

LE NAVICELLE SPAZIALI

1 Classificazione delle navicelle spaziali

Con il termine generico di navicella spaziale, si intende una macchina volante in grado di muoversi al di fuori dell'atmosfera terrestre, orbitare attorno alla Terra o ad un altro pianeta e navigare nel sistema solare. Può essere senza equipaggio, in tal caso prende il nome di **Sonda Spaziale** se diretta all'esplorazione interplanetaria, oppure **Satellite Artificiale** se orbita attorno alla Terra, oppure con equipaggio in tal caso prende il nome di **Stazione Spaziale** se orbita attorno alla Terra oppure **Astronave** se diretta verso altri pianeti.

2 Sonda Spaziale

È una navicella senza equipaggio e carica di strumenti di osservazione e misurazione, in parte autonoma ha a bordo il minimo indispensabile di motori e di carburante per svolgere la sua missione. È un veicolo esplorativo di solito in viaggio verso i pianeti del sistema solare, si presenta come un recipiente metallico non molto grosso e completamente ricoperto di antenne, telecamere, bracci mobili ecc.. Ad una estremità presenta un'antenna parabolica utilizzata per comunicare con la Terra, dall'altra l'ugello di scarico del motore principale che serve per cambiare la velocità della sonda, ad esempio per inserirla in orbita attorno ad un pianeta.

È dotata anche di piccoli motori per il controllo dell'assetto cioè dell'orientamento tridimensionale della sonda. Le pareti esterne di solito sono ricoperte da un foglio metallico riflettente, che la protegge dall'eccessivo surriscaldamento provocato dai raggi solari. Se la missione si svolge attorno ai pianeti interni del sistema solare, è dotata di pannelli solari per produrre la corrente elettrica necessaria alle apparecchiature di bordo, mentre se è diretta ai confini del sistema solare, per produrre corrente si serve di batterie, generalmente nucleari, che sfruttano il decadimento radioattivo del plutonio. La missione della sonda può prevedere l'inserimento in orbita attorno ad un pianeta, e in questo caso la sonda è definita **orbiter**, a volte l'atterraggio della sonda o parte di essa chiamata **lander**.

Una sonda non è in grado di alzarsi in volo da sola, ha bisogno di un **razzo vettore** che la sgancia nella traiettoria iniziale desiderata, dopo di che accende il motore principale per pochi secondi e quindi si muove per inerzia sfruttando l'attrazione gravitazionale dei vari pianeti. Le enormi distanze in cui operano le sonde spaziali rendono problematiche le comunicazioni con la Terra, si utilizza una serie di radiotelescopi il Deep Space Network che segue tutte le sonde spaziali in volo.

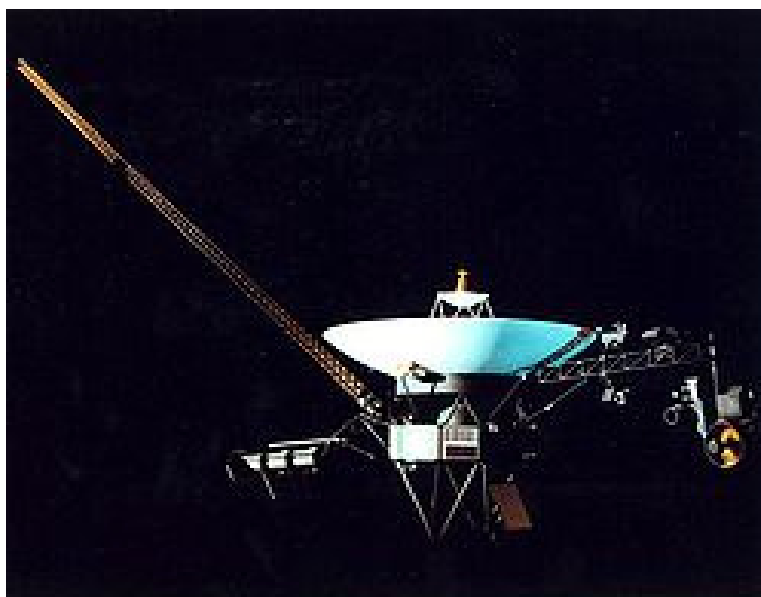


Fig. 1 - Sonda Spaziale Voyager

3 Satellite Artificiale

È una navicella simile alla sonda spaziale ma posta in orbita attorno alla Terra per scopi scientifici, meteorologici, di comunicazione e navigazione. I satelliti artificiali descrivono un'orbita situata su un piano passante per il centro della terra comportandosi come i pianeti intorno al Sole e la Luna intorno alla Terra. Il moto dei satelliti è quindi regolato dalle leggi di Keplero:

- **1° Legge** : ogni satellite descrive attorno alla Terra un'orbita ellittica di cui la Terra occupa uno dei due fuochi. L'orbita è caratterizzata dal semiasse maggiore (a) e dall'eccentricità (e) definita come il rapporto tra la distanza focale (c) e il semiasse maggiore a quindi $c = a e$

Il semiasse minore (b) è definito dalla relazione : $b = \sqrt{a^2 - c^2} = a\sqrt{1 - e^2}$

La quota (h) del satellite è quindi variabile : minima al **perigeo P** e massima all'**apogeo A**

$h_{\text{perig.}} = a(1 - e) - R$ $h_{\text{apog.}} = a(1 + e) - R$ dove R rappresenta il raggio della Terra considerata sferica.

Un caso particolare si ha quando l'orbita è considerata sferica ($e = 0$) ; il satellite si mantiene sempre alla stessa distanza dalla Terra.

- **2° Legge** : la velocità del satellite varia durante la sua orbita, è massima al perigeo e minima all'apogeo. Nel caso di orbita circolare la velocità è costante.
- **3° Legge** : permette di stabilire il periodo orbitale T del satellite, ovvero il tempo impiegato a percorrere un'orbita completa, esso è tanto maggiore quanto più grande è il semiasse maggiore

$$\text{Periodo orbitale } T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}} \qquad \text{dove } GM \text{ è una costante} = 3,986 \cdot 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

La velocità angolare media del satellite facendo il rapporto fra un giro completo (2π) e il tempo impiegato (T) risulta (n) moto medio:

$$n = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{GM}{a^3}}$$

Nel progettare il lancio di un satellite è necessario stabilire le caratteristiche dell'orbita in base alle prestazioni richieste. Tra i vari possibili tipi di satelliti definiamo i seguenti:

- **LEO (Low Earth Orbit)** : hanno orbite circolari a quote fino a 2000 Km. Essendo molto vicini alla Terra vi è la possibilità di comunicare con potenze minime. Il periodo non supera i 105 min per cui tali satelliti sono visibili all'osservatore per circa 15 min ad ogni passaggio.
- **ICO (Intermediate Circular Orbit)** : hanno quote comprese tra 5000 e 20000 Km (comprendono i satelliti GPS), hanno orbite circolari.
- **GEO (Geostationary Orbit)** : hanno orbita equatoriale a quota uguale a 36000 Km. Il loro periodo è uguale a quello della Terra pertanto restano sempre sulla stessa verticale. Con pochi satelliti si assicura una copertura completa (ad eccezione delle zone polari).
- **IGSO (Inclined Geo Synchronous Orbit)** : hanno lo stesso periodo dei satelliti GEO ma le orbite sono inclinate. Coprono le regioni polari.
- **HEO (Highly Elliptical Orbit)** : forniscono buona copertura nelle regioni polari nel periodo intorno all'Apogeo. Hanno orbite ellittiche.



Fig. 2 - Satellite GPS in orbita attorno alla Terra

4 Stazione Spaziale

La stazione spaziale è in pratica un grande laboratorio scientifico in orbita attorno alla Terra, attualmente dopo aver acquisito esperienza con lo Skylab e con la Mir abbiamo ora a disposizione la **Stazione Spaziale Internazionale (International Space Station o ISS)** dedicata alla ricerca scientifica che si trova in orbita attorno alla Terra alla quota di 350 km. L'obiettivo della ISS, come è stato definito dalla NASA è quello di sviluppare e testare tecnologie per l'esplorazione spaziale, per sviluppare tecnologie in grado di mantenere in vita un equipaggio in missioni oltre l'orbita terrestre e per acquisire esperienze operative per voli spaziali a lunga durata che sicuramente in un prossimo futuro verranno intrapresi. La costruzione della stazione fu iniziata nel 1998 ed è previsto il completamento entro la metà del 2012. La stazione dovrebbe restare in funzione almeno fino al 2015 ma più probabilmente la sua vita sarà estesa al 2020. Con un volume totale maggiore di qualsiasi altra stazione spaziale precedente, la ISS può anche essere vista dalla Terra a occhio nudo e quindi rappresenta il più grande satellite artificiale che sia mai stato messo in orbita. La ISS serve come un laboratorio di ricerca in un ambiente definito di microgravità, in cui gli astronauti conducono esperimenti di fisica, fisiologia, biologia, chimica e medicina così come osservazioni meteorologiche e astronomiche. La stazione offre, inoltre, un ambiente unico per il collaudo dei sistemi di veicoli spaziali che risulteranno necessari per future missioni sulla Luna e su Marte. La ISS è abitata continuamente dal 2 Novembre 2000 da almeno 2 astronauti, l'equipaggio, da allora, è stato sostituito più volte, con cadenza semestrale ed oggi conta una presenza totale di 6 astronauti. Il programma mantiene così l'attuale record per la più lunga ininterrotta presenza umana nello spazio, superando il precedente record di 3.644 giorni, stabilito a bordo della vecchia stazione spaziale Mir.

I dati orbitali della ISS sono i seguenti :

Perigeo.....	352,8 Km
Apogeo.....	354,2 Km
Periodo orbitale.....	91,61 min.
Inclinazione orbita.....	51,64°
Orbite nelle 24 ore.....	15,7
Velocità media.....	27686 Km/h

Massa totale.....	284402 Kg
Volume abitabile.....	358 m ³
Atmosfera interna	
Pressione.....	757 mmHg
Temperatura.....	24,8 °C

Il progetto della Stazione Spaziale Internazionale ISS fu iniziato nel 1994 con il primo modulo della stazione, chiamato Zarya, fu lanciato nel 1998 dall'Unione Sovietica. L'assemblaggio è continuato per anni con il lancio di moduli pressurizzati, strutture esterne e altri componenti, avvenuti grazie ai voli dello Space Shuttle e dei razzi Proton con la navicella Soyuz. A partire dal marzo 2011, la stazione si compone di quindici moduli pressurizzati e una vasta struttura a traliccio (ITS).

L'alimentazione elettrica è fornita da sedici pannelli solari montati sul traliccio esterno, oltre a quattro pannelli più piccoli presenti sui moduli russi, la stazione viene mantenuta ad un'orbita compresa tra i 352,8 km e i 354,2 km di altitudine e viaggia a una velocità media di 27686 km/h, completando 15,7 orbite al giorno.

All'interno della ISS l'ambiente e il supporto vitale sono gestiti dal **Life Support System** che provvede a controllare le condizioni atmosferiche, la pressione, il livello di ossigeno, l'acqua e la presenza di eventuali fiamme libere.

Per il controllo dell'assetto e della quota orbitale, ci sono due sistemi, quello principale utilizza diversi giroscopi per mantenere orientata la stazione sempre nello stesso modo rispetto alla Terra. Il sistema secondario invece utilizza piccoli motori a razzo per mantenere la quota orbitale. Quando uno Shuttle è agganciato alla stazione è possibile utilizzare i suoi propulsori per aumentare l'altitudine della ISS oppure fargli cambiare orientamento.



Fig. 3 - Stazione Spaziale Internazionale ISS

5 Astronave

Con il termine generico di astronave si intende una navicella spaziale con equipaggio in grado di navigare nello spazio verso altri pianeti. In pratica l'unica vera astronave costruita per la NASA dalla ditta North American Aviation per portare l'uomo sulla luna fu l'**Apollo** che era composta da modulo di comando e servizio (CSM) più il modulo lunare (LEM). Dopo la conclusione del Programma Apollo, il CSM fu impiegato nel progetto Skylab e nel progetto Apollo-Soyuz dove effettuò un aggancio con una navicella Soyuz sovietica.

L'astronave, era composta da tre parti:

- Il **modulo di comando** che ospitava l'equipaggio e gli strumenti richiesti per il rientro e l'ammarraggio era un tronco di cono di 3,2 metri di altezza e 3,9 metri di diametro alla base, il compartimento anteriore conteneva due propulsori di assetto, il tunnel di aggancio e i componenti necessari al rientro. Il compartimento pressurizzato interno ospitava i sedili dell'equipaggio, contenitori per l'equipaggiamento, controlli e display e molti sistemi dell'astronave. L'ultima sezione, il compartimento posteriore, conteneva 10 propulsori di assetto e i relativi serbatoi di propellente, serbatoi di acqua e i cavi di collegamento del CSM.
- Il **modulo di servizio** che forniva la propulsione, l'energia elettrica, e ospitava tutto ciò che veniva consumato durante la missione, era una struttura cilindrica non pressurizzata, che misurava 7,5 metri in lunghezza e 3,9 metri in diametro, comprendeva i sistemi di propulsione, i serbatoi dei propellenti, le celle a combustibile per la produzione di energia elettrica, l'antenna per le comunicazioni con il Controllo di Missione, 4 propulsori di assetto per le manovre e serbatoi per l'acqua e l'aria. Nelle missioni Apollo 15, 16 e 17 portava anche un contenitore per strumenti scientifici. Il sistema di propulsione era usato per le manovre di immissione e di uscita dall'orbita lunare e per effettuare le correzioni di rotta durante il viaggio fra la Terra e la Luna. Il modulo di servizio rimaneva attaccato al modulo di comando per tutta la durata della missione e veniva sganciato e fatto bruciare nell'atmosfera prima del rientro del modulo di comando, che avveniva con uno spettacolare tuffo nell'oceano pacifico.



Fig. 4 - Astronave Apollo in orbita lunare

- Il **modulo lunare (LEM)** Il suo compito era quello di far atterrare sulla Luna 2 dei 3 membri dell'equipaggio della navicella Apollo con attrezzature scientifiche, permettendo loro di restarvi per oltre 75 ore prima di decollare per raggiungere il modulo di comando e di servizio (CMS) rimasto in orbita lunare ed incaricato di riportare l'equipaggio sulla Terra. Il LEM era composto da due stadi: lo stadio di discesa, il cui ruolo principale era di fare atterrare verticalmente il modulo lunare grazie ad un motore a spinta variabile e uno stadio di ascesa nel quale era situata la cabina pressurizzata dove trovavano posto gli astronauti. Alla fine dell'esplorazione lo stadio di discesa veniva abbandonato sulla Luna mentre lo stadio di ascesa, grazie ad un ulteriore proprio motore, decollava dalla superficie lunare per ricongiungersi al CSM in orbita lunare. Nonostante la complessità della missione e i limiti di massa molto rigorosi (15 tonnellate), il LEM è riuscito per sei volte ad atterrare sulla Luna mantenendo in vita i due uomini in un ambiente particolarmente ostile. Il progetto e la costruzione del LEM è stato realizzato sotto la direzione della ditta aerospaziale Grumman tra il 1962 e 1969. In tutto sono stati costruiti 15 moduli lunari; dei 10 che hanno volato nello spazio, 6 hanno raggiunto il suolo lunare nel corso di un periodo

compreso tra il 1969 e il 1972. Nonostante siano passati quarant'anni da Apollo 17 il LEM resta ancora oggi l'unico veicolo ad aver portato esseri umani sul suolo lunare.

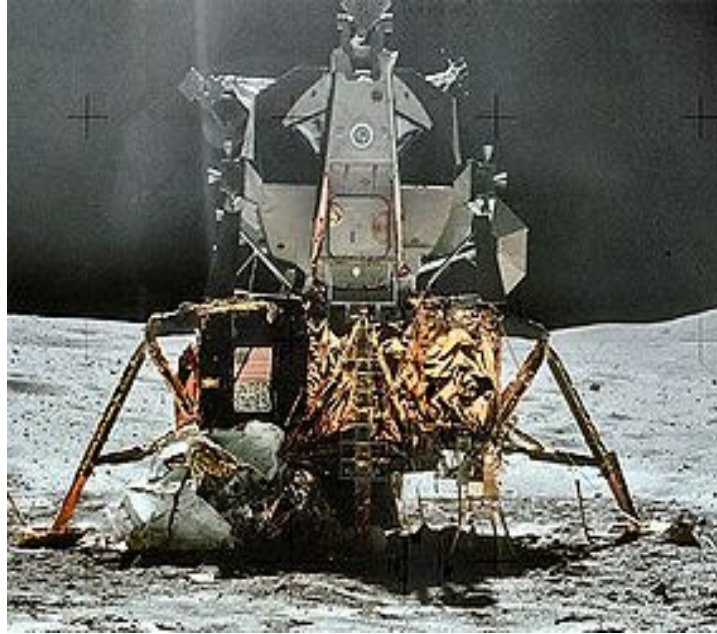


Fig. 5 - Il LEM sul suolo lunare

6 Space Shuttle

Lo Space Shuttle può essere definito come razzo vettore e come stazione spaziale in quanto è in grado di mettere in orbita un satellite o una sonda e contemporaneamente, dato che può rimanere in orbita terrestre per molti giorni, funzionare da stazione spaziale dove gli astronauti possono compiere esperimenti scientifici. Inoltre viene usato come vera e propria navetta di collegamento con la Stazione Spaziale Internazionale alla quale può essere agganciato per trasferire materiale e astronauti. Decolla verticalmente come un razzo e atterra, dopo una lunga planata, come un aliante su una normale pista di atterraggio.

Lo Space Shuttle è descritto dettagliatamente in questo Dischetto (vedi : Sistema propulsivo dello Space Shuttle).