che provoca un'agitazione dell'immagine direttamente proporzionale all'ingrandimento e al tempo di posa.

Secondo W. Ferreri le esposizioni corrette per i vari pianeti, in assenza di filtri, con una sensibilità di 400 ASA ed un rapporto focale di f/100 sono le seguenti:

PIANETA	ESPOSIZIONE	BRILLANZA (MARTE = 1)	BRILLANZA CANDELE x cm ²
Venere	1/30	18	3
Marte	1/2	1	0.15
Giove	2	0.25	0.04
Saturno	8	0.07 (1/14)	0.013

Diminuendo la relazione di apertura la posa diminuisce secondo il rapporto fra i quadrati delle focali. Con una focale equivalente di f/70, ad es., la posa verrà dimezzata ($70^2/100^2 = 0.5$), con f/50 ridotta di 1/4 ect.

Per ottenere le migliori **foto lunari** conviene operare a f/60-f/100. A f/100 e con pellicola di 400 ASA, per registrare i dettagli in prossimità del terminatore, occorre un'esposizione di circa 1-2 secondi.

Una formula empirica (ricavata da Marco Massa, fare riferimento alla bibliografia del cd-rom luci dall'infinito) per calcolare i tempi d'esposizione per i pianeti e la Luna è la seguente:

$$t = f^2 / (250 \times A \times B)$$

dove **t** = tempo di esposizione in secondi, **A** = sensibilità della pellicola in ASA, **B** = brillantezza dell'astro in candele per cm², **1/250** = costante.

Utilizzando una pellicola da 400 ASA ed un rapporto focale di f/11 i tempi di esposizione necessari per **fotografare le varie fasi lunari** sono i seguenti:

FASE	TEMPO	BRILLANZA CANDELE x cm ²
Luna Piena (giorno 13.6)	1/250	0.25
decimo giorno (80% disco)	1/125	0.12
Primo quarto (50% disco, settimo giorno)	1/60	0.06
Quarto - Quinto giorno (19-25% disco)	1/30	0.03
Terzo - secondo giorno (11-5% disco)	1/15	0.015-0.07
Luce cinerea 2° giorno	30 s	

L'influenza dell'assorbimento atmosferico sull'esposizione viene quantificata nella seguente tabella.

ALTEZZA DA ORIZZONTE	PERDITA MAGNITUDINI	ALLUNGAMENTO POSA
90°	0	1
60°	0.1	1.09
45°	0.2	1.2
30°	0.5	1.58
25°	0.7	1.9
20°	1	2.5
15°	1.5	4
10°	2.5	10

Tratta da [Fer77]

Secondo altri autori il tempo d'esposizione in secondi, per le riprese planetarie, può essere così calcolato:

$$t = c \times A \times (F/D)^2 / (L \times S)$$

dove **c** = fattore di compensazione o assorbimento (considerato uguale ad 1 in assenza di filtri) dell'eventuale filtro, **A** = coefficiente di estinzione che può essere considerato uguale ad 1 quando il

pianeta è più alto di 30° sull'orizzonte, **F** = focale equivalente, **D** = diametro dell'obiettivo, **L** = luminanza del soggetto per unità di superficie, **S** = sensibilità della pellicola in ASA. Calcolato t sarà conveniente effettuare sovra e sottoesposizioni rispetto a tale valore.

Nella seguente tabella vengono indicati i valori di luminanza di alcuni pianeti e i tempi di esposizione necessari con una sensibilità di 400 ASA ed un'apertura di f/100 (senza considerare il difetto di reciprocità e l'eventuale estinzione atmosferica):

PIANETA	ESPOSIZ. IN SEC.	LUMINANZA
Luna Piena	1/8	200
Venere	1/45	1042
Marte	½	59
Giove	1.5	16
Saturno	5	4.9

Tratta da [Fal-Tan87]

NOTE STORICHE

L'osservazione telescopica del pianeta

Parliamo brevemente del ruolo che Marte ha avuto nella nascita della meccanica celeste, branca dell'astronomia che studia i movimenti degli astri e ne calcola le posizioni.

Negli anni 1576-1596 l'astronomo Tycho Brahe (esegui le più accurate misurazioni ottenute ai suoi tempi sulle posizioni di 777 stelle senza l'ausilio di strumenti ottici, ottenendo una precisione intorno al primo d'arco) effettuò precise rilevazioni delle posizioni di Marte che consentirono al genio di Keplero, grazie all'eccentricità dell'orbita (superata da Plutone e Mercurio), di trovare la forma che maggiormente si adattava ai moti di rivoluzione planetari.

Copernico, nella sua grande opera "De Revolutionibus Orbium Coelestium", pubblicata nel 1543, affermava, in contrasto con la teoria geocentrica imperante, che non erano i pianeti e il Sole a ruotare intorno alla Terra, ma era quest'ultima, insieme agli altri corpi del Sistema Solare, a muoversi intorno al Sole percorrendo un'orbita circolare (più o meno complessa, composta di epicicli ed altri artifici); egli scardinò concettualmente e con ragionamenti geometrici la vecchia concezione geocentrica dell'Universo (non poteva fornire, con le conoscenze matematiche dei suoi tempi, una dimostrazione rigorosa del suo sistema).

Keplero, utilizzando un metodo geometrico-matematico e basandosi sulle osservazioni condotte da Tycho su Marte, scoprì la sua prima legge e cioè che i pianeti si muovono su orbite ellittiche intorno al Sole (e non più circolari composte di epicicli), seguita dalle altre 2 famose leggi.

Le leggi di Keplero vennero in seguito dimostrate matematicamente da un altro grande genio, Isaac Newton, che spianò la strada alla nascita della meccanica celeste; questa branca dell'astronomia, attraverso il calcolo teorico integrato con le osservazioni, consentì di studiare e prevedere con precisione il moto dei corpi celesti.

Torniamo ora a Marte per ricordare le prime osservazioni telescopiche del pianeta.

Galileo nel 1610 fu il primo, con il suo cannocchiale, ad osservare Marte e a metterne in evidenza le fasi.

Nel 1659 il fisico e astronomo danese C. Huygens eseguì i primi disegni con presenti alcuni dettagli della superficie marziana; uno dei particolari disegnati da Huygens rappresenta la regione della Syrtis Major.

Stimò inoltre che il periodo di rotazione di Marte, sulla base del movimento di rotazione della Syrtis Major, fosse di 24 ore.

Nel 1666 L'astronomo Cassini riuscì a calcolare con maggior precisione, utilizzando osservazioni più accurate, il periodo di rotazione di Marte, che stimò intorno a 24 ore e 40 minuti avvicinandosi notevolmente a quello attuale di circa 24 ore e 37 minuti.

Cassini documentò per primo anche l'esistenza delle due calotte polari.

Inoltre, pensò di utilizzare la distanza Terra-Marte per ricavare il valore medio della distanza Terra-Sole od Unità Astronomica, misura fondamentale per il calcolo delle distanze planetarie espresse appunto secondo questa unità.

Con la spedizione nella Guyana Francese, organizzata da Cassini e guidata da J. Richer, che operò dal 1661 al 1673 in parallelo con l'Osservatorio di Parigi, venne calcolato il valore medio per la distanza Terra-Sole.

Dalle rilevazioni contemporanee effettuate a Parigi e a La Cayenne in Guyana Francese (località distanti circa 10.000 km), si misurarono le diverse posizioni assunte da Marte rispetto alle stelle di fondo, grazie all'effetto di parallasse.

Da queste misure si determinò l'angolo sotto il quale la base Parigi-La Cayenne è vista da Marte, quindi le distanze Terra-Marte e Terra-Sole.

Il valore ricavato per la distanza media Terra-Sole fu di 132 milioni di km; tale valore, in difetto del 10% rispetto al valore attuale di 149.600.000 km, rappresentò una misura estremamente importante perchè definiva finalmente le dimensioni reali del Sistema Solare.

Nel 1704 Maraldi scoprì che le calotte polari marziane variano nel tempo e inoltre non coincidono con i poli geografici.

Il grande astronomo W. Herschel, tra il 1777 e il 1783, continuò l'osservazione di Marte; egli studiò la variazione delle calotte polari ipotizzando una loro composizione simile a quelle terrestri, inoltre stimò intorno a 28 gradi l'inclinazione dell'asse di rotazione del pianeta sull'orbita, un valore in eccesso di 4 gradi rispetto a quello attuale.

Da questo valore dell'inclinazione dell'asse e dalle variazioni delle calotte polari dedusse che anche su Marte il clima doveva presentare un andamento stagionale.

La somiglianza del periodo di rotazione e dell'inclinazione dell'asse rispetto a quello terrestre indussero Herschel a ritenere Marte un ottimo candidato per ospitare altre forme di vita.

La speranza che la vita su Marte potesse esistere in qualche forma evoluta, vegetale o animale, è rimasta fino all'inizio delle esplorazioni spaziali.

Herschel verificò che le macchie superficiali del pianeta si attenuavano ai bordi (dove la visuale attraversa uno strato maggiore di aria e la luce proveniente dalla superficie risulta indebolita), interpretando tale fatto con la presenza di un'atmosfera.

Nel 1783 giunse alla conclusione, osservando la diminuzione di splendore di una stella che veniva eclissata dal disco planetario (in occasione di una congiunzione), che l'atmosfera marziana fosse poco estesa, .

Egli riteneva che molti particolari superficiali fossero da attribuire a formazioni nuvolose.

Alle stesse conclusioni arrivò l'astronomo J.H. Schroter che studiò il pianeta tra il 1785 e il 1803.

Con il miglioramento degli obiettivi telescopici principalmente ad opera del fisico-ottico J. Fraunhofer, gli astronomi W. Beer e J.H. Madler, utilizzando un telescopio di 11 cm di diametro, pubblicarono nel 1840 la migliore mappa di Marte fino ad allora disegnata.

Essi attribuirono con sicurezza le macchie osservate a particolari della superficie e non a formazioni nuvolose (come riteneva ad es. Herschel); inoltre, utilizzando anche le osservazioni di Herschel, attribuirono a Marte un periodo di rotazione di 24 ore, 37 minuti e 23 secondi, valore in eccesso di un solo secondo rispetto a quello reale.

Da allora la campagna osservativa di Marte venne notevolmente intensificata; tuttavia le cartine redatte dai diversi astronomi non trovavano corrispondenza per la variazione delle figure superficiali, da alcuni attribuite a cambiamenti stagionali e da altri a tempeste di sabbia.

Nel 1867 l'astronomo inglese R. Proctor eseguì delle buone cartine di Marte attribuendo una nomenclatura, in seguito abbandonata, alle caratteristiche della superficie.

Nel 1877, presso lo U.S. Naval Observatory di Washington, durante una grande opposizione di Marte l'astronomo A. Hall scoprì, a pochi giorni l'uno dall'altro, i 2 satelliti di Marte.

Queste 2 lune, che vennero denominate Phobos e Deimos, parevano essere, come confermato dalle sonde Mariner, asteroidi dalla forma irregolare con dimensioni di qualche chilometro.

Hall con i moti orbitali dei due satelliti determinò la massa di Marte, stimandola di $6,43 \times 10^{26}$ grammi, in buon accordo con il valore attuale di $6,4191 \times 10^{26}$ grammi.

Anche l'astronomo italiano Giovanni V. Schiaparelli si dedicò allo studio di Marte nella grande opposizione del 1877 utilizzando, a Brera, un rifrattore da 22 cm.

Nel 1877 tracciò una mappa completamente nuova del pianeta; per rendere il disegno più preciso basò il suo rilevamento cartografico su 62 punti fondamentali e rideterminò inoltre l'inclinazione dell'asse. Le sue cartografie di Marte portarono un grande contributo alla conoscenza della superficie planetaria.

A partire dal 1886 Schiaparelli utilizzò per le osservazioni un rifrattore più potente di 49 cm di diametro.

Già nelle osservazioni del 1877, ma soprattutto in seguito, Schiaparelli rappresentò la superficie di Marte composta da macchie superficiali chiare, denominate 'terre', e da altre scure, i 'mari', collegate fra loro da un intreccio di sottili linee, i 'canali', lunghe anche migliaia di chilometri, che si intersecavano in piccole aree circolari scure.

Tali canali venivano interpretati dall'astronomo come corsi d'acqua in comunicazione con le macchie scure superficiali.

Nel 1892 l'astronomo Pickering osservò delle formazioni, che si modificavano con l'andamento stagionale, all'interno delle regioni scure escludendo così che fossero mari.

Le macchie sulla superficie, anche se permanenti, variano di colore ed intensità nel corso dell'anno marziano; Schiaparelli, come altri astronomi, attribuiva tali variazioni di colore al ciclo vegetativo stagionale: tale ipotesi venne avanzata per la prima volta nel 1860 dall'astronomo francese E. Lias. Schiaparelli riteneva che tali aree non fossero mari ma zone ricoperte da vegetazione perchè oltre a manifestare cambiamenti di colore stagionali non riflettevano la luce del Sole come gli specchi d'acqua.

In generale si può affermare che il pianeta Marte si presenta rossastro all'osservazione; studi condotti da Lyot e Dolfus negli anni '50-'60 rivelarono l'esistenza di polvere di limonite, un ossido di ferro.

Le macchie risultano più accentuate in primavera con colorazioni grigio-verdastre, color marrone in estate e rosse od anche violacee in autunno, mentre certe zone rimangono permanentemente verdi o bluastre.

In linea di massima osservando un emisfero marziano durante l'inverno è visibile la calotta polare alla massima estensione con le zone scure di colore grigio e quelle chiare incolori; nella stagione primaverile le calotte polari diminuiscono progressivamente e le zone più scure aumentano il loro contrasto assumendo colorazioni verdastre che, a partire dai poli, si estendono progressivamente verso l'equatore.

Il contrasto tra zone chiare e scure raggiunge il massimo all'inizio dell'estate e quindi diminuisce fino al nuovo inverno; un ciclo del genere presenta tutti i presupposti per far pensare ad un ciclo stagionale vegetativo.

Nei disegni di Schiaparelli, come già ricordato, venivano rappresentati anche diversi canali paralleli o geminati che potevano suggerire l'ipotesi di opere artificiali, anche se l'astronomo non si pronunciò mai apertamente su questa ipotesi.

L'astronomo che continuò ad osservare per alcuni anni dopo il 1890, non pubblicò mai questi ultimi disegni per il progressivo calo dell'acutezza visiva; specialmente nelle sue ultime carte gran parte dei canali venivano rappresentati sdoppiati.

Nel 1900 abbandonò l'attività di ricerca.

Anche **Padre Angelo Secchi** si dedicò all'osservazione di Marte rappresentando diversi particolari oltre alle macchie superficiali e alle calotte polari; pare fu il primo, nel 1859, ad osservare i famosi canali. Nel 1858 osservò inoltre delle nubi bianche sulla superficie del pianeta.

Il più accanito assertore dell'esistenza dei canali fu l'astronomo dilettante americano Percival Lowell, che era convinto, tra l'altro, dell'esistenza di esseri intelligenti su Marte; nell'opposizione del 1909 contò oltre 700 canali.

Egli fece costruire l'osservatorio, che oggi porta il suo nome, a Flagstaff, in Arizona (USA), ed osservò Marte negli anni 1896-1916; l'Osservatorio fu dotato di un rifrattore da 38 cm di diametro, a cui si aggiunse nel 1896 un rifrattore da 61 cm.

Lowell era convinto che i canali servissero ad imbrigliare acqua dai poli per distribuirla, durante lo scioglimento dei ghiacci, a tutto l'arido pianeta.

Egli riteneva che le chiazze marroni, presenti dove i canali si incrociavano in più punti, fossero città, mentre le macchie nere più grandi, come già supposto da altri, venivano identificate come zone ricoperte da vegetazione.

Per chiarire la questione dei canali altri studiosi si cimentarono, con strumenti sempre più potenti, nell'osservazione di Marte.

L'astronomo americano E. Barnard, osservando Marte nella grande opposizione del 1892 con il rifrattore Lick da 91 cm di diametro, trovò una grandissima quantità di dettagli senza però mai notare la presenza di canali, visibili invece con obiettivi minori di 20 cm di diametro.

Anche l'astronomo Mellish utilizzando il rifrattore Yerkes di 102 cm di diametro, nonostante l'osservazione eccezionalmente dettagliata condotta nel 1917, non vide nessun canale sulla superficie.

Sembra addirittura che Barnard nel 1892 e, successivamente Mellish nel 1917, riuscirono a scorgere dei crateri su Marte, ma non ritennero di pubblicare i loro risultati.

Risultavano anche visibili le eventuali nubi che circondavano la cima del monte Olympus (di 70 km di diametro), chiamata Nix Olympica da Schiaparelli che pensava di aver visto il ghiacciaio di una grande montagna, Nix Olympica.

Contro la teoria dei canali si schierarono l'astronomo inglese Maunder e in maniera definitiva l'astronomo dilettante Vincenzo Cerulli.

Cerulli osservò Marte per diverse opposizioni con un rifrattore da 39 cm di diametro, nella sua specola di Collurania, presso Teramo, realizzata nel 1890; egli notò che i 'canali', nei momenti di migliore osservazione, apparivano composti da altri deboli particolari di forma geometrica solo vagamente allineati.

Quando Marte non era in condizioni ottimali di osservazione allora in genere i canali apparivano più definiti.

I particolari visibili su Marte sono paragonabili a quelli visibili sulla Luna ad occhio nudo o con un piccolo binocolo; al di fuori dei particolari più evidenti gli altri sono la somma di un insieme di dettagli che singolarmente risulterebbero invisibili.

In secondo luogo Marte, osservato ad alti ingrandimenti, presenta un'immagine continuamente mutevole, ferma solo per brevissimi e rarissimi istanti; l'interpretazione di quello che si osserva al limite della visibilità finisce per essere in parte una rappresentazione soggettiva.

Particolari al limite della visione, disposti in determinate direzioni, vengono raggruppati in modo soggettivo dall'occhio secondo forme geometriche semplici come linee oppure forme circolari o poligonali.

I canali possono apparire addirittura sdoppiati o geminati in due linee larghe o sottili (come rappresentati da Schiaparelli e da Lowell) separate da centinaia di chilometri.

Quando nell'osservatore matura la convinzione di vedere strutture lineari, nonostante il proposito di essere obiettivo, continuerà a vederle, stimolando così in modo inconscio la tendenza a riunire debolissime macchie isolate secondo linee.

I famosi 'canali' di Marte alla fine risultarono illusioni ottiche dovute alla percezione soggettiva di particolari al limite della visibilità che l'occhio tendeva a raggruppare secondo figure geometriche;

osservando con strumenti più potenti o in migliori condizioni di osservazione i canali apparivano sfumarsi in zone più vaste e meno delimitate risultanti dall'addensamento di chiaroscuri minori.

Nelle migliori osservazioni di Marte compiute dagli astronomi Barnard, Mellish, Antoniadi, Hale e Kuiper i canali non furono praticamente più visti e vennero disegnate le migliori mappe del pianeta ricavate dalla Terra.

Fino al 1950 la mappa più dettagliata di Marte era quella redatta dall'Antoniadi, che utilizzò per le osservazioni il grande rifrattore di 83 cm di Meudon, a Parigi, durante le opposizioni del 1909 e del 1924.

Sulla base di osservazioni fotografiche eseguite tra il 1941 e il 1952 dal Pic du Midi, nei Pirenei, G. De Mottoni disegnò nel 1957 una validissima mappa di Marte adottata dall'Unione Astronomica Internazionale (IAU).

L'astronomo Shiro Ebisawa pubblicò, nel 1960, la migliore mappa esistente del pianeta ricavata da osservazioni terrestri con riportati i più piccoli particolari visibili con telescopi di cospicue dimensioni.

Il più accanito sostenitore dell'esistenza fisica dei canali rimase Lowell, ma questa convinzione, già praticamente abbandonata insieme a quella più radicata nel mondo astronomico che su Marte potesse esistere la vita, venne completamente smentita dalle sonde spaziali.

Le riprese del Mariner 4 nel 1965 e dei Mariner 6-7 nel 1969 rivelarono una superficie sterile e deserta, con regioni diversamente riflettenti ad indicare le macchie visibili da Terra.

In generale si può affermare che le zone chiare sono ricoperte da un sottile strato di polvere fine, mentre le macchie più scure sono dovute a rocce nude o parzialmente ricoperte da polvere.

Nel 1956 un'immensa nube giallastra oscurò quasi tutto l'emisfero visibile e fu attribuita a tempeste di polvere; altre vaste coperture dovute a tempeste di polvere furono registrate nel 1909, 1911, 1924.

Negli anni 50-60 i mutamenti di aspetto di vaste regioni venivano generalmente attribuiti a tempeste di sabbia o, per alcuni, a ceneri vulcaniche trasportate dai venti, ma rimaneva la speranza che alle modificazioni stagionali osservate contribuisse anche un'eventuale copertura vegetale.