


Sezione

Il Sistema Solare

Testo Parte V

<p>Argomenti trattati</p>  <p>ESPLORAZIONE SPAZIALE</p>	<ul style="list-style-type: none">• Introduzione: le missioni già completate• Le missioni Voyager 1 e 2• Le missioni spaziali Voyager: verso Giove• Le missioni spaziali Voyager: verso Saturno• Le missioni spaziali Voyager: verso Urano	<ul style="list-style-type: none">• Le missioni spaziali Voyager: verso Nettuno• Voyager Interstellar Mission (VIM)• Esplorazione spaziale del Sistema Solare: le missioni in corso (a tutto il 1997)• Esplorazione spaziale del Sistema Solare: le missioni future• Immagini
---	--	---

• **Introduzione: le missioni già completate**

Intendiamo qui dare una breve lista delle principali missioni spaziali.

- **Luna 1** (USSR-1959) si è schiantata sulla superficie della Luna.
 - **Luna 2** (USSR-1959) ha preso le prime foto della faccia nascosta della Luna.
 - **[Mariner 2](#)** (USA-1962) effettuò il primo approccio a Venere che portò a confermare l'alta temperatura della sua atmosfera.
 - **Mariner 3** (USA-1964) tentativo fallito di volare verso Marte.
 - **[Mariner 4](#)** (USA-1965) raggiunse Marte e, per la prima volta, mandò a Terra foto della sua superficie.
 - **Mariner 9** (USA-1971) entrò in orbita attorno a Marte. Inviò immagini dettagliate della sua superficie rivelando i grandi crateri vulcanici presenti e fotografò per la prima volta i satelliti Deimos e Phobos. Le missioni **Apollo** (USA-dal 1969 al 1972) effettuarono lo sbarco sulla Luna di astronauti.
-
-

- **Luna 16** (USSR-1971) sonda spaziale che atterrò sulla Luna facendo ritorno a Terra.
- **[Pioneer 10 e 11](#)** (USA-anni '70). Il Pioneer 11 raggiunse Giove nel 1974 e Saturno nel 1979. Le due sonde, uscite da tempo dal Sistema Solare, portano un [messaggio grafico](#) per eventuali incontri con intelligenze extraterrestri.
- **[Mariner 10](#)** (USA-1974) mandò immagini dell'atmosfera di Venere e fece la prima, ed ancora unica, esplorazione di Mercurio.
- **Venera 7** (USSR-1970) primo tentativo di atterraggio sulla superficie di Venere.
- **Venera 9** (USSR-1975) primo atterraggio "morbido" sulla superficie di Venere.
- **Pioneer Venus** (USA-1978) in orbita attorno a Venere inviò le prime immagini dettagliate della sua superficie.
- **Le missioni Voyager 1 e 2.** **[Viking 1](#)** (USA-1975) entrò in orbita marziana il 19 giugno del 1976 atterrando a *Chryse Planitia* il 20 luglio 1976. La sonda effettuò una ricerca (fallita) di microrganismi marziani ed inviò straordinarie immagini della superficie di Marte.

Iperastro- Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale del Sistema Solare-Parte V

- **Viking 2** (USA-1975) atterrò il 3 settembre del 1976 nella regione di *Utopia Planitia*. Fece essenzialmente gli stessi esperimenti della sonda gemella e misure ma disponendo anche di un sismografo per la misura dei terremoti marziani. Smise di funzionare l' 11 novembre del 1982.
-

- **Vega** (USA-1984) missione combinata Venere-cometa di Halley. Entrò in orbita attorno a Venere su cui fece atterrare un modulo e si avvicinò alla cometa di Halley.
 - **Phobos** (USSR-1982). Due sonde lanciate verso i satelliti di Marte; la missione fallì.
 - **Giotto** (ESA-1985) venne lanciato nel luglio 1985 verso la cometa di Halley. Diversi malfunzionamenti ne impedirono l'uso previsto di permettendo solo una scarsa osservazione del nucleo della cometa di Halley, il principale obiettivo della missione.
-

- **Clementine** (USA-1994) dapprima venne lanciata per scopi militari. In seguito alla riconversione civile della missione la sonda fu possibile ridisegnare una mappa completa della superficie lunare.
 - **Mars Observer** (USA-1992) lanciato verso Marte per effettuare una analisi dettagliata della superficie di Marte fallì il suo scopo.
 - **Magellano** (USA-1989) effettuò una "survey" radar coprendo il 95 % della superficie di Venere con una risoluzione fino a 300 metri. Nell'autunno del 1994 fu deliberatamente inviata entro la atmosfera di Venere.
 - **Mars 96** (USSR-1996) missione prevista verso Marte ma il lancio, il 17 novembre del 1996, fallì.
-

Immagine della sonda Voyager 2



•Le missioni Voyager 1 e Voyager 2.

La missione spaziale sicuramente più prolifica di risultati e di maggiore durata (a tutto il 1997 ancora in attività) è quella relativa ai Voyager 1 e 2. Ricapitoliamo qui i tratti essenziali di queste due missioni spaziali.

Iperastro- Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale del Sistema Solare-Parte V

- Lancio delle due sonde spaziali : 20 agosto e 5 settembre 1977
- Raggiungono Giove :
- Voyager 1 il 5 marzo 1979
- Voyager 2 il 9 luglio 1979
- Raggiungono Saturno:
- Voyager 1 l'11 novembre 1980
- Voyager 2 l'25 agosto 1981
- Dopo avere raggiunto Saturno il Voyager 1 è disattivato
- Il Voyager 2 raggiunge Urano :
- il 24 gennaio 1986
- Il Voyager 2 raggiunge Nettuno:
- Voyager 2 il 29 agosto 1989
- Il Voyager 2 esce dal Sistema Solare :
- dopo l'esplorazione di Nettuno Voyager 2 usciva dal piano dell' eclittica e si allontanava dal Sistema Solare.

Il 2 ottobre del 1989 tutti gli strumenti del Voyager 2 vennero spenti; rimase in funzione solo lo spettrometro ultravioletto.

Terminava così la più complessa e lunga esplorazione spaziale del Sistema Solare. Dopo il sorvolo di Nettuno il Voyager 2 usciva dal piano dell'eclittica con una inclinazione di 48° (gradi) ed una velocità di *470 milioni di km all'anno (3 U.A. all'anno)* cioè:

$$V_{\text{Voyager 2}} = 0,00005 \times c$$

dove $c = 300000 \text{ km/sec}$ è la velocità della luce.

Iniziò la *Voyager Interstellar Mission*. In questo modo dovrebbe raggiungere la stella Sirio tra 358000 anni. [Panoramica del Sistema Solare ripresa dalla sonda Voyager 2](#)



● *Le missioni spaziali Voyager: verso Giove*

Alla fine degli anni sessanta si studiò una grande esplorazione interplanetaria, chiamata *Outer Planet Grand Tour* per compiere una impresa che sfruttava un raro allineamento (solo ogni 200 anni) di tutti i pianeti esterni, da Giove a Plutone. La spedizione prevedeva l'invio di quattro sonde in partenza nel 1977; due verso Giove, Saturno, e Plutone e le altre due verso Giove, Urano e Nettuno.

Dal momento che nella parte esterna del Sistema Solare le radiazioni non sono in grado di alimentare le batterie solari ecco che le sonde Voyager furono dotate di alimentatori che traevano energia dal decadimento radioattivo del plutonio. Data l' enorme distanza le sonde dovevano essere attrezzate per poter operare in modo autonomo e i ricevitori sulla terra (*Deep Space Network - Rete Spazio Profondo*) dovevano essere resi molto più sensibili in modo da potere ricevere ed interpretare il debole "bisbiglio" dei segnali inviati dalle sonde. Per potere raggiungere le così grandi distanze dei pianeti esterni, fu utilizzato il più potente vettore allora a disposizione : il razzo Titan-Centauro.

I passaggi da un pianeta all'altro, sarebbero stati possibili utilizzando la forza di gravità ("fionda gravitazionale") dei singoli pianeti per rilanciare i veicoli spaziali verso la meta successiva. L'elevato costo costrinse la NASA ad un ridimensionamento del programma iniziale mantenendo solo due delle quattro sonde: il Voyager 1 e 2. Il lancio del Voyager 2 avvenne il 20 agosto 1977 seguito il 5 settembre dal Voyager 1.

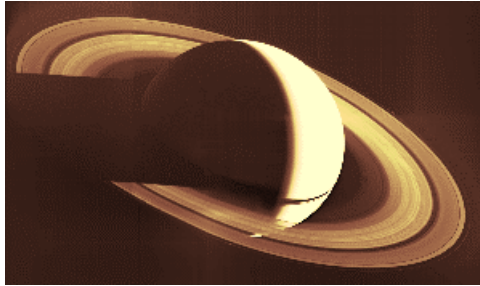
Il Voyager 1 iniziò la fase di osservazione di Giove il 4 gennaio 1979 e circa due mesi più tardi raggiunse i confini della magnetosfera gioviana. Il 3 marzo la sonda incrociò l'orbita di Callisto compiendo, il 5 marzo, il fly-by di Giove "sfiorando" il tetto della copertura nuvolosa da una altezza di 270000 km. L'avvicinamento continuò fino alla distanza di 22000 km dal pianeta.

Prima che i dati di Voyager 1 fossero completamente elaborati iniziò il lavoro di osservazione del Voyager 2. Mentre il veicolo si stava avvicinando a Giove si ebbero delle disfunzioni nella camera televisiva che vennero superate nel luglio del 1979 quando la sonda riprese a trasmettere, da non meno di 1 milione di km, immagini del satellite Io. Seguirono poi gli incontri ravvicinati con Callisto, ad una distanza di 215000 km, di Ganimede a 62000 km e di Europa a 206000 km.

Il bilancio dell'eccezionale transito delle due sonde nei pressi di Giove, era ragguardevole e includeva la scoperta di un sottile anello di polvere e di tre nuovi satelliti. Entrambe le sonde continuarono il loro viaggio dirigendosi poi verso il più affascinante pianeta del Sistema

Iperastro- Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale del Sistema Solare-Parte V

Solare, Saturno.



•Le missioni spaziali Voyager: verso Saturno

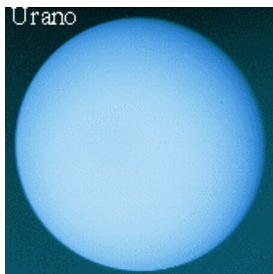
Il Voyager 1 arrivò nei pressi di Saturno grazie alla maggiore accelerazione ottenuta seguendo una traiettoria più vicina a Giove. Il 12 novembre del 1979 la sonda passò alla distanza minima di 64200 km compiendo prima una ricognizione di alcuni dei numerosi satelliti del pianeta. Le maggiori sorprese riguardarono gli anelli che si rivelarono un sistema molto più complesso di quello immaginato dai planetologi.

Voyager 2 arrivò in vista dell' emisfero settentrionale di Saturno il 15 agosto del 1981 e sorvolò il tetto di nubi del pianeta da una quota di 41000 km. Quando la sonda però riemerse da dietro Saturno inviò immagini perfettamente esposte ma di spazio nero. Al Jet Propulsion Laboratory di Pasadena (JPL) ci si rese conto che la piattaforma sulla quale erano montati gli strumenti e le telecamere si era bloccata. Dopo due giorni e mezzo di tentativi si riuscì a sbloccare la piattaforma e la sonda poté inviare a terra stupende immagini del pianeta, dei suoi satelliti e del sistema di anelli.

Si dovettero a questo punto affrontare altre difficoltà ma questa volta di natura politica. Infatti la nuova amministrazione di Washington era intenzionata a chiudere il bilancio della NASA. Si riuscì però ad impedire la chiusura del progetto ed anzi ad estenderlo agli altri pianeti esterni. Nacque così la *Extended Voyager Mission* che proseguì nella sua esplorazione verso Urano e Nettuno.

Note:

- JPL - Jet Propulsion Laboratory.



•Le missioni spaziali Voyager: verso Urano

Urano è stato visitato da una sola sonda spaziale : il Voyager 2 giunta nel gennaio del 1986

Iperastro- Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale del Sistema Solare-Parte V

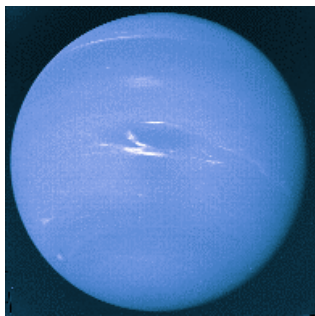
dopo un viaggio di quasi quattro anni e mezzo. Data la sua grande distanza del pianeta dal Sole, all' arrivo del Voyager 2 ben poco si sapeva su di esso. Il 24 gennaio del 1986, la sonda sfiorò Urano ad una distanza di 81500 km ed i segnali impiegarono quasi tre ore per raggiungere la Terra. Le antenne del *Deep Space Network (Rete Spazio Profondo)*, furono collegate elettronicamente con parabole vicine in modo da potere ricevere i debolissimi segnali provenienti dal Voyager. Il lavoro di osservazione si concluse ufficialmente il 25 febbraio dello stesso anno dopo di che la sonda proseguì il suo viaggio verso Nettuno.

Nel momento del passaggio della sonda, Urano volgeva il polo sud al Sole. Apparve avvolto da una atmosfera d'idrogeno e d'elio con piccole quantità di metano, acetilene ed idrocarburi. Fu confermato che il colore verde-blu era dovuto, nell'alta atmosfera del pianeta, all'assorbimento da parte del metano della luce solare nella componente alla lunghezza d'onda del rosso. Vennero osservate formazioni nuvolose ad altitudine costante e distribuite per fasce come su Giove e Saturno.

Le emissioni radio confermarono la presenza di una magnetosfera. Inoltre si notarono attorno ad Urano fasce di radiazione simili a quelle di Saturno.

Fino al momento della ricognizione del Voyager 2 erano noti solo cinque satelliti ; gli obiettivi della sonda spaziale ne scoprirono altri dieci. Per quanto riguarda invece i satelliti già noti le maggiori sorprese vennero da Miranda. Le fotografie del Voyager 2 permisero di osservare dettagli della sua superficie con risoluzioni inferiori al chilometro.

La sonda Voyager 2 scoprì pure due nuovi anelli che si andarono ad aggiungere ai nove già noti. Indagini più dettagliate dimostrarono che si trattava di formazioni anulari diverse da quelle osservate attorno agli due pianeti giganti, Giove e Saturno.



•Le Missioni spaziali Voyager: verso Nettuno

La sonda Voyager 2 arrivò, dopo un lunghissimo viaggio di 5 miliardi di km, in prossimità di Nettuno nell'agosto del 1989: fu la sua ultima meta. Nonostante la grande distanza percorsa il Voyager 2 "sbagliò" il suo punto di arrivo di soli 10 km. Il pianeta si trovava nella posizione più periferica rispetto a tutti gli altri del Sistema Solare; Plutone compreso.

Da Nettuno i segnali radio impiegarono quasi 4 ore per arrivare a Terra. Ma il vero problema era costituito dalla intensità dei segnali trasmessi ; quando questi arrivavano sulla Terra erano talmente affievoliti che risultavano 20 miliardi di volte meno potenti dell'energia fornita dalla batteria di un comune orologio digitale. Si doveva quindi raffreddare l'elettronica dei ricevitori per potere acquisire e distinguere dal rumore di fondo del mezzo interplanetario i segnali

Iperastro- Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale del Sistema Solare-Parte V

inviati dal Voyager 2.

Il miglioramento delle tecniche di ricezione dei dati a Terra e l'allestimento di nuove antenne da parte del "Deep Space Network" permise di ricevere i dati alla stessa velocità ed intensità di quando la sonda era vicino ad Urano.

Inoltre a quella distanza, la luce solare era 33 volte inferiore a quella utilizzabile per Giove ed era necessario tenere aperti gli obiettivi delle telecamere per lunghi tempi di esposizione per raccogliere una maggiore quantità di luce. Per non avere una immagine "mossa" si dovettero effettuare manovre di compensazione del veicolo durante le riprese combinate della sonda e della piattaforma degli strumenti ospitanti le fotocamere.

Nell'agosto del 1989 la sonda sorvolò il polo nord di Nettuno ad una distanza di appena 4950 km, in seguito proseguì verso il satellite Tritone avvicinandosi ad esso fino a 40000 km. Il Voyager 2 scoprì altri sei satelliti con diametri variabili da 54 a 400 km. Le osservazioni degli anelli compiute da Terra facevano ritenere che fossero strutture ad arco incomplete mentre le immagini rimandate a terra dal Voyager 2 invece misero in evidenza strutture complete suddivise in quattro fasce a diversa distanza dal pianeta.

Il 2 di ottobre del 1989 tutti gli strumenti del Voyager 2 vennero spenti; rimase in funzione solo lo spettrometro ultravioletto. Terminava così la più complessa e lunga esplorazione spaziale del Sistema Solare. Dopo il sorvolo di Nettuno il Voyager 2 usciva dal piano dell'eclittica con una inclinazione di 48 ° (gradi) ed una velocità di 470 milioni di km all'anno. In questo modo dovrebbe raggiungere la stella Sirio tra 358000 anni.



Panoramica del Sistema Solare

•Voyager Interstellar Mission (VIM).

Dopo l'incontro dei Voyager con i pianeti esterni ecco che le sonde stanno uscendo dal Sistema Solare. Il loro primo obiettivo è quello di individuare dove il mezzo interplanetario, originato dal vento solare, si confonde con quello interstellare.

Si tratta della prima missione spaziale che da interplanetaria diventerà interstellare !

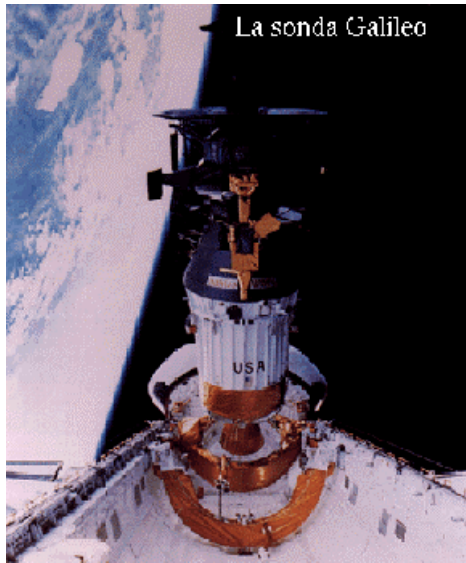
è probabile che nel 2000 o 2001 il Voyager 1 raggiunga i *bordi* del nostro sistema planetario e che impieghi circa altri 10 anni per entrare nello spazio interstellare.

A decretare la fine della missione sarà l'esaurimento delle pile ai radioisotopi che forniscono la energia elettrica per l'osservazione con la strumentazione ultravioletta ancora in funzione. Si prevede che fino al 2015 ci sarà sufficiente energia per ricevere e trasmettere i dati.

Sarà sicuramente la più longeva (fino a 50 anni di vita) e meglio riuscita missione, con strumenti automatici, della storia dell'esplorazione spaziale.

Iperastro- Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale del Sistema Solare-Parte V

La sonda Galileo.



●Esplorazione spaziale del Sistema Solare: le missioni in corso (a tutto il 1997)

Galileo (USA 1989) lanciato dallo Space Shuttle l'ottobre del 1989 ha raggiunto Venere nel settembre del 1990. Si è avvicinato all'asteroide Gaspra nell'ottobre del 1991 e quindi all'altro asteroide Ida mandando, per la prima volta, immagini ravvicinate di questi due pianetini. Ha pure ripreso lo straordinario impatto della cometa Shoemaker-Levy 9 su Giove ed ha raggiunto Giove nel giugno del 1996 effettuando, durante il 1996 e 1997, una esplorazione ravvicinata dei Pianeti Medicei.

Ulisses (USA/ESA 1990) lanciato dallo Space Shuttle nel 1990 è dedicato alla esplorazione delle zone polari del Sole.

Wind (USA/RUSSIA 1994) cercherà di effettuare studi dettagliati del Vento Solare.
NEAR (USA 1996) lanciato da un razzo *Delta* nel febbraio del 1996 arriverà in orbita attorno al pianetino Eros nel gennaio del 1999.



●Esplorazione spaziale del Sistema Solare : le missioni future

Cassini (USA/ESA 1997). Si tratta di una missione la cui partenza è prevista nell'ottobre del 1997 e consiste in una esplorazione di Saturno: [*Cassini Saturn Orbiter*](#) e all'[*Huygens Titan Probe*](#). L'arrivo della sonda Cassini è previsto per il giugno del 2004 e, dopo una serie di manovre, entrerà in orbita attorno a Saturno. Alla fine della sua prima orbita dal Cassini si staccherà il modulo *Huygens Titan Probe*. che scenderà nell'atmosfera di

Titano. Dopo la discesa del modulo la sonda madre orbiterà per altri due o tre anni attorno a Saturno effettuando studi dettagliati del pianeta, del sistema di anelli e dei suoi satelliti principali.

[**Pluto express**](#) (USA 2001); si prevede nel 2001 il lancio di due sonde spaziali di peso minore di 100 km (e quindi relativamente poco costose) che si avvicineranno a Plutone ed al suo satellite Caronte nel 2006-2008. Si dovrebbe verificare un avvicinamento alla velocità di 12-18 km/sec dopo di che, effettuato un breve incontro con il pianeta, si prevede il ritorno verso la Terra molto lentamente. Gli obiettivi di questa missione riguardano lo studio globale della superficie del pianeta più esterno del Sistema Solare in base alla ripresa, con una camera CCD,

Iperastro- Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale del Sistema Solare-Parte V

di immagini del pianeta e ad esperimenti di spettrometria ultravioletta.

Le prossime missioni su Marte

Missione	Tipo di Sonda	Data di Lancio	Nazione
Mars Pathfinder	Lander e microrover	2-25 Dicembre '96	USA
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

Mercury Polar Flyby (USA/ESA 1999). Questa missione prevede un sorvolo di Mercurio in modo da completare la "mappatura" della sua superficie . In particolare manderà immagini dettagliate delle regioni non fotografate dal Mariner 10: ad esempio quelle relative alle regioni polari del pianeta più vicino al Sole.

•*Immagini*

1. [Il Mariner 2](#) *Cortesia NASA/JPL.*
2. [Il Mariner 4](#) *Cortesia NASA/JPL.*
3. [Il Mariner 5](#) *Cortesia NASA/JPL.*
4. [Il Mariner 10](#) *Cortesia NASA/JPL.*
5. [Il Pioneer](#) *Cortesia NASA/JPL.*
6. [Il Voyager 1](#) *Cortesia NASA/JPL.*
7. [Il Voyager 2](#) *Cortesia NASA/JPL.*
8. [Il Viking](#) *Cortesia NASA/JPL.*
9. [Il satellite "Giotto"](#) *Cortesia NASA/JPL.*
10. [La sonda "Clementine"](#) *Cortesia NASA/JPL.*
11. [La sonda "Magellano"](#) *Cortesia NASA/JPL.*
12. [La sonda "Galileo"](#) *Cortesia NASA/JPL.*
13. [Il Telescopio Spaziale](#) "Hubble Space Telescope. *Cortesia STScI*

Il Sistema Solare-Generalità

- Introduzione al Sistema Solare pag. 1
- Origine del Sistema Solare pag. 3
- Un approccio ai pianeti del Sistema Solare pag. 3
- Il sistema geocentrico pag. 4
- Il sistema eliocentrico pag. 6
- I moti planetari pag. 7
- Le leggi del moto dei pianeti- (Cinematica) pag. 8
- Le leggi del moto dei pianeti- (Dinamica) pag. 9
- La Meccanica Celeste pag. 10
- Il moto dei pianeti - calcolo delle orbite pag. 11
- La legge di Titius-Bode pag. 12
- Una visita ai pianeti del Sistema Solare pag. 13

Il Sistema Dati e Parametri fisici

- Dati orbitali e storici dei pianeti del Sistema Solare pag. 16
- Dati orbitali dei pianeti del Sistema Solare pag. 16
- Proprietà fisiche dei pianeti del Sistema Solare pag. 17
- I "più grandi" del Sistema Solare pag. 17
- I "più piccoli" del Sistema Solare pag. 18
- I "più brillanti" del Sistema Solare pag. 18
- I "più densi" del Sistema Solare pag. 19
- Dati orbitali e storici dei satelliti di Marte pag. 20
- Dati orbitali e storici dei satelliti di Giove pag. 20
- Dati orbitali e storici dei satelliti di Saturno pag. 21
- Dati orbitali e storici dei satelliti di Urano pag. 22
- Dati orbitali e storici dei satelliti di Nettuno pag. 22
- Dati orbitali e storici dei satelliti di Plutone pag. 23
- I più grandi del Sistema Solare pag. 23
- Considerazioni generali sui sistemi con anelli pag. 24
- Considerazioni fisiche degli anelli planetari pag. 24
- Anelli Planetari pag. 25
- Parametri orbitali e dati fisici di Mercurio pag. 27
- Parametri orbitali e dati fisici di Venere pag. 28
- Parametri orbitali e dati fisici della Terra pag. 29

Iperastro- Il Sistema Solare-Indice

- Parametri orbitali e dati fisici di Marte pag. 30
- Parametri orbitali e dati fisici di Giove pag. 31
- Parametri orbitali e dati fisici di Saturno pag. 32
- Parametri orbitali e dati fisici di Urano pag. 33
- Parametri orbitali e dati fisici di Nettuno pag. 34
- Parametri orbitali e dati fisici di Plutone pag. 35
- Cronologia delle scoperte nel Sistema Solare pag. 36
- Moto diretto e retrogrado dei pianeti pag. 38

Il Sistema Solare-I sistemi e le leggi

- Rappresentazione geometrica del sistema geocentrico o tolemaico pag. 40
- Rappresentazione geometrica del sistema eliocentrico o copernicano pag. 41
- Velocità areolare pag. 42
- Leggi di Keplero pag. 43
- Derivazione delle leggi di Keplero pag. 44
- Elementi orbitali di un pianeta pag. 46
- Leggi di Keplero (approfondimento) pag. 48
- Legge di Newton pag. 49

Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare

- La formazione del Sistema Solare pag. 51
- La teoria di Laplace pag. 51
- Obiezioni alla teoria di Laplace pag. 51
- Il Sistema Solare : la nebulosa protoplanetaria pag. 52
- Il Sistema Solare : la formazione dei planetesimi pag. 53
- Il Sistema Solare : la formazione dei pianeti pag. 53
- Immagini delle diverse fasi della formazione del Sistema Solare pag. 54

Il Sistema Solare-La formazione del Sistema Solare (approfondimento)

- La formazione del Sistema Solare- Introduzione pag. 60
- La storia delle teorie della formazione del Sistema Solare pag. 61
- I modelli basati sulla "turbolenza" pag. 61
- La teoria nebulare di Kant e Laplace pag. 62
- Obiezioni alla teoria di Laplace pag. 62
- Sviluppi moderni della teoria di Laplace pag. 63
- La teoria mareale pag. 64
- Le teorie di accrescimento pag. 64
- Vincoli teorici ed osservativi pag. 65
- La datazione delle rocce terrestri, lunari e dei meteoriti pag. 65
- Tempi di decadimenti radioattivi pag. 66

Iperastro- Il Sistema Solare-Indice

- Principali tipi di meteoriti pag. 67
- L'età del Sistema Solare pag. 67
- Il Sistema Solare pag. 68
- Le reazioni termonucleari nel Sole pag. 69
- La misura del rapporto Deuterio/Idrogeno nei pianeti giganti pag. 70
- Lo sviluppo di un modello plausibile pag. 70
- L'instabilità gravitazionale pag. 71
- La massa coinvolta nella contrazione pag. 72
- Il disco protoplanetario pag. 73
- Il limite di Roche pag. 73
- La formazione dei grani pag. 74
- La sequenza di condensazione pag. 74
- Tabella delle sequenze di condensazione pag. 75
- Il collasso dei grani nel piano equatoriale pag. 76
- La formazione dei grani per accrescimento pag. 77
- L'effetto del vento solare pag. 78
- La relazione di Titius-Bode pag. 79
- La relazione di Titius-Bode, legge o coincidenza ? pag. 79
- Il problema del momento angolare pag. 81
- Conclusioni pag. 82
- Lo stato corrente della nostra conoscenza del Sistema Solare pag. 82

Il Sistema Solare-L'esplorazione spaziale

- Introduzione- le missioni già completate pag. 85
- Le missioni Voyager 1 e 2 pag. 86
- Le missioni spaziali Voyager : verso Giove pag. 88
- Le missioni spaziali Voyager : verso Saturno pag. 89
- Le missioni spaziali Voyager : verso Urano pag. 89
- Le missioni spaziali Voyager : verso Nettuno pag. 90
- Voyager Interstellar Mission (VIM) pag. 91
- Esplorazione del Sistema Solare: le missioni in corso (a tutto il 1997) pag. 92
- Esplorazione del Sistema Solare: le missioni future pag. 92
- Immagini pag. 93

Indice

- Indice pag. 94