

L'ASTROFOTOGRAFICO

S P E C I A L E

4



anni fa
la
conquista
della

LUNA

P R I M A P A R T E

***"Una
magnifica
desolazione"***

VIAGGIO NEL SISTEMA SOLARE

**4 DVD + 4 libretti tematici
in un elegante cofanetto**

**in ogni DVD 90 minuti
di astronomia**



dal Sole fino ai
pianeti più esterni,
tutto quello che sappiamo
sul nostro sistema solare,
racchiuso in quattro spettacolari do-
cumentari dall'elevato contenuto didattico

€ 39,90 per il cofanetto
€ 7,90 per la spedizione
in contrassegno

per ordinare il cofanetto scrivi a DVD@astropublishing.com

i dati personali da noi raccolti saranno trattati nel rispetto dell'ultima normativa sulla privacy

il mensile di scienza e tecnica
dedicato all'astronomo dilettante

direttore responsabile
Michele Ferrara

direttore scientifico
Enrico Maria Corsini

**editore, redazione, diffusione
e pubblicità**
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106
25049 Iseo (BS)
www.astropublishing.com
info@astropublishing.com

servizi internet
Aruba S.p.A.
P.zza Garibaldi, 8
52010 Soci (AR)

registrazione
Tribunale di Brescia
n. 51 del 19/11/2008

abbonamento annuale
12 numeri telematici
euro ZERO. La rivista viene
distribuita gratuitamente.
Per abbonarsi è sufficiente
registrarsi sul nostro sito
www.astropublishing.com

copyright
Tutti i diritti sono riservati.
Né parte della rivista né
l'intera rivista può essere
copiata, riprodotta, rielabo-
rata e diffusa senza il per-
messo scritto dell'editore.
Qualunque violazione del
copyright sarà perseguita a
termini di legge.

assistenza legale
Studio Legale d'Ammassa &
Associati. Milano - Via Al-
berto Mario, 26
Bologna - Via degli Orti, 44

nota/note
L'editore si rende disponi-
bile con gli aventi diritto per
eventuali fonti iconografiche
i cui titolari non siano stati
individuati.
The publisher makes availa-
ble itself with having rights
for possible not characteri-
zed iconographic sources.

collaborazioni
Per collaborare con questa
rivista, gli autori possono
inviare proposte dettagliate
a: direzione@astropubli-
shing.com. Non si garantisce
la pubblicazione del mate-
riale fornito.



IN COPERTINA

"In principio Dio creò il cielo e la terra..."

Borman, Lovell e Anders recitarono i versetti della Genesi la notte di Natale del 1968, quando si trovavano in orbita lunare. Gli astronauti dell'Apollo 8 assisterono al primo sorgere della Terra e furono i primi a vedere direttamente la faccia nascosta della Luna. [Per tutte le immagini dello speciale: credit NASA]

ricordando Mario Cavedon

di Michele Ferrara

4

editoriale

di Michele Ferrara

6

SPECIALE

40 anni fa la conquista della Luna

PRIMA PARTE

"Una magnifica desolazione"

a cura di Paolo Laquale

10

Introduzione	10
Tipi di missione	12
Il sistema Apollo	14
Il modulo di servizio	17
Il modulo lunare (LEM)	19
Il rover (LRV)	22
Razzi vettori	24
Missioni di test	29
Missioni di collaudo del Saturn 1B e del Saturn 5	35
Missioni con equipaggio	43
L'uomo è sulla Luna	48

ricordando Mario Cavedon

Dal primo giorno del trascorso giugno siamo un po' più soli, perché il nostro professor Cavedon ci ha lasciato. Già da qualche tempo la sua salute non era delle migliori, ma ciò non gli ha impedito di restare lucido e attivo sino all'ultimo giorno. Profondo il cordoglio dimostrato dal mondo degli astronomi e degli astrofili, e numerose le manifestazioni di affetto giunte dai nostri lettori. Ricordo con piacere che ci incontravamo nel suo appartamento di Milano almeno una volta al mese, e che non passava settimana senza sentirci al telefono. L'ultima volta era stato il 29 maggio, un venerdì, e dal suo letto di ospedale, nonostante varie complicazioni in corso, riusciva ancora a scherzare.

4

Pur conoscendo le sue condizioni fisiche e pur sapendolo alla novantesima orbita, la notizia del decesso, giuntami tempestivamente la mattina del primo di giugno, mi ha comunque colto impreparato. E pensare che eravamo d'accordo di vederci il successivo venerdì. Troppo tardi.

Già altri, appresa la notizia della scomparsa, hanno rimarcato di Cavedon le ben note qualità di divulgatore, oltre che di scienziato, e immagino che il lettore si aspetti qualcosa di nuovo da chi

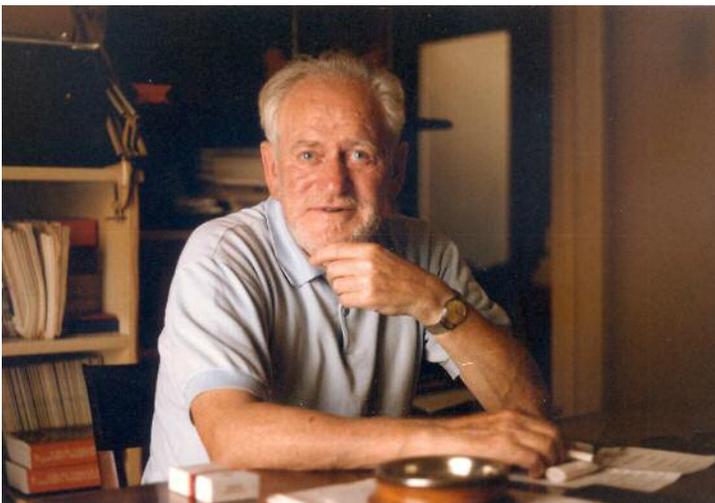


lo conosceva un po' più a fondo. Ben pochi sapranno, ad esempio, che attorno alla metà degli anni Ottanta Cavedon curava una piccola collana di libri a tema astronomico-astronautico (*Destinazione Universo*) scritti da autori giovanissimi, unica nel suo genere, il cui fine era anche quello di scoprire e valorizzare scrittori in erba. Se pensiamo ai limitati (se non assenti) mezzi tecnici, scientifici, informatici e grafici a disposizione di quegli autori in quell'epoca, possiamo anche immaginare la dedizione e la pazienza con cui Cavedon valutava e valorizzava i lavori a lui sottoposti.

Fu proprio nell'ambito di quel progetto editoriale che ebbi la fortuna di conoscerlo. Era l'84-85 e stavo cercando un editore per una monografia sugli asteroidi, argomento che allora stava giusto

uscendo da un lungo oblio. Dopo una quantità di *"il suo lavoro è interessante ma non rientra nella nostra linea editoriale"* vengo a sapere della collana curata da Cavedon, e tramite il planetario di Milano riesco a contattarlo e a fissare un appuntamento. Vado a incontrarlo e lo trovo da subito affabile nei modi e bendisposto verso il materiale che gli presentavo. Di lì a qualche tempo riuscirà

Mario Cavedon con Aldo Venturi, alla fine degli anni Sessanta, presso la postazione di comando del planetario di Milano.



Mario Cavedon in una foto del settembre 1985, nello studio del suo appartamento.

Mario Cavedon
fotografato di
recente, duran-
te una riunione
di famiglia.

a farmi avere un contratto firmato dall'editore della collana, nel quale era addirittura previsto per l'autore un compenso di un milione di lire, un cifra che all'epoca e per un teenager non era trascurabile, senza contare la già sufficiente soddisfazione di vedersi pubblicare un libro così presto. Non mi sembrava vero, e infatti non lo fu, perché dopo aver pubblicato i primi tre vo-



lumi della collana, l'editore si rese pressoché irreperibile, e nonostante tutti gli sforzi di Cavedon, nessun altro volume sarà più stampato, in barba ai contratti già firmati.

Quell'esperienza mi sarebbe stata comunque preziosissima, e negli anni successivi, saltuariamente, mi capitò ancora di incontrare Cavedon, soprattutto all'annuale mostra-mercato Astron che si svolgeva vicino all'aeroporto di Linate, dove lui teneva delle conferenze, e in quelle occasioni riparlavamo anche della sfortuna di aver incontrato un editore disonesto, senza immaginare che nel futuro avremo incontrato decisamente di peggio. Passano ancora degli anni, in tutto una ventina dal nostro primo incontro, e mi si presenta finalmente l'occasione per

sdebitarmi parzialmente: ottengo il coordinamento della rivista *l'Astronomia*, e ricordando come Cavedon ne fosse stato uno dei fondatori nel lontano 1979 (e subito dopo estromesso, cosa della quale ancora recentemente si lamentava), lo contatavo per "trascinarlo" nella nuova avventura. Sempre disponibile verso la divulgazione della sua materia preferita, accetta, e i suoi consigli sono

fondamentali per avviare il nuovo corso. Verificata tre anni più tardi l'impossibilità di proseguire con *l'Astronomia*, decidiamo uniti di fondare *l'Astrofilo*, e qui Cavedon ancora una volta mi sorprende, perché vedere chi in gioventù aveva utilizzato calcolatori essenzialmente meccanici affrontare ora senza eccessive remore hardware e software non è cosa di tutti i giorni. Non avendo lui un collegamento a Internet (cosa che a tratti gli

pesava), gli portavamo direttamente i file pdf, che leggeva attentamente sul suo piccolo schermo, facendo apparire per la verità alquanto queruli coloro che, non certo novantenni, segnalavano difficoltà nella lettura a video della nostra rivista. Ad ogni uscita di un nuovo numero fremeva nell'attesa di vederlo, e "guai" se non eravamo solleciti nel farglielo avere.

Garbato e riservato, ma anche combattivo e rigoroso, questo è il Cavedon che io ho conosciuto.

Sono certo di fare cosa gradita dedicandogli questa edizione speciale della rivista, che celebra gli anni della conquista della Luna, un'epoca che lo vedeva all'apice della sua vita professionale.

Michele Ferrara



Sì, ci siamo stati!

Sono passati 40 anni da quando l'uomo calpestò per la prima volta la superficie di un altro mondo. Quell'epica impresa, senza dubbio la più grande che potesse essere concepita dall'immaginario collettivo, contribuì sicuramente a stimolare la formazione di quelle generazioni di tecnici e scienziati che oggi inviano sonde ovunque nel sistema solare e studiano ogni angolo dell'universo con strumenti impensabili solo qualche decennio addietro.

A differenza di quanto possa grossolanamente apparire, la conquista della Luna non fu fine a sé stessa, fu bensì un inevitabile punto di arrivo e al tempo stesso un punto di partenza nell'avventura, forse incontenibile, che vedrà l'umanità spingersi verso nuove frontiere sempre più extraterrestri.

Di sicuro, però, oggi c'è solo il fatto di essere stati sulla Luna, anche se periodicamente torna alla ribalta quel pettegolezzo (non saprei come altro definirlo) secondo il quale il progetto Apollo fu tutta una bufala che non portò mai nessuno a passeggiare sul nostro satellite. Voglio sperare che i sostenitori di quel bizzarro teorema abbiano la capacità di leggere questo nostro speciale. Abbiamo infatti voluto per l'occasione non tanto celebrare genericamente il 40° anniversario dello sbarco, cosa che già molti altri faranno, quanto piuttosto mettere l'accento su tutta la fase di test

della tecnologia che ha permesso di compiere la storica impresa. Da parte della NASA nulla fu lasciato al caso e, anzi, l'insistenza dei suoi tecnici verso la messa a punto dei sistemi e delle strategie di volo andò addirittura oltre il necessario. Vedremo, in sostanza, come arrivare sulla Luna non sia stato affatto un azzardo, tali e tante furono le simulazioni e le prove messe in atto, senza contare l'eccezionale livello di addestramento degli astronauti.

Si sono testati i singoli stadi del futuro razzo vettore lunare, partendo da razzi meno potenti, senza carico o con carico fittizio; si sono ripetutamente collaudate le torri di salvataggio, dispositivi grazie ai quali gli astronauti sarebbero usciti illesi anche da pesanti inconvenienti in fase di lancio e ascesa verso l'orbita; numerosissime inoltre le prove relative a sgancio, rendez-vous e docking, nonché a spegnimento e riaccensione di motori, simulazioni di situazioni di pericolo etc. Insomma, quando iniziarono i lanci con equipaggio, da Apollo 7 in poi, la Luna era a un passo, tanto che la NASA poté permettersi, stravolgendo la programmazione, di spedire già l'Apollo 8 verso la Luna, e senza dubbio avrebbe potuto realizzare uno sbarco già con l'Apollo 10, tanto tutto era perfettamente organizzato, funzionante e messo a punto nei minimi particolari. L'allungo di Armstrong e Aldrin fu in pratica una formalità, per quanto potenzialmente rischiosa e assolutamente straordinaria. Ancor più

"normali" furono le successive missioni, nonostante l'incidente occorso all'Apollo 13, che paradossalmente dimostrò, col suo lieto fine, la grande preparazione su cui fondava l'intero progetto Apollo. Chi nega oggi l'avvenuta conquista della Luna, oltre a dimostrare una notevole ignoranza verso i fatti specifici è anche decisamente incoerente, perché dovrebbe essere negazionista verso l'intero progetto Apollo, verso tutti i test attuati, verso tutte le missioni suborbitali, orbitali e lunari, perché è il loro sommarsi che ha reso ovvio lo sbarco sulla Luna. Negare solo lo sbarco vero e proprio è comico, perché è come pensare che lo scalatore di un ottomila, a due metri dalla vetta torni indietro, vada su un set cinematografico, ricrei le condizioni presenti in vetta e si faccia riprendere mentre finge di scalare gli ultimi due metri! Può apparire banale rimarcare questi fatti, ma poiché un solo libro che nega lo sbarco sulla Luna vende più di qualunque altro libro che quello sbarco invece lo racconta secondo realtà, va da sé che c'è in giro parecchia gente quantomeno dubbiosa, e ogni occasione per ribadire la verità dovrebbe essere utilizzata da chi si occupa di divulgazione seria, e questo quarantennale è un'ottima occasione. Concludo con un formale ringraziamento alla NASA, la quale, mettendo a disposizione di tutti il suo prezioso materiale, rende possibili lavori come questo.

Michele Ferrara

PER MILLE STELLE!

QUEST'ANNO PUOI SOSTENERE LA RICERCA ASTROFISICA ITALIANA DANDO IL TUO CINQUE PER MILLE ALL 'ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA (INAF).

1- NON SONO TASSE IN PIÙ CHE PAGHI!

2- IL CINQUE PER MILLE È ALTRA COSA DALL ' 8 PER MILLE . PUOI SCEGLIERE DI DONARLI ENTRAMBI SENZA PAGARE UN CENTESIMO IN PIÙ !

3- È PIÙ SEMPLICE DI QUANTO CREDI.

SCEGLI NEL MODULO FISCALE CHE USI (730, CUD O MODELLO UNICO) IL RIQUADRO DEDICATO AL “**FINANZIAMENTO DELLA RICERCA SCIENTIFICA E DELL 'UNIVERSITÀ**”, APPONI LA TUA **FIRMA** E IL **CODICE FISCALE INAF**.

GUARDA GLI ESEMPI QUI SOTTO



Se fai il 730

codice fiscale INAF **97220210583**

SCELTA PER LA DESTINAZIONE DEL CINQUE PER MILLE DELL'IRPEF (in caso di scelta FIRMARE in UNO degli spazi sottostanti)

<p>Scoprire del volontario e delle altre organizzazioni non lucrative di utilità sociale, delle associazioni di promozione sociale, delle associazioni e fondazioni riconosciute che operano nei settori di cui all'art. 10, c. 1, lett. a), del D.Lgs. n. 460 del 1997</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	<p>Finanziamento della ricerca scientifica e dell'università</p> <p>INAF <i>Mario Rossi</i></p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale 97220210583</p>
<p>Finanziamento della ricerca sanitaria</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	<p>Finanziamento della ricerca sociale e delle attività di promozione del volontariato</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>
<p>Finanziamento alle associazioni per la promozione culturale, riconosciute ai fini fiscali dal CONI e norme di legge</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	



Se fai il MODELLO UNICO codice fiscale INAF **97220210583**

SCELTA PER LA DESTINAZIONE DEL CINQUE PER MILLE DELL'IRPEF (in caso di scelta FIRMARE in UNO degli spazi sottostanti)

<p>Scoprire del volontario e delle altre organizzazioni non lucrative di utilità sociale, delle associazioni di promozione sociale, delle associazioni e fondazioni riconosciute che operano nei settori di cui all'art. 10, c. 1, lett. a), del D.Lgs. n. 460 del 1997</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	<p>Finanziamento della ricerca scientifica e dell'università</p> <p>INAF <i>Mario Rossi</i></p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale 97220210583</p>
<p>Finanziamento della ricerca sanitaria</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	<p>Finanziamento della ricerca sociale e delle attività di promozione del volontariato</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>
<p>Finanziamento alle associazioni per la promozione culturale, riconosciute ai fini fiscali dal CONI e norme di legge</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	



Se hai solo il CUD

codice fiscale INAF **97220210583**

SCELTA PER LA DESTINAZIONE DEL CINQUE PER MILLE DELL'IRPEF (in caso di scelta FIRMARE in UNO degli spazi sottostanti)

<p>Scoprire del volontario e delle altre organizzazioni non lucrative di utilità sociale, delle associazioni di promozione sociale, delle associazioni e fondazioni riconosciute che operano nei settori di cui all'art. 10, c. 1, lett. a), del D.Lgs. n. 460 del 1997</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	<p>Finanziamento della ricerca scientifica e dell'università</p> <p>INAF <i>Mario Rossi</i></p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale 97220210583</p>
<p>Finanziamento della ricerca sanitaria</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	<p>Finanziamento della ricerca sociale e delle attività di promozione del volontariato</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>
<p>Finanziamento alle associazioni per la promozione culturale, riconosciute ai fini fiscali dal CONI e norme di legge</p> <p>INAF</p> <p>Codice fiscale del beneficiario personale</p>	

Se vuoi maggiori informazioni su chi siamo, cosa abbiamo fatto con le donazioni precedenti e cosa speriamo di fare nel 2009 visita il sito Web www.permillestelle.it

dedicato a Mario Cavedon



"Una magnifica desolazione"

Sono passati 40 anni da quando l'uomo mise per la prima volta piede sulla Luna, e da quel giorno la definizione che meglio descrive ciò che si presentò agli occhi degli astronauti è quella coniata da Edwin Aldrin il 20 luglio 1969: "Una magnifica desolazione".

10

di Paolo Laquale

Nel 1957, anno geofisico internazionale, l'Unione Sovietica lancia, il 4 ottobre, il primo satellite artificiale della storia dell'astronautica: lo Sputnik 1. Questo primo risultato della tecnologia missilistica sovietica immediatamente bissato un mese dopo, il 3 novembre, con il lancio dello Sputnik 2 recante a bordo il primo essere vivente, la cagnetta Laika, provocò nell'opinione pubblica americana un profondo sconcerto seguito da una non meno rilevante inquietudine. Il prestigio di prima potenza mondiale era venuto meno; il popolo americano si vedeva minacciato dalla supremazia missilistica sovietica, poiché diveniva palese la possibilità di un attacco sul suolo americano senza alcun preavviso e senza la benché minima possibilità di difesa. Quando il 12 aprile

del 1961 anche il primo uomo a raggiungere l'orbita terrestre è ancora una volta un sovietico, Yuri Gagarin, la tensione nella popolazione e nella amministrazione americane aumentò notevolmente.

Nel 1958, intanto, gli Stati Uniti avevano creato la NASA (National Aeronautics and Space Administration). L'ente spaziale dovette assorbire programmi, impianti e personale dei vari progetti che, in maniera individualistica e spesso antitetica, erano stati intrapresi dalla marina, dall'esercito e dall'aviazione degli Stati Uniti, producendo il ritardo di know-how tecnologico nei confronti dell'Unione Sovietica. Dopo questa fase, l'ente spaziale dovette intraprendere e dedicarsi esso stesso allo sviluppo di nuovi programmi di esplorazione.



Al neoletto presidente J. F. Kennedy era chiaro che vi era il bisogno e la necessità di operare e prendere decisioni importanti per ridare fiducia al popolo americano, per dimostrare l'affidabilità della scienza e della tecnologia americana in modo da poter riparare, quanto prima, l'immagine internazionale della nazione resa fioca dai successi spaziali sovietici.

Il 25 maggio 1961, dopo poco più di un mese dal lancio di Gagarin, davanti alle sessioni riunite del Congresso degli Stati Uniti, Kennedy sostiene il suo discorso che produrrà la svolta desiderata: *"First, I believe that this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the Moon and returning him safely to the Earth. No single space project in this period will be more impressive to mankind, or more important in the long-range exploration of space; and none will be so difficult or expensive to accomplish"*.

In breve, disse: "...credo che questa nazione debba impegnarsi a realizzare l'obiettivo, prima che finisca questo decennio, di far atterrare un uomo sulla Luna e farlo tornare sano e salvo sulla Terra. Non c'è mai stato nessun progetto spaziale più impressionante per l'umanità, o più importante per l'esplorazione dello

spazio; e nessuno è stato così difficile e costoso da realizzare."

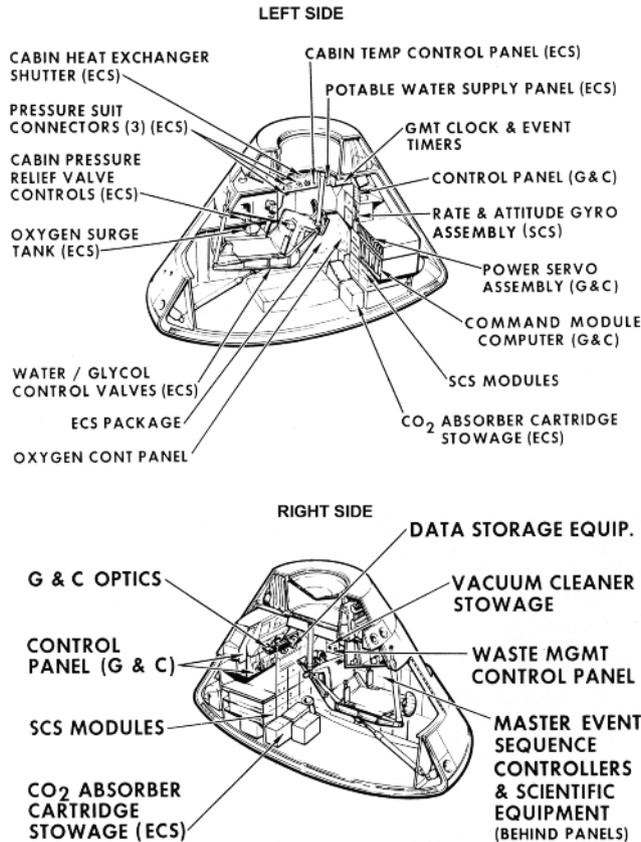
Dopo questo discorso risulta chiaro che l'obiettivo verrà scelto anche dall'Unione Sovietica. Per cui diventerà imperativo per gli Stati Uniti sviluppare la tecnologia necessaria e l'esperienza nei voli spaziali per raggiungere la Luna prima dei sovietici. Da questo contesto nasce il programma di esplorazione lunare Apollo.

In realtà il programma Apollo è il naturale seguito, sia pure con un obiettivo molto importante, dei due programmi spaziali "manned", ossia con uomini a bordo, che lo precedettero: il Programma Mercury e il Programma Gemini.

Il Programma Mercury servì a verificare che l'uomo potesse raggiungere lo spazio, orbitare intorno alla Terra e pilotare la capsula manualmente in caso di necessità.

Nato ufficialmente nel 1961 quando erano appena iniziati i voli della capsula Mercury, il Programma Gemini fu invece originariamente visto come una semplice estrapolazione del Programma Mercury e, perciò, inizialmente denominato Mercury Mark II. La capsula Gemini aveva però poco in comune con la precedente Mercury ed era superiore all'Apollo almeno nelle prime fasi di progettazione (quest'ultimo fu concepito al-

APOLLO COMMAND MODULE INTERIOR



Spaccato della capsula Apollo.

compiere esperimenti in orbita e attività extraveicolari all'esterno della capsula.

Tipi di missione

In seguito alle decisioni e alle scelte politiche in campo spaziale del presidente Kennedy e dalla ferma volontà della NASA e delle industrie aerospaziali del Paese, per realizzare il viaggio Terra-Luna e ritorno vennero immediatamente presi in considerazione tre tipi di missione: 1) Ascesa diretta (Direct Ascent), consistente in un lancio diretto Terra-Luna da effettuarsi con un supermissile "NOVA", in seguito mai costruito dalla NASA. In pratica tutto il veicolo che parte da Terra, tranne ovviamente i primi stadi del razzo vettore, giunge

sulla Luna e poi ritorna sulla Terra.

2) Appuntamento in orbita terrestre (Earth Orbit Rendez-Vous), caratterizzato dall'unione in orbita terrestre di un'astronave e di un sistema di propulsione lanciati separatamente. In pratica si effettua il lancio di due razzi vettori separati, che portano in orbita terrestre due veicoli distinti, che solo allora si uniscono diventando un'unica astronave per il trasferimento verso la Luna e il relativo ritorno.

3) Appuntamento in orbita lunare (Lunar Orbit Rendez-Vous), consistente nel lancio di un veicolo suddiviso in due parti più il sistema di propulsione mediante lo stesso razzo vettore. Compiuta la traversata Terra-Luna e raggiunta l'orbita lunare una delle due parti, il modulo lunare,

l'inizio del 1960 durante l'amministrazione Eisenhower. Successivamente fu l'Apollo che beneficiò dell'esperienza e della tecnologia sviluppata con la Gemini. In quei primi anni di studio e di sviluppo tecnologico, per intraprendere la traversata Terra-Luna e ritorno, si dovettero prendere in considerazione vari tipi di missione, per cui fu necessario sviluppare i mezzi adatti a rendere possibile l'addestramento degli uomini coinvolti sia nelle operazioni di terra che nelle operazioni in orbita.

La capsula Gemini sperimentò la possibilità di compiere voli di lunga durata e le tecniche di rendez-vous e docking (appuntamento e aggancio) con un'altra navicella effettuando cambiamenti orbitali. In più si sperimentò la possibilità di



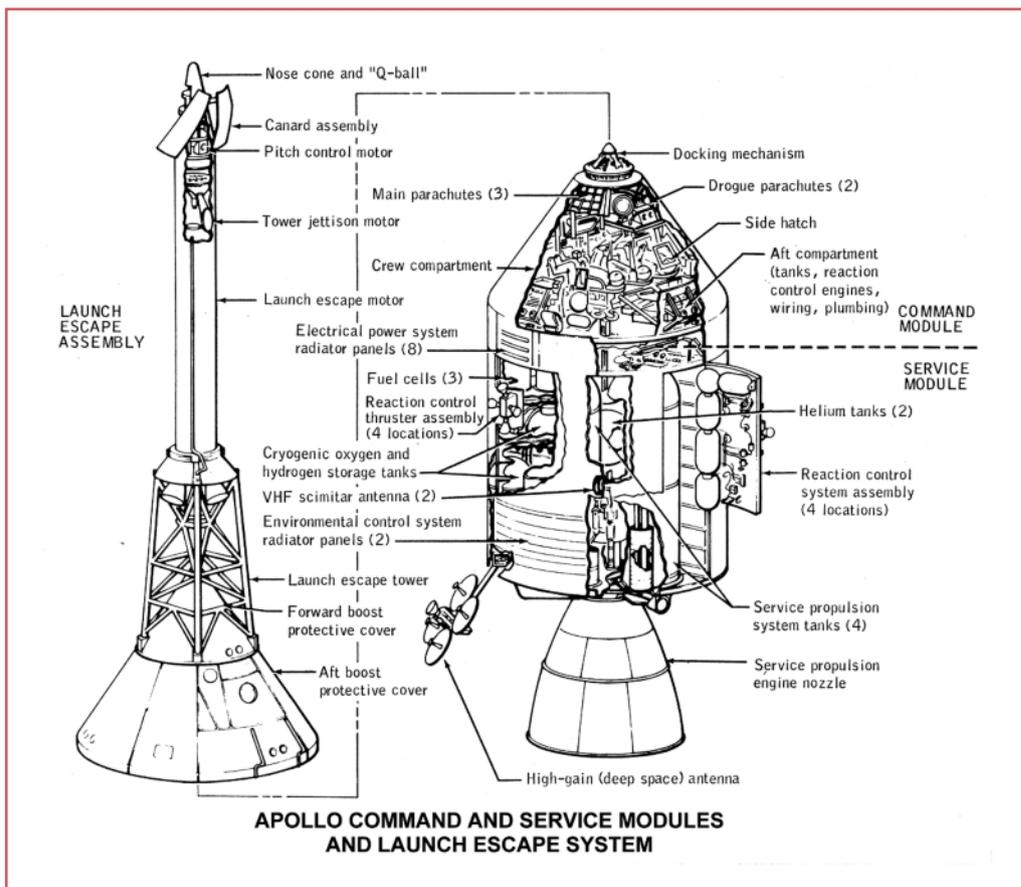
Il Presidente J.F.Kennedy parla alle sessioni riunite del Congresso degli Stati Uniti dell'impegno americano nel raggiungere la Luna.

si separa dall'astronave madre e atterra per compiere l'esplorazione del nostro satellite. Più tardi, terminata la fase esplorativa della missione, risale in orbita lunare e si ricongiunge all'altro modulo rimasto in orbita con il quale, infine, gli astronauti ritornano sulla Terra. Nel luglio del 1962 la NASA sceglie il terzo metodo, ritenuto più affidabile. La conce-

zione di questa tipologia di missione viene attribuita a John Houbolt, un ricercatore della NASA. Altri studiosi fanno notare che un'esplorazione lunare di questo tipo era già stata descritta all'inizio del XX secolo da Juri Kondratyuk (1897-1942), uno dei padri della missilistica sovietica. Comunque sia, verso la fine dello stesso anno, l'ente spaziale americano firma una serie di contratti con alcune industrie aerospaziali per lo sviluppo di tutto il sistema e nello stesso tempo dà l'avvio alla progettazione e costruzione del super razzo vettore "Saturn" che avrebbe reso possibile la missione.

I contratti furono stipulati con la Grumman Aircraft Engineering Corporation per lo sviluppo del modulo lunare; la capsula vera e propria, invece, viene costruita dalla North American Aviation, che diventa, dopo l'acquisto della Rockwell Standard

Spaccato della capsula Apollo con il modulo di servizio e la torre di salvataggio.



nel 1967, la North American Rockwell. Divenuta successivamente Rockwell International, questa stessa società realizzerà negli anni Settanta il sistema STS (Space Transportation System) vale a dire lo Space Shuttle.

Al suo picco, il programma Apollo impiegò 400 000 persone e richiese il supporto di 20 000 fra industrie e università.

Il sistema Apollo

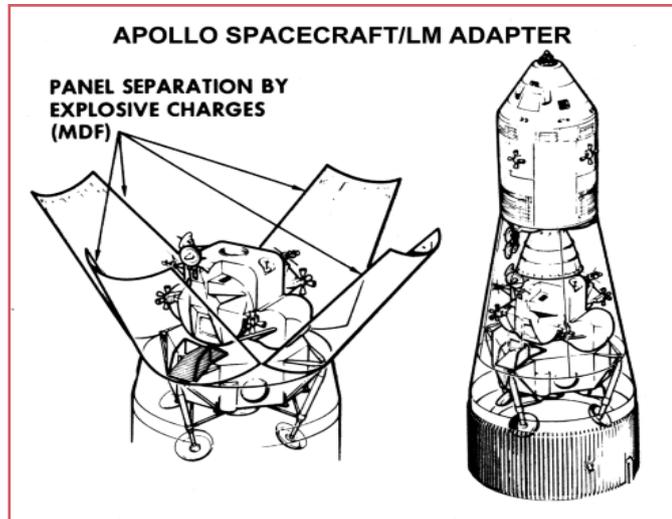
Il veicolo spaziale Apollo aveva la capacità di ospitare tre uomini di equipaggio ed era formato da tre moduli distinti: il modulo di comando e il modulo di servizio riuniti in un unico complesso denominato Apollo Command and Service Module, e il modulo lunare chiamato Lunar Module o anche LEM dalle iniziali di Lunar Excursion Module.

La capsula Apollo, la prima astronave

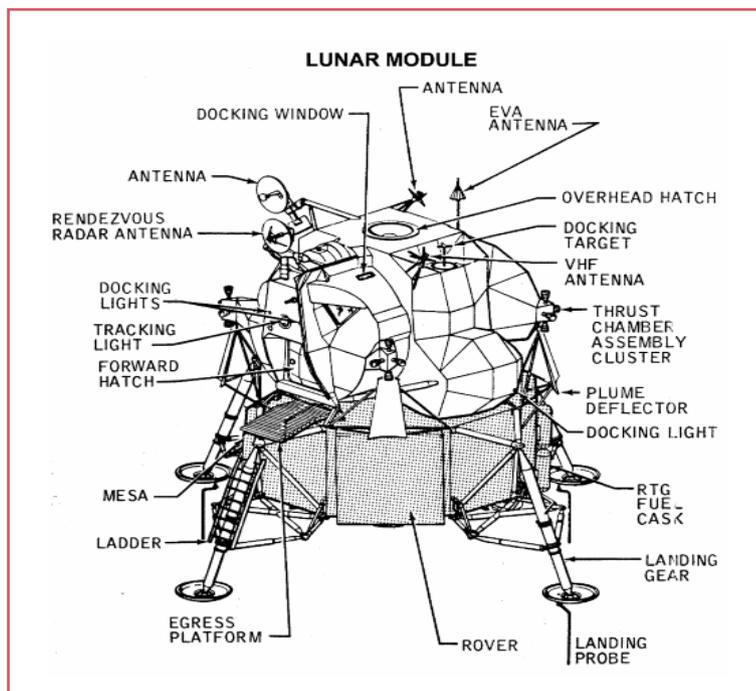
realizzata da noi umani e con la quale siamo andati e tornati da un altro corpo del sistema solare, aveva una forma a cono. Le dimensioni erano le seguenti: altezza 3,18 metri, diametro alla base di 3,9 metri. Compresi i tre astronauti, che costituivano l'equipaggio, pesava al lancio 5534 chilogrammi e al rientro 5307 chilogrammi. La forma a cono era stata

introdotta da ragioni aerodinamiche: infatti la capsula Apollo rappresentava l'apice del razzo Saturno 5 che nell'attraversare l'atmosfera, durante le fasi iniziali del lancio, doveva avere un profilo aerodinamico ideale. La base della capsula era stata realizzata con un profilo particolare che aveva due funzioni importanti durante la fase di rientro nell'atmosfera terrestre al termine della mis-

Spaccato dell'Apollo e della sede del modulo lunare nel terzo stadio del Saturn 5.

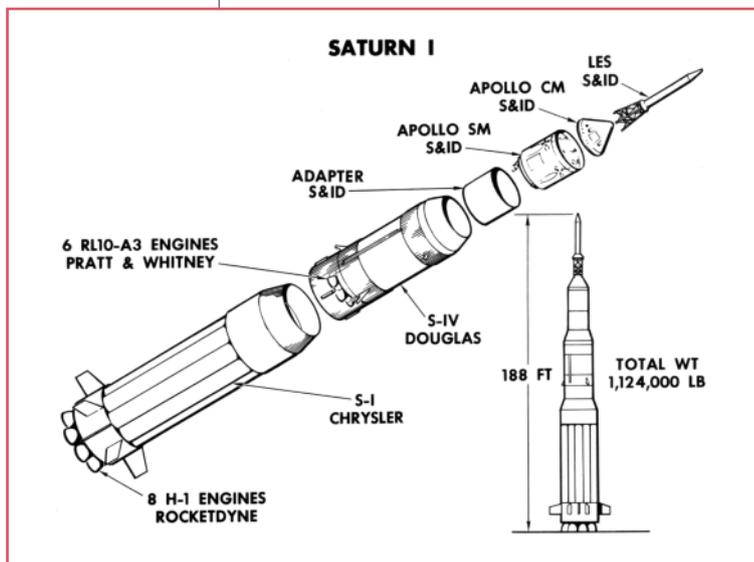


14



Spaccato del modulo lunare (LEM).

sione: 1) disperdere il calore sviluppato dall'attrito con le molecole dell'aria grazie a uno scudo termico realizzato in acciaio inossidabile ricoperto da un misto di fibre di vetro e resine fenoliche epossidiche, le



Spaccato del razzo Saturn 1.

quali, consumandosi per le alte temperature (2760°C) sviluppate dall'attrito stesso, smaltivano il calore che investiva la capsula, proteggendo così i suoi occupanti; 2) creare una portanza, ossia la forza che sostiene un veicolo in aria, che ne rallentasse la velocità di discesa e permettesse un migliore controllo della traiettoria di rientro, fino ad arrivare a una corretta apertura dei paracadute che portavano, poi, la capsula ad un perfetto ammaraggio (splash down). Per mantenere una traiettoria corretta durante l'attraversamento dell'atmosfera, la capsula Apollo era

Spaccato del razzo Saturn 1B.

dotata di dodici propulsori a razzo di cui dieci posizionati intorno alla base e due posizionati alla sommità della capsula stessa. Il funzionamento avveniva mediante l'utilizzo di propellenti liquidi (monometilidrazina e tetrossido d'azoto) e tutti i suddetti motori fornivano, ciascuno, una spinta di 42 chilogrammi.

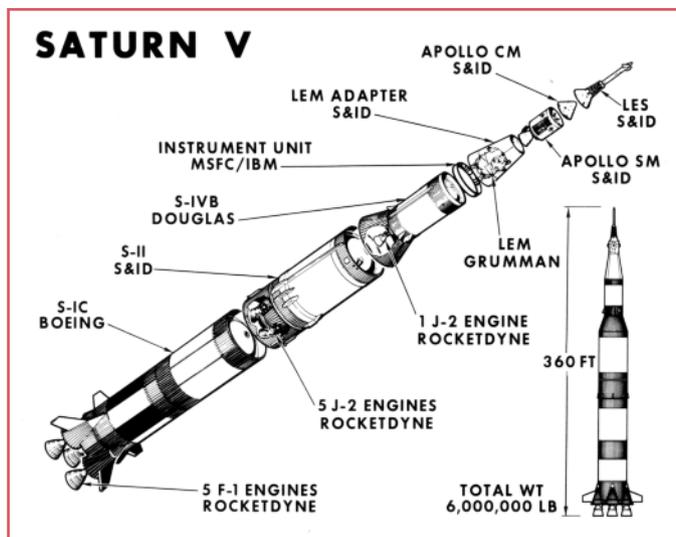
La capsula Apollo era differenziata in due sezioni principali. Sulla parte superiore del cono vi era il sistema di aggancio con il modulo lunare, con il boccaporto e il tunnel per il passaggio degli astronauti. Intorno a questa sezione vi era l'alloggiamento degli otto paracadute per la discesa (due "parassiti" per la stabilizzazione della discesa, tre pilota e tre principali) e dei tre palloni che, in caso di ammaraggio con la capsula rovesciata, servivano a riequilibrarla automaticamente. Inoltre, come già detto, vi erano due dei 12 motori a razzo dell'Apollo per il controllo dell'assetto durante la fase di rientro. La seconda sezione, invece, era l'abitacolo vero e proprio, riservato quindi all'equipaggio. Questa zona abitabile aveva un'atmosfera controllata (temperatura, pressione e umidità). Durante la fase di decollo, fino al raggiungimento dell'orbita, e durante la fase di discesa, fino all'ammarraggio, l'atmosfera era costituita da una miscela di ossigeno-azoto

15

SATURN 1B LAUNCH VEHICLE	
CHARACTERISTICS	
LENGTH (VEHICLE)	43 m
LENGTH (VEHICLE, SPACECRAFT, LES)	68 m
TOTAL DRY WEIGHT	50,000 Kg
TOTAL WET WEIGHT	568,200 Kg
WEIGHT AT LIFTOFF	588,000 Kg
EARTH ORBIT PAYLOAD	18,135 Kg
STAGES	
FIRST (S-1B)	
SIZE	6.5 x 24 m
ENGINES	8 H-1
THRUST (201 THRU 205)	724,800 Kg
(206 AND SUB)	742,920 Kg
PROPELLANT WEIGHT (LOX)	413,100 Kg
(RP-1)	127,300 Kg
SECOND (S-1VB)	
SIZE	6.6 x 18.1 m
ENGINE	1 J-2
THRUST (201 THRU 207)	90,700/102,000 Kg
(208 AND SUB)	93,000/104,280 Kg
PROPELLANT WEIGHT (LOX)	86,000 Kg
(LH ₂)	19,700 Kg
INSTRUMENT UNIT	
SIZE	6.6 x .91 m
WEIGHT	2,038 Kg
GUIDANCE SYSTEM	INERTIAL

al fine di scongiurare il pericolo di incendio a bordo. Nello spazio e durante il viaggio di andata e ritorno dalla Luna, l'atmosfera era costituita da ossigeno puro alla pressione di un terzo di atmosfera. In corrispondenza della zona abitabile vi era un portello di ingresso-uscita

sione all'esterno, la capsula Apollo era dotata di cinque finestrini. Uno era incorporato nel portello di ingresso, due sulla parte destra e due sulla parte sinistra. Due di questi, sistemati in corrispondenza di due dei tre seggiolini per l'equipaggio, erano più grandi e utilizzati per alcune



Spaccato del razzo Saturn 5.

fasi di pilotaggio, come ad esempio per le manovre di aggancio e separazione del modulo lunare. Erano costruiti con un materiale in grado di filtrare le radiazioni nocive della luce solare e di resistere all'eventuale impatto con un micrometeorite.

L'abitabilità della capsula era gestita da un sistema di controllo ambientale che regolava la pressione, la temperatura ambiente, l'umidità e la generazione del-

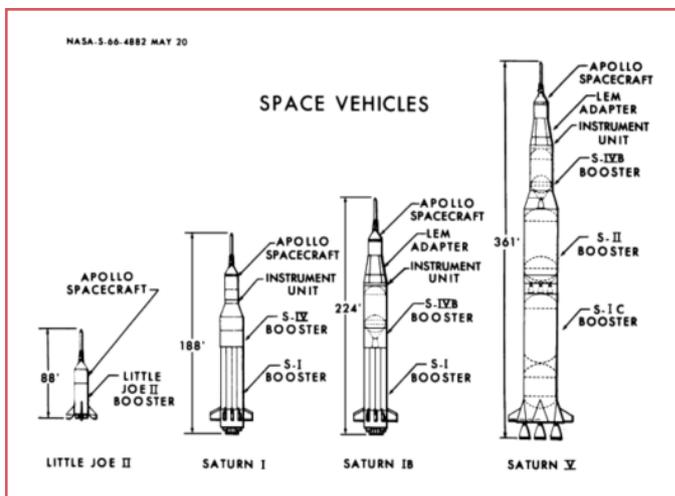
con un'altezza di 73 centimetri e una larghezza di 86 centimetri. Fu una delle parti della capsula Apollo completamente riprogettata dopo l'incidente dell'Apollo AS-204, in modo da poter essere aperta in caso di emergenza sia dall'interno che dall'esterno al massimo in dieci secondi. La temperatura ambiente era confortevole e regolabile intorno a 24°C (all'esterno si passava da +138°C a -138°C a seconda che la capsula fosse riscaldata o no dai raggi del Sole). Gli astronauti entravano nella capsula attraverso il portello con i piedi in avanti e avevano a disposizione tre seggiolini regolabili in tre posizioni diverse: pilotaggio, riposo e in piedi. Al di sotto di questi si trovavano sistemati i contenitori con le tute. Il volume abitabile era di 5,90 metri cubi, vale a dire 1,97 metri cubi per astronauta. Una volta sistemati sui seggiolini, gli astronauti avevano davanti il quadro principale degli strumenti di bordo e dei comandi di pilotaggio, 506 interruttori, 71 luci-spie e 40 indicatori, dei quali molti duplicati o triplicati per questioni di sicurezza. Per la vi-

l'acqua come sottoprodotto delle celle a combustibile. Il sistema stesso rimuoveva i cattivi odori ed eliminava l'anidride carbonica.

I sistemi di navigazione e controllo, invece, ideati al MIT (Massachusetts Institute of Technology), erano costituiti da due dispositivi: il sistema di guida inerziale e il sistema di guida ottico.

Il sistema di guida inerziale, grazie a una piattaforma inerziale e a tre giroscopi controllati e programmati tramite un elaboratore elettronico, misurava i cambiamenti di assetto, velocità e direzione. Il sistema di guida ottico, invece, era costituito da un sestante e da un telescopio con i quali si prendevano dei punti di riferimento esterni: la Terra o le stelle. Con quest'ultimo sistema si miglioravano le informazioni di navigazione che venivano inserite tramite una piccola tastiera nel sistema inerziale. Tutte le informazioni contribuivano a determinare i comandi di correzione di rotta, con gli istanti e i tempi di accensione dei motori per modificare la velocità e la direzione di rotta.

Diagramma
dei razzi del
Programma
Apollo.



Controlli e correzioni erano sia automatici che manuali.

Al disopra della capsula era collocata la torre di salvataggio: un traliccio alto dieci metri che terminava con un sistema di motori a razzo a propellente solido del diametro di 1,2 metri. Questo sistema serviva a strappare la capsula con i suoi occupanti dal resto del razzo vettore qualora si fosse presentato un guasto durante la fase di lancio e durante i primi 30 secondi di volo. In pratica, il motore più potente, con una spinta di 65000 chilogrammi, imprimeva una forte accelerazione alla capsula, la cui traiettoria veniva deviata allontanando la capsula stessa dalla zona dell'incidente con un altro motore dotato di spinta pari a 1000 chilogrammi.

In caso di lancio riuscito, la torre di salvataggio veniva sganciata ad un'altezza di 90 km (a 30 secondi dal lancio) mediante un terzo motore dotato di una spinta pari a 14000 chilogrammi, che entrava in funzione insieme a due alette canard che, aprendosi, ne deviavano la traiettoria dal resto del razzo. Il tutto era gestito da un sistema di generazione dell'energia elettrica proveniente dalle celle a combustibile installate a bordo del modulo di servizio. In realtà, la capsula

Lancio del Saturn I della missione SA-1 di test.

Apollo disponeva essa stessa di tre batterie argento-zinco che entravano in funzione nell'ultima parte della missione per la fase di rientro. Inoltre vi erano altre due batterie utilizzate solo per scopi pirotecnici. Venivano utilizzate, cioè, per l'accensione dei bulloni esplosivi che servivano per il distacco della torre di salvataggio, per la separazione del modulo di comando dal modulo di servizio e per l'uscita dei paracadute (comandati da un interruttore barometrico).

Il modulo di servizio

Al di sotto della capsula Apollo e aganciato ad essa vi era il modulo di servizio. Di forma cilindrica, aveva una lunghezza di 7,55 metri e un diametro di 3,9 metri. Il peso era di circa 16 tonnellate. Il modulo di servizio non era abitabile, infatti, la sua funzione era di supporto alla capsula con l'equipaggio. All'in-

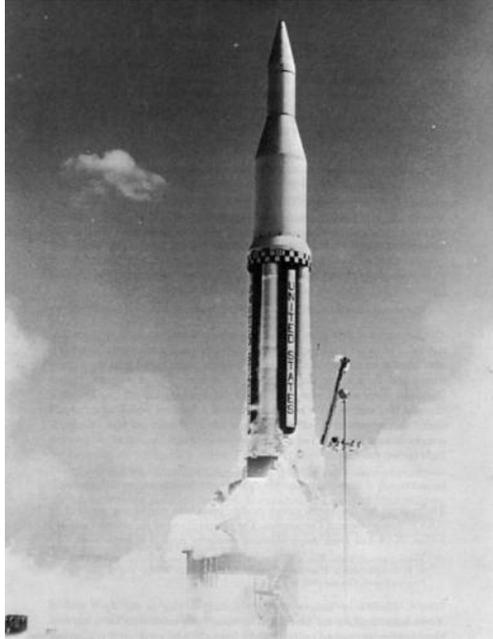
17



terno di esso si trovavano alloggiati i serbatoi di ossigeno e idrogeno per le celle a combustibile che, costituite da 31 elementi, erogavano 1600 Watt di potenza in corrente continua; i serbatoi dei propellenti, aerozina 50 e tetrossido d'azoto, del Service Propulsion System, e monometilidrazina e perossido d'azoto del Reaction Control System.

18

Questi due sistemi di propulsione servivano per l'inserimento in orbita lunare e per l'immissione e il controllo della traiettoria di ritorno verso la Terra. Il Service Propulsion System era formato da un unico motore con un ugello largo e vistoso, posizionato sul retro del modulo e che forniva una spinta di 9300 chilogrammi; era riavviabile più volte durante il volo ed era anche inclinabile per dirigere la spinta. Il Reaction Control System, invece, era formato da una serie di quattro supporti posizionati intorno al modulo a 90° l'uno dall'altro e costituiti ciascuno da quattro motori che fornivano una spinta di circa 45 chilogrammi. Questi motori più piccoli servivano per il controllo dell'assetto di tutto il complesso. Sulla superficie esterna del cilindro erano posizionate anche 7 antenne per le telecomunicazioni con la Terra e un'antenna radar utilizzata durante le manovre di aggancio (docking) con il modulo lunare. Nelle ultime missioni Apollo, all'interno del modulo di servizio erano stati sistemati alcuni esperimenti e stru-



Lancio del Saturn 1 della missione di test SA-2.

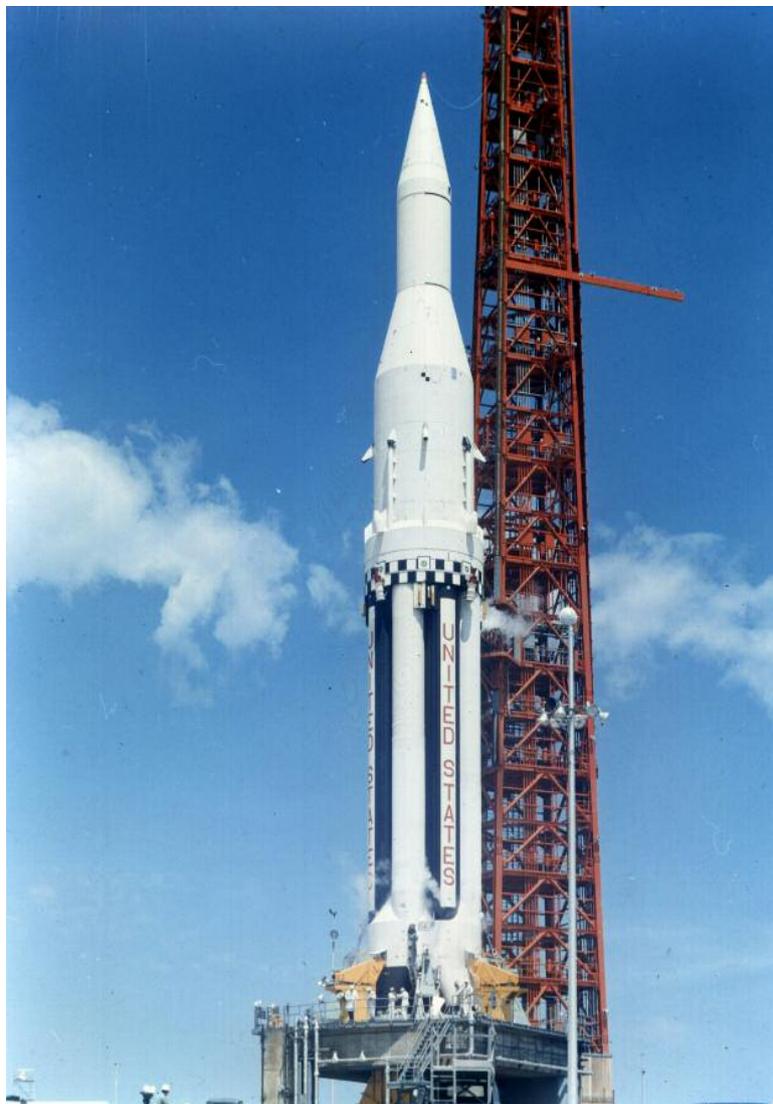
mentazione scientifica per lo studio della Luna. Inoltre era stato ricavato uno scomparto che conteneva un microsatellite che veniva sganciato in orbita lunare con un sistema a molla. Il modulo di servizio non sopravviveva alle missioni; infatti, poco prima del rientro in atmosfera della capsula Apollo, esso veniva sganciato e finiva con il disintegrarsi a causa dell'attrito con l'aria. Nel frattempo l'Apollo iniziava la fase finale della missione: il rientro alla

velocità di 40 000 km/h negli strati più alti dell'atmosfera terrestre. Dopo aver dissipato gran parte del calore sviluppato a causa dell'attrito con l'aria, aveva inizio la fase di frenaggio ad una quota di 7000 metri. Un interruttore barometrico, azio-



Il Saturn 1 della missione di test SA-3 sulla rampa di lancio.

Il Saturn 1 della missione di test SA-4 sulla rampa di lancio.



Il modulo lunare (LEM)

L'LM (Lunar Module) modulo lunare, più conosciuto come LEM (Lunar Excursion Module), era l'ultima parte del complesso che doveva permettere ad un uomo di raggiungere la superficie lunare. Il LEM era stato concepito per operare esclusivamente nell'ambiente spaziale e sulla Luna, pertanto, non dovendo resistere a nessun tipo di attrito, era stato progettato con una forma assai goffa e apparentemente rozza. Inoltre, dovendo operare esclusivamente sulla Luna dove la gravità risulta essere un sesto di quella terrestre, era stato pensato molto leggero e di conseguenza fragile; in-

nato dalla pressione atmosferica, comandava la sequenza di apertura degli otto paracadute: prima i due paracadute parassiti che servivano a stabilizzare la discesa e a fornire un primo rallentamento della capsula, poi, a 3000 metri di quota si sganciavano i due paracadute parassiti e si aprivano i tre paracadute pilota che guidavano l'apertura dei tre grandi paracadute principali di 24,45 metri di diametro, dal colore bianco e arancione, che conducevano la capsula e i suoi occupanti all'ammarraggio, che avveniva ad una velocità di 35 km/h.

fatti non avrebbe potuto sostenere il proprio peso sulla Terra. Questa la sua missione: una volta raggiunta l'orbita lunare doveva trasportare due astronauti dal modulo di comando Apollo alla superficie della Luna, fungere da base durante la fase esplorativa sulla superficie selenica e riportare indietro i due astronauti all'appuntamento in orbita con l'Apollo e il suo pilota per il ritorno verso casa. Il modulo lunare era costituito da due stadi: lo stadio di discesa e lo stadio di risalita. Lo stadio di discesa aveva una forma più regolare essendo ottagonale e

dotato di quattro zampe per l'atterraggio. Possedeva un motore a razzo che veniva utilizzato come freno per la fase di discesa. Come ultima funzione, dopo il termine della missione, era utilizzato come piattaforma di lancio per lo stadio di risalita. Quest'ultimo aveva una struttura progettata in funzione solamente delle necessità, pertanto risultava pieno di squadrature, rientranze e protuberanze in base alla disposizione dei motori per il controllo dell'assetto, alla disposizione dei finestrini per la visione esterna e all'alloggiamento di antenne e dispositivi di navigazione o scientifici. In tutto ciò era sistemata la cabina pressurizzata per i due astronauti che dovevano condurre l'esplorazione del suolo lunare. Anche lo stadio di risalita era dotato di un proprio motore per il decollo e il raggiungimento in orbita dell'Apollo.

La struttura della cabina pressurizzata era in lega di alluminio, ricoperta con circa otto centimetri di materiale isolante e un sottile foglio di alluminio.

Il LEM con le zampe distese era alto 7,03 metri e aveva un diametro da zampa a zampa di 9,45 metri (il solo stadio di discesa era alto 3,07 metri). Il peso complessivo a pieno carico, ossia con propellenti e con i due astronauti a bordo, era di 14 742 chilogrammi (il 73,3% del peso era costituito solo dai propellenti).

Il LEM non rimase uguale a sé stesso durante le missioni lunari, infatti nelle ultime tre spedizioni (Apollo 15, 16 e 17) il peso aumentò di due tonnellate poiché si ricavò uno scomparto che potesse contenere il Rover lunare oltre alle apparecchiature scientifiche (ALSEP) che divennero più numerose. Vi si installarono anche maggiori riserve di ossigeno, acqua e batterie per poter prolungare la permanenza sulla Luna. Di conseguenza, dalle iniziali 48 ore di autonomia, a partire dalla separazione dal modulo di comando di cui 35 sulla Luna, il LEM assicurò nell'ultima missione una permanenza sulla superficie selenica di ben 55 ore.

A partire dal lancio e fino all'inizio del viaggio verso la Luna, il modulo lunare si trovava protetto nel suo alloggio-carena-atura tra il modulo di servizio e il terzo sta-

dio del razzo Saturno 5. Espulsi i 4 petali della carenatura, l'Apollo si allontanava, compiva una rotazione di 180° e si riavvicinava agganciando con il muso il LEM estraendolo dalla sua sede. Compiva, quindi, una seconda rotazione di 180° per ritornare nella posizione originale. I due veicoli, così uniti, iniziavano il lungo viaggio di circa 380 000 chilometri che li separava dal loro obiettivo: la Luna.



Pad Abort Test-1 della capsula Apollo e della torre di salvataggio.

Raggiunta l'orbita lunare, due dei tre astronauti che costituivano l'equipaggio, si trasferivano nel LEM e iniziavano le procedure di separazione dal modulo di comando. Dopo il distacco da esso, proseguivano con la discesa nella zona prevista per l'atterraggio. Per poter atterrare ad una velocità minima di 2 m/s si faceva uso del motore dello stadio di discesa che, bruciando aerezina 50 e tetrossido d'azoto, frenava la velocità di discesa grazie anche alla possibilità di regolarne la spinta da 476 a 4477 chilogrammi. Il motore era anche direzionabile sia pur limitatamente, ma gli spostamenti laterali e il controllo dell'assetto venivano fatti tramite i quattro gruppi di quattro motori a elio dello stadio superiore, che fornivano una spinta di 44 chilogrammi. Grazie agli 8187 chilogrammi di propellente, il mo-

Lancio del Saturn 1 della missione di test SA-5.

tore aveva un'autonomia di 14 minuti e 34 secondi, e per 3 minuti e 29 secondi poteva permettere al LEM di librarsi sulla superficie per consentire agli astronauti di identificare il sito più adatto per l'atterraggio.

Le zampe del LEM erano telescopiche e terminavano con piastre di 94 centimetri di diametro deformabile che consentivano di assorbire l'urto con la superficie. Tre delle quattro zampe terminavano con un'asta verticale lunga 173 centimetri che segnalava agli astronauti l'attimo del contatto con la superficie e quindi lo spegnimento del motore che doveva essere fatto manualmente.

In corrispondenza della zampa anteriore era sistemato il portello di uscita con una piattaforma di sosta e sulla zampa stessa vi era una scaletta con 9 pioli per permettere la discesa sulla superficie.

Terminata la fase di esplorazione della superficie lunare, gli astronauti rientravano a bordo del LEM per andare all'appuntamento orbitale e all'aggancio con l'Apollo.

Come detto precedentemente, la sezione inferiore del modulo lunare fungeva da base di lancio per la sezione di risalita che, per mezzo di bulloni esplosivi, si separava dal resto e contemporaneamente entrava in funzione il motore di risalita, che utilizzava gli stessi propellenti dello stadio di discesa. Con una spinta di 1588 chilogrammi, il motore imprimeva una accelerazione e una traiettoria in verticale. La fase di volo proseguiva, poi, obliquamente e parallelamente alla superficie lunare per poi, infine, immettersi in un'orbita di parcheggio ad una quota compresa tra i 18,5 e i 55 chilometri. Questo motore poteva funzionare per 7 minuti e 40 secondi grazie ai



Lancio del razzo Little Joe II della missione di test A-001.

2352 chilogrammi di propellente, ed era stato progettato per poter essere riavviabile per ben 35 volte.

La cabina dove trovavano posto i due astronauti era larga 2,33 metri, con un volume abitabile di 4,5 metri cubi e con uno spazio vitale di 1,11 metri per astronauta. L'atmosfera respirabile era costituita da ossigeno puro al 100% e la temperatura interna mantenuta sui 23-24°C. La cabina non era dotata di sedili, quindi gli astronauti erano in posizione eretta. Per mantenersi in questa posizione e annullare gli scossoni (nella fase di atterraggio), gli astronauti infilavano i piedi in staffe posizionate sul pavimento e collegavano i fianchi della tuta ad un sistema di tiranti. Per maggiore comodità avevano dei braccioli per facilitare le operazioni di guida.

Per la visione esterna, la cabina del LEM aveva due finestrini triangolari in posizione frontale e uno circolare situato sopra la testa del comandante, che serviva per la fase di aggancio con l'Apollo. In cima e in posizione centrale vi era il

portello di aggancio, del diametro di 81 centimetri, che permetteva ai due astronauti il passaggio fra LEM e Apollo. Il sistema di guida e navigazione (computer, accelerometri e giroscopi) era una duplice di quelli utilizzati nella capsula Apollo e alimentati da sette batterie argento-zinco (cinque nel modulo di discesa e due in quello di risalita) che garantivano energia elettrica a 28 Volt in corrente continua. In tutte le missioni (tranne che per l'Apollo 13), lo stadio di risalita, dopo che l'equipaggio si era trasferito nell'Apollo, veniva diretto a impattare la superficie lunare in modo da creare dei lunamoti (terremoti lunari) che venivano registrati dagli strumenti (ALSEP) lasciati sulla superficie per questo scopo.

Il LEM fu progettato e costruito dalla Grumman Aircraft Engineering Corporation.

Il rover (LRV)

Il Lunar Roving Vehicle (LRV), meglio conosciuto come Rover lunare era una vettura progettata per ampliare l'esplorazione del sito di atterraggio. È stata l'unica vettura ad essere guidata da un uomo sulla superficie di un altro corpo celeste. Essa venne utilizzata nelle ultime tre missioni di esplorazione lunare (Apollo 15, 16 e 17). Grazie a questo "fuoristrada", furono percorsi sulla superficie lunare, nell'ambito delle tre missioni, 90,8 chilometri. Il massimo allontanamento dal modulo lunare, invece, fu di 6,4 chilometri. L'LRV, veniva trasportato in un compartimento del modulo di discesa del LEM, dove era ripiegato come una scatola di dimensioni 0,9 x 1,5 x 1,7 metri. La forma era alquanto spartana, poiché vi era il solo telaio, costruito in al-

luminio, con le quattro ruote e i due sedili dove trovavano posto i due astronauti. Niente carrozzeria, ma solo parafranghi per evitare agli occupanti e agli strumenti trasportati che la polvere lunare, sollevata durante il movimento, potesse investirli. Dopo il dispiegamento, la vettura



Il Saturn 1 della missione di test SA-6 sulla rampa di lancio.

raggiungeva queste dimensioni: lunghezza 3,10 metri, larghezza circa 1,80 metri, passo delle ruote 2,30 metri, altezza del telaio dal suolo 35 centimetri. Le ruote avevano un diametro di 81,8 centimetri e una larghezza di 23 centimetri, e per evitare che potessero deformarsi a causa di urti con le asperità della superficie avevano il disco costruito in alluminio e titanio; il battistrada, invece, era costituito di lamine metalliche, mentre l'involucro,

per una maggiore resistenza, era intrecciato di corde da pianoforte. Ogni ruota era dotata del proprio motore elettrico situato in uno scomparto sigillato. Questo evitava l'ingresso della polvere lunare negli ingranaggi del motore stesso. Essendo un'auto elettrica, l'alimentazione veniva erogata da due batterie, di cui una di riserva, da 36 Volt che fornivano un'autonomia massima di 65 chilometri. La progettazione fu ottimizzata in base anche alle condizioni che avrebbe trovato sul suolo selenico; in particolare la resistenza a sbalzi di temperatura (da circa -130°C a oltre +120°C) e al peso da trasportare (454 chilogrammi, a fronte del suo peso di 204 chilogrammi). La velocità media era di 3-4 km/h, con punte massime di 14 km/h. La ridotta gravità lunare e quindi la ridotta aderenza delle ruote al suolo e l'assenza di carrozzeria, imponevano agli astronauti di indossare le cinture di sicurezza nonostante queste basse velocità. Considerando il suo utilizzo sulla Luna, le



Lancio del Saturn 1 della missione di test SA-7.

Lancio del Saturn 1 della missione di test SA-9 con a bordo il satellite Pegasus 1.



23

doti di fuoristrada non erano niente male: durante le missioni riuscì a superare ostacoli alti 30 cm e fratture superficiali larghe 70 cm. La pendenza massima superabile era di 21°, ma gli astronauti, per questioni di sicurezza, non superarono mai i 12°.

Anche il sistema di guida era molto particolare: invece dello sterzo vi era una impugnatura a T che, azionata nelle quattro direzioni, permetteva di dirigere l'LRV dove si voleva. La sterzata, inoltre, era inferiore alla lunghezza dello stesso LRV, di conseguenza era molto maneggevole. Il regime di rotazione dei motori veniva controllato da un pulsante posizionato sull'impugnatura. Un ulteriore dispositivo, molto utile, era un sistema di navigazione che permetteva agli astronauti di sapere sempre la propria posizione rispetto a quella del LEM. La vettura era dotata anche di un'antenna ad alto guadagno dalla forma ad ombrello con la quale si mantenevano i contatti con la Terra, vi erano anche antenne a basso guadagno, un ripetitore radio, una telecamera e una cinepresa da 16 mm, una fotocamera da 70 mm, un sistema per perforare il suolo, un magnetometro, attrezzi per la raccolta dei campioni, che venivano conservati in alcuni scomparti situati sotto i sedili.

Il Rover lunare venne progettato e costruito dalla Boeing insieme alla Delco Electronics (General Motors).

Razzi Vettori

Nella primavera del 1957 Wernher Von Braun, lo scienziato che più di tutti volle fermamente lo sviluppo di razzi per permettere all'uomo di andare nello spazio e oltre, iniziò la progettazione del razzo che divenne la base di partenza del più potente razzo lunare. Per una semplice ragione di consecutivo temporale dei vari progetti fino ad allora sviluppati, il razzo che successivamente permise al-



Il satellite Pegasus 1 in una raffigurazione pittorica.

l'uomo di raggiungere la Luna venne denominato Saturn perché era successivo al progetto Jupiter (rispettando così l'ordine di distanza dal Sole dei pianeti). La costruzione di questo razzo ebbe inizio alla fine del 1958.

Saturn 1

Il banco di prova iniziale, quindi, venne denominato Saturn 1. La progettazione e i test effettuati con questo razzo furono sviluppati per affrontare tutta la casistica di problemi che avrebbe incontrato la progettazione del più grande e potente razzo lunare. Il Saturn 1 fu pensato come missile a tre stadi, ma in tutti i dieci voli effettuati con questo modello ne furono provati in funzione solamente due. Il primo stadio, denominato S-1, era alto 25 metri e aveva un diametro di 6,58 metri. La caratteristica principale, ben visibile dall'esterno, erano gli otto serbatoi a colonna raggruppati a corona, terminanti con gli altrettanti otto motori Rocketdyne H-1 (derivanti da quelli utilizzati per i razzi Jupiter e Thor). I quattro motori più esterni erano inclinabili, entro un certo limite, per correggere deviazioni della traiettoria durante la fase di ascesa. I propellenti utilizzati erano l'ossigeno liquido e il cherosene (RP-1). Potenza complessiva: 682.000 kg al livello del mare. Il secondo stadio, denominato S-4, era alto 12,20 metri e aveva un diametro di

5,48 metri. I propellenti utilizzati per i sei motori Pratt & Whitney RL-10 erano l'idrogeno e l'ossigeno liquidi. Potenza complessiva: 40800 kg. L'altezza totale di questo primo razzo era di 37,20 metri e nei lanci di prova delle capsule Apollo senza equipaggio raggiungeva i 52,12 metri, compresa la torre di salvataggio. Il peso al decollo era di 419 tonnellate e la spinta complessiva, in due tempi, era di 723000 kg. La capacità di lancio in orbita terrestre alta 180 km era di 10 tonnellate.

Tutti i lanci effettuati con questo razzo sono stati coronati dal 100% di successi.

Saturn 1B

Il Saturn 1B era la versione migliorata del precedente Saturn 1 e fu lo sviluppo intermedio che portò alla realizzazione del più potente Saturn 5. Nei nove voli effettuati, suborbitali e orbitali, con e senza equipaggio, sperimentò il sistema Apollo (modulo di comando e

servizio e modulo lunare). Il primo stadio, denominato S-1B, era simile, anche in dimensioni, al primo stadio del Saturn 1, con gli otto serbatoi a corona e gli otto motori H-1. Questi ultimi, però, furono potenziati e, sempre utilizzando ossigeno liquido e cherosene, fornivano una spinta superiore al modello precedente e pari a 743904 kg al livello del mare. Il secondo stadio era totalmente nuovo e denominato S-4B. Aveva un'altezza pari a 18,6 metri e un diametro di 6,58 metri, ed era dotato di un unico motore Rocketdyne J-2 che bruciava ossigeno e idrogeno liquidi ed era riavviabile in volo. La potenza sviluppata era di 104328 kg. L'altezza complessiva senza la capsula Apollo era di



Lancio del Saturn 1 della missione di test SA-8 con a bordo il satellite Pegasus 2.



Pad Abort Test-2 della capsula Apollo e della torre di salvataggio.

43,3 metri e la capacità di lancio in orbita terrestre alla quota di 194,5 km era di 18144 kg. Anche in questo caso fu realizzato il 100% di successi. La progettazione e la costruzione del Saturn 1B venne affidata alla Chrysler per il primo stadio e alla Douglas Aircraft Company (successivamente divenuta McDonnell-Douglas) per il secondo stadio.

Saturn 5

Il razzo lunare. Era la versione progettata per compiere il grande salto: abbandonare la gravità terrestre e dirigersi verso un altro corpo celeste. Era un razzo mastodontico: per comprenderne meglio le dimensioni con qualcosa di più familiare, basti pensare che era solo 30 cm più basso della Cattedrale di St. Paul a Londra ed era più alto di ben 18,3 metri della Statua della Libertà, compreso il piedistallo. Per poterlo assemblare fu costruito uno tra gli edifici più grandi del mondo, il VAB, Vehicle Assembly Building, dal quale usciva in groppa al Crawler Transporter, un veicolo cingolato che lo trasferiva verso il complesso di lancio 39 costituito da due piattaforme di lancio (la pad A e la pad B) appositamente co-



Lancio del Saturn 1 della missione di test SA-10 con a bordo il satellite Pegasus 3.

mite; questo per correggere eventuali deviazioni dalla traiettoria nominale durante la fase di decollo e ascesa. Erano alimentati a ossigeno liquido e cherosene (RP-1). Gli F-1 avevano l'incredibile spinta, al livello del mare, di 3402000 kg (680400 kg di spinta per ciascun motore). Il secondo stadio, S-2, era dotato, invece, di cinque motori Rocketdyne J-2 alimentati a ossigeno e idrogeno liquidi e, anche in questo caso, uno montato fisso al centro e gli altri quattro su snodi orientabili per correggere eventuali variazioni della traiettoria durante la fase di volo nell'alta atmosfera. La spinta complessiva dei motori J-2 era di 510300 kg. Infine, il terzo stadio, S-4B, era dotato di

struite per i lanci con questo razzo. Oggi lo stesso sistema (VAB, Crawler Transporter e Launch Complex 39 A e B) è utilizzato per il sistema Space Shuttle.

Il Saturn 5 venne impiegato in due versioni: veicolo a tre stadi per i lanci lunari e nell'unico lancio del laboratorio spaziale Skylab nella versione a due stadi.

Considerando la versione lunare (lo Skylab era ricavato dal terzo stadio svuotato dai propellenti), il veicolo era così costituito: primo stadio, denominato S-1C, 42,1 metri di altezza e 10 metri di diametro; secondo stadio, denominato S-2, 24,8 metri di altezza e 10 metri di diametro; terzo stadio, denominato S-4B (era il secondo stadio del Saturn 1B), 18,6 metri di altezza e 6,58 metri di diametro.

Il primo stadio, S-1C, era dotato dei nuovi motori Rocketdyne F-1 (i soli ugelli erano alti 3 metri con un diametro pure di 3 metri), uno al centro, fisso, e altri quattro più esterni, montati su snodi che li rendevano inclinabili entro un certo li-

un solo motore Rocketdyne J-2 alimentato a ossigeno e idrogeno liquidi con una potenza di 104328 kg di spinta complessiva. La particolarità di questo motore, a differenza degli altri montati sugli altri stadi, era la possibilità di riavviarlo in volo. Grazie a questo motore, l'Apollo raggiungeva la velocità di 28000 km/h che lo immetteva in un'orbita di parcheggio intorno alla Terra, successivamente, dopo i consueti controlli effettuati prima di iniziare il viaggio verso la Luna, veniva riacceso per consentire l'accelerazione necessaria all'Apollo per l'immissione nella traiettoria trans-lunare e raggiungere il nostro satellite naturale. L'Apollo con il LEM agganciato alla prua



Il razzo Little Joe II sulla rampa di lancio prima della missione di test A-004.



Lancio del razzo Saturn 1B per la prima missione di prova denominata AS-201.

raggiungeva la Luna alla velocità di 39270 km/h.

L'ultima parte del razzo, anch'essa molto importante, era posizionata al di sopra del terzo stadio e subito prima della carenatura che conteneva il LEM. Era l'Instrument Unit, denominato anche "anello matrimoniale" perché univa il razzo vero e proprio alla carenatura del LEM e quindi all'Apollo. Alto 90 cm e con un peso di 2041 kg, conteneva i dispositivi di controllo (guida, telemetria etc.) delle prestazioni dei motori del razzo e dell'assetto del veicolo, che venivano corretti compensando eventuali mancanze di spinta o variando l'inclinazione dei motori orientabili. Il tutto era gestito da un computer che misurando l'accelerazione e l'assetto del veicolo ne calcolava la posizione e la velocità correggendone eventuali deviazioni. Inoltre, questi dispositivi calcolavano i tempi di accensione dei motori e quelli per la separazione tra i singoli stadi del razzo.

Il Saturn 5, compreso l'Apollo e la torre di salvataggio, aveva un'altezza di 111,2 metri (85,90 metri i soli tre stadi) e un peso complessivo al lancio di 2812320 kg. Il valore della spinta complessiva distribuita in quattro tempi (i tre stadi più la riaccensione del terzo stadio per l'immissione sulla rotta per la Luna) era di 4016628 kg. Con una capacità di lancio di 137 tonnellate in orbita terrestre ad una quota di 185 km o di 46,7 tonnellate in orbita lunare, il Saturn 5 è stato il razzo più potente della storia dell'astronautica.

In totale, tra il novembre 1967 e il maggio 1973, vennero effettuati 13 lanci. La NASA ha sempre considerato il successo

del Saturn 5 pari al 92% a causa di alcune oscillazioni verticali nel primo stadio durante il lancio dell'Apollo 6 (volo di prova senza equipaggio), a causa delle oscillazioni "pogo" (oscillazioni provocate da variazioni di spinta causata da variazioni del flusso di combustibile) del motore centrale del secondo stadio durante il lancio dell'Apollo 13 (che non ebbe alcuna correlazione con l'incidente successivo) e a causa delle vibrazioni durante il lancio del laboratorio spaziale Skylab.

La progettazione e la costruzione del Saturn 5 venne affidata alla Boeing per il primo stadio, alla North American Aviation (successivamente divenuta Rockwell International) per il secondo stadio, alla Douglas Aircraft Company (successivamente divenuta McDonnell-Douglas) per il terzo stadio e alla IBM per l'Instrument Unit.



Lancio del razzo Saturn 1B per la missione di prova denominata AS-203. Successivamente, questa missione venne denominata in modo non ufficiale come Apollo 2.

Little Joe II

Questo razzo, poco conosciuto nell'ambito dello sviluppo del Programma Apollo, ebbe un'importanza notevole riguardo ai test della torre di salvataggio della capsula Apollo. Come già visto, la torre di salvataggio era quel sistema a traliccio e con motori a razzo che avrebbe dovuto allontanare la capsula con i suoi occupanti dal resto del razzo in caso di emergenza e permettere all'equipaggio di essere recuperato sano e salvo.

Il Little Joe II derivò dal suo predecessore Little Joe che venne utilizzato per gli stessi scopi, ma nel programma Mercury. Il razzo fu progettato per collegarsi direttamente alla capsula Apollo compresa di modulo di servizio. Il peso to-

tale era di 100 000 kg di cui 36 000 kg costituito dal payload (Apollo e modulo di servizio). I motori, gli Algol e i Recruit (Thiokol XM19), erano a propellente solido ed erano sistemati in numero diverso (fino a un massimo di 9 unità), variandone anche i tempi di accensione e combustione, a seconda della tipologia di missione da espletare.

Il progetto e la costruzione molto semplici

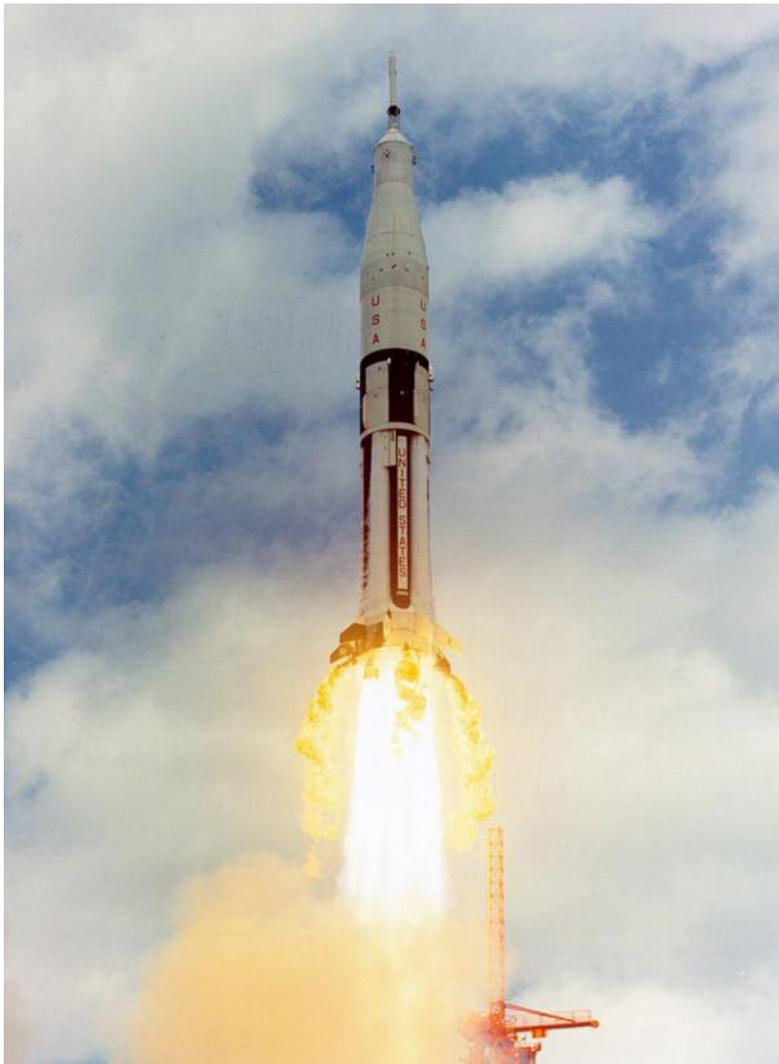
permisero l'utilizzo di un numero limitato di componenti, riducendo il tempo di costruzione e mantenendo al minimo i costi di sviluppo.

In totale vennero condotte cinque missioni con Little Joe II: una di qualifica del veicolo e quattro di test della torre di salvataggio dell'Apollo. Alcuni problemi riscontrati in questi voli di test sulla capsula Apollo, ad esempio nel sistema di

dispiegamento dei paracadute pilota e di quelli principali, vennero risolti prontamente prima dell'inizio dei voli pilotati. Il razzo di dimostrò quindi validissimo nel prosieguo del Programma Apollo e in particolare dei voli pilotati.

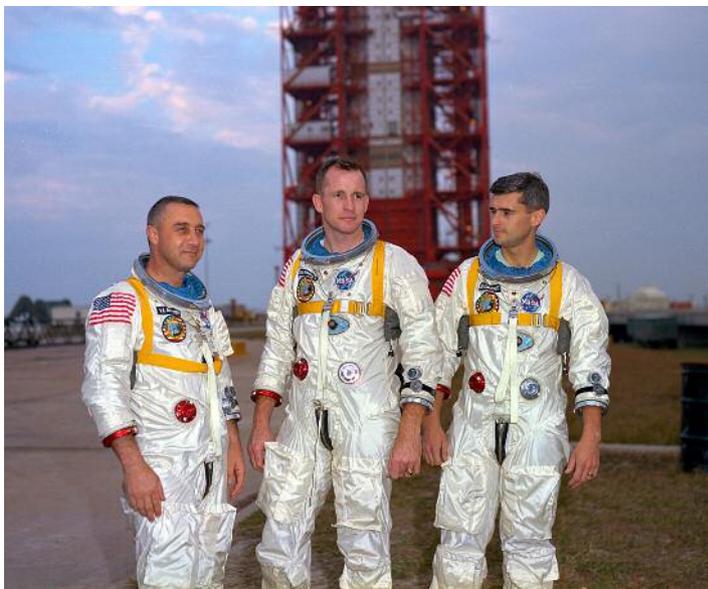
Il Programma Apollo per l'esplorazione della Luna costerà all'America 25 miliardi di dollari. Questa enorme spesa di soldi pubblici sollevò parecchie critiche in molti ambienti. La più comune fu quella relativa al fine delle missioni lunari, che un po' semplicisticamente furono definite come "raccolta di sassi" lunari, invece di destinare fondi per la ricerca medica e in particolare per la lotta contro il male del secolo, il cancro.

Tali critiche, però, ignoravano che proprio in quegli anni il Ministero della Sanità degli Stati Uniti aveva un bilancio annuale di 200 miliardi di dollari, mentre la NASA riceveva annualmente appena 4,5 miliardi di dollari.



Lancio del razzo Saturn 1B per la missione di prova denominata AS-202. Successivamente questa missione venne denominata in modo non ufficiale come Apollo 3.

L'equipaggio perito nella simulazione a terra della missione AS-204, poi ufficialmente denominata Apollo 1. Da sinistra: Virgil "Gus" Grissom, Edward White e Roger Chaffee.



Missioni di test

Le missioni di test furono condotte per valutare concretamente i concetti costruttivi e lo sviluppo del razzo vettore che avrebbe portato l'uomo sulla Luna. I collaudi servirono per esaminare le varie componenti e per risolvere eventuali problemi che fossero insorti sia nella costruzione sia nello svolgimento delle varie missioni di prova. Tutto ciò per condurre all'optimum la progettazione, la sicurezza e gli obiettivi di una missione pilotata da un equipaggio umano.

SA-1

Questo fu il primo test di volo del razzo Saturn 1. Svoltosi il 27 ottobre 1961, il volo, senza equipaggio, seguì una traiettoria suborbitale che portò il terzo stadio carico di acqua ad una quota di 136,5 km e ad una distanza di 345,7 km dal sito di lancio. Il test servì alla verifica strutturale e aerodinamica del razzo con un carico fittizio.

SA-2

Il secondo test del razzo Saturn 1 ebbe luogo il 25 aprile 1962. Definito anche Project High Water I, questo test utilizzò il primo stadio del razzo per portare ad

una quota di 105 km il secondo e il terzo stadio del razzo riempiti con 86 000 kg totali di acqua. Raggiunta la quota stabilita, i due stadi vennero fatti detonare creando una nuvola artificiale che venne impiegata per studi sulle trasmissioni radio nell'alta atmosfera.

SA-3

Analogamente alla missione precedente, questa venne definita Project High Water II. Lanciato il 16 novembre 1962, il Saturn 1 portò il secondo e il terzo stadio riempiti con 87 000 kg di acqua

ad una quota di 167 km dopo 4 minuti e 53 secondi dal lancio. A quel punto, tramite un comando radio, venne fatto detonare. L'esplosione produsse, nella ionosfera, una nuvola di cristalli di ghiaccio larga parecchi chilometri. Da questo esperimento si vollero dedurre alcune caratteristiche fisiche dell'atmosfera terrestre anche se la bassa qualità della telemetria fornì risultati alquanto discutibili. Nonostante ciò il test di volo fu coronato da successo. In questo terzo volo del Saturn 1 il primo stadio venne completamente riempito di propellente (nei voli precedenti era riempito solo parzialmente).

SA-4

Lanciato il 28 marzo 1963, questo quarto ed ultimo volo di test per il primo stadio del Saturn 1 volle verificare il cosiddetto "engine-out", ossia lo spegnimento prematuro di uno dei motori e la redistribuzione del propellente agli altri sette (i motori erano in totale 8). Infatti, dopo 100 secondi di volo un timer preprogrammato spense il motore numero 5 e il carburante residuo venne utilizzato dagli altri motori. Il volo proseguì senza problemi portando il veicolo ad una quota di 129 km e ad una velocità di 5906 km/h.

QTV

Questa missione, effettuata il 28 agosto 1963, fu il lancio di qualifica (Qualification Test Vehicle-QTV) del razzo Little Joe II. Il razzo venne costruito con una capsula Apollo e una torre di salvataggio fittizie, perché il test doveva verificare solo il funzionamento del razzo. Tutto il test fu un successo tranne il funzionamento del sistema di distruzione del razzo. In questo primo volo del Little Joe II venne utilizzata una combinazione di motori di questo tipo: sei motori Recruit e un motore Algol. Le superfici aerodinamiche (le alette alla base del razzo) erano fisse.

Pad Abort Test-1

Lo scopo di questo test era quello di studiare gli effetti indotti sulla capsula Apollo in caso di aborto della missione dalla rampa di lancio. Il Launch Escape System (LES), costituito da una torre a traliccio con motori a razzo, comunemente denominata torre di salvataggio, doveva essere in grado di portare la capsula lontano e in breve tempo dal razzo mentre si trovava ancora sulla rampa di lancio in caso di emergenza (possibili malfunzionamenti del razzo, dell'accensione dei motori, o possibile esplosione). Il LES doveva permettere alla capsula di giungere a una quota dal suolo sufficiente perché potessero essere aperti i paracadute e permetterne il rientro a terra (preferibilmente un ammaraggio) e recuperare in questo modo l'equipaggio.

Questo test venne condotto il 7 novembre 1963, quando per 15 secondi vennero azionati i motori del LES che portarono la capsula Apollo alla quota predefinita per l'apertura dei paracadute. In realtà la capsula era un simulacro o boilerplate, termine che in missilistica indica una capsula non funzionante. Il boilerplate-6 o BP-6 venne sganciato e proseguendo su una traiettoria balistica fu recuperato dopo l'apertura dei paracadute che lo rallentarono fino a una velocità di 26 km/h. Un unico problema venne riscontrato durante questo test: i razzi del LES depositarono sul BP-6 una certa quantità di fuliggine che ne compromise la stabilità durante il volo balistico.

**SA-5**

Il 29 gennaio 1964, venne effettuato il primo lancio del Saturn 1 con il secondo stadio riempito di propellenti. Si volle, infatti, provare in volo il funzionamento del secondo stadio caricato di ossigeno e idrogeno liquidi. Il volo venne seguito da sei telescopi e 13 telecamere, e la telemetria fornì circa 11000 misurazioni che furono utili per il prosieguo dello sviluppo del razzo e in particolare del suo successore, il Saturn 5. Dopo otto minuti dal lancio, il veicolo, con un peso di 16965 kg, raggiunse un'orbita con un perigeo di 262 km e un apogeo di 785 km. Tuttavia, il raggiungimento dell'orbita non era l'obiettivo primario del test.

A-001

Con questa denominazione venne lanciato il primo razzo Little Joe II per col-

Il razzo Saturn 5 sulla rampa di lancio per la missione Apollo 4.



L'Apollo 5 sulla rampa di lancio.

laudare il sistema di salvataggio LES delle capsule Apollo durante la traiettoria transonica che sarebbe stata utilizzata dal più grande Saturn 5. Il 13 maggio 1964, data del lancio, il razzo Little Joe II con il boilerplate BP-12 raggiunse la quota di 4700 metri, dove avvenne la separazione e il test della torre di salvataggio (LES) con il rientro del BP-12. Inaspettatamente uno dei tiranti

di uno dei tre paracadute principali si ruppe facendo collassare il paracadute stesso. I due rimanenti permisero, comunque, al BP-12 di atterrare senza problemi. Questo risultato del test, non pianificato, fu benvenuto poiché dimostrò la possibilità di atterraggio della capsula Apollo con soli due paracadute. Anche in questo secondo volo del Little Joe II venne utilizzata una combinazione di motori: sei motori Recruit e un motore Algol. Le superfici aerodinamiche (le alette alla base del razzo), anche in questo caso, erano fisse.

SA-6

Questa missione fu la prima a fare un test della capsula Apollo. In realtà la capsula, in questo caso, era un simulacro o boilerplate. Il boilerplate-13 o BP-13 era dunque un modello e non la configurazione finale che avrebbe ospitato gli equipaggi. Esso simulava la capsula Apollo quanto a dimensioni, pesi, forma e centro di gravità. Con una massa di 7700 kg, la capsula conteneva tre sistemi di telemetria per le misure di accelerazione, pressione, sforzi strutturali e/o aerodinamici, velocità etc. Più di 116 tipi diversi di misure vennero condotte durante il lancio e la missione. Alla sommità venne installato

anche un modello della torre di salvataggio. Il lancio avvenne correttamente il 28 maggio 1964, ma 24 secondi prima dello spegnimento dei motori del primo stadio, uno degli otto motori Rocketdyne H-1 si spense; gli altri sette funzionarono per altri due secondi in più per compensare la lieve perdita di spinta e il sistema di guida compensò le variazioni introdotte dallo spegnimento del motore. L'orbita raggiunta fu molto vicina a quella prevista e il rateo di spin della capsula fu lievemente maggiore (28° al secondo) di quello desiderato, probabilmente a causa della fuoriuscita di residui di propellente. Le misurazioni di tutti i sistemi furono condotte fino al compimento della quarta orbita, quando le batterie di bordo si esaurirono. Otto videocamere installate sul primo stadio seguirono le operazioni di lancio e vennero recuperate dopo la loro separazione. Il BP-13 rientrò bruciando nell'atmosfera terrestre il 1° giugno 1964, al compimento della cinquantesima orbita e pertanto non fu recuperato.

SA-7

Il 18 settembre 1964 prese il via l'ultima missione di test per il Saturn 1. Anche in questa missione venne utilizzato un simulacro della capsula Apollo, il boilerplate-15 (BP-15). Con una massa di 7800



Separazione dell'anello di raccordo tra primo e secondo stadio del razzo Saturn 5 durante il lancio della missione Apollo 6.

kg, la capsula conteneva, come la precedente, alcuni sistemi di telemetria per le misure di accelerazione, pressione, temperatura, carichi statici, valori aerodinamici etc. Più di 133 tipi diversi di misure vennero condotte durante il lancio e la missione. Alla sommità del BP-15 fu installata anche la torre di salvataggio che venne testata in volo con un funzionamento perfetto. L'orbita raggiunta fu simile a quella prevista per le future missioni con astronauti a bordo e anche in questo caso alcune telecamere vennero installate sul primo stadio per seguire le fasi di lancio e volo atmosferico, ma non furono recuperate. Dopo 59 orbite, il 22 settembre 1964, la capsula ef-

fettuò un rientro in atmosfera terrestre a causa del decadimento orbitale, bruciando nell'atmosfera; il BP-15 non venne recuperato. Tutti gli obiettivi del test furono conseguiti correttamente e si poté passare agli ultimi tre voli del Saturn 1, quelli operativi.

A-002

Con il boilerplate BP-23 e la torre di salvataggio installate sul razzo, l'8 dicembre 1964, venne lanciato il Little Joe II per la seconda missione di test. In questo collaudo, il razzo fu dotato di 4 motori Recruit e di due motori Algol, di alette controllabili da un pilota automatico rudimentale e di alcuni piccoli motori per il controllo dell'assetto. Il

test prevedeva il raggiungimento della massima altezza di 9 km e il collaudo del LES nella regione definita "max q", ossia la regione di massima pressione dinamica che avrebbe sperimentato il Saturn 5 durante il lancio. A 30 secondi dal lancio venne comandata la separazione della capsula con il LES e dopo 11 secondi di funzionamento furono dispiegate le alette canard della torre di salvataggio per deviare la traiettoria della capsula dalla traiettoria iniziale. Il volo, della durata di 7,5 minuti, si concluse a 11 km di distanza dal sito di lancio con un perfetto atterraggio del BP-23.

La massima pressione dinamica sperimentata in questo test fu lievemente maggiore di quella prevista, ma tutto

Lancio della prima missione Apollo con equipaggio: l'Apollo 7.

Equipaggio dell'Apollo 7.
Da sinistra: Donn Eisele, Walter Schirra Jr. e Walter Cunningham.



funzionò correttamente e permise di adottare caratteristiche più stringenti per gli ultimi voli di collaudo.

SA-9 Pegasus 1

Questa missione fu la prima operativa del razzo Saturn 1. La designazione numerica dei razzi, in queste ultime missioni, non seguì la sequenza naturale poiché il Marshall Space Flight Center della NASA decise di abbandonare il concetto di produrre tutto in casa e affidò la costruzione del primo stadio S-1 del razzo alla Chrysler Corporation, mentre la Douglas provvide alla costruzione del secondo stadio S-4. Nel processo attuato dalla Chrysler per acquisire esperienze, la costruzione e i test sul primo razzo, denominato SA-8, fu molto più lenta dell'ultimo costruito dal MSFC della NASA; per cui l'SA-9 fu approntato prima dell'SA-8 e, quindi, utilizzato per il lancio del primo satellite Pegasus.

I satelliti della serie Pegasus, anche conosciuti con il nome di Meteoroid Technology Satellite, erano stati progettati per verificare l'abbondanza di micrometeoroidi potenzialmente pericolosi per le capsule abitate in orbita intorno alla Terra. In previsione delle missioni lunari si voleva accertare che il rischio per gli equipaggi fosse minimo. Il satellite era un tutt'uno con il secondo stadio S-4 del razzo Saturn

1, che veniva comunque utilizzato per raggiungere l'orbita operativa. In più, all'apice era dotato di "ali" estendibili lunghe 29 metri e larghe 4,3 metri che sarebbero servite come sensori per gli eventuali impatti con i micrometeoroidi. Chiaramente era anche dotato di tutta l'elettronica, dei pannelli solari per l'alimentazione delle batterie di bordo, sistemi di immagazzinamento dati e di trasmissione a Terra. Il peso totale in orbita era di 10500 kg.

In configurazione di lancio, avvenuto il 16 febbraio

1965, sul Saturn 1 era sistemato anche un simulacro della capsula Apollo, il boilerplate BP-16 e la torre di salvataggio. Dopo la separazione del primo stadio e l'accensione del secondo stadio, la torre di salvataggio venne sganciata per i test di funzionamento. Dopo aver raggiunto l'orbita (495 x 743 km, inclinazione di 31,76°, periodo 97,1 minuti), anche il BP-16, del peso di 4500 kg, venne sganciato e il Pegasus 1 iniziò la sua missione scientifica che ebbe termine con lo spegnimento del satellite stesso il 29 agosto 1968.

A-003

Il 19 maggio 1965 venne effettuata la terza missione di collaudo del sistema LES con il razzo Little Joe II dotato di 6 motori Algol. Con il boilerplate BP-22 si voleva verificare il sistema ad un'altezza di 35000 metri. Dopo pochi secondi dal lancio, una delle quattro alette (la nr. 4) del sistema di stabilizzazione del razzo si piegò provocandone una rotazione in senso orario. Dopo 26 secondi dal lancio il razzo era divenuto incontrollabile e il sensore del sistema di aborto del lancio comandò la separazione della torre di salvataggio con il BP-22. Torre e capsula raggiunsero i 4000 metri di quota prima dell'attivazione dei paracadute che permisero il recupero del BP-22. Il test dette



Equipaggio dell'Apollo 8. Da sinistra: James Lovell, William Anders e Frank Borman.

strando un'accuratezza elevata nel sistema di propulsione e guida. Anch'esso fu dotato di un simulacro dell'Apollo, il boilerplate BP-26, sul quale venne installato un motore del Reaction Control System (il controllo di assetto), per una verifica sul suo funzionamento una volta raggiunta l'orbita. Anche questo lancio, il primo notturno di un razzo Saturn 1, seguì le modalità del precedente con la separazione della torre di salvataggio dopo il distacco del primo stadio e l'accensione del secondo. Anche il BP-26 venne sganciato dopo il raggiungimento dell'orbita operativa. Il Pegasus 2, come il suo predecessore, venne spento il 29 agosto 1968.

34

un'ulteriore risposta: il sistema di salvataggio (LES) aveva funzionato correttamente in una reale situazione di emergenza.

Il problema, poi risolto per la quarta e ultima missione di prova, fu da ricondursi a un guasto elettrico che produsse una rottura meccanica nel sistema di controllo dell'aletta nr. 4.

SA-8 Pegasus 2

Lanciato il 25 maggio 1965, il Pegasus 2 era il secondo satellite della serie per lo studio dell'abbondanza dei micrometeoroidi in orbite che sarebbero state utilizzate dalle missioni con equipaggio.

Sostanzialmente simile al precedente, le uniche modifiche riguardarono un miglioramento dell'elettronica di bordo, il satellite venne posto su un'orbita con un apogeo a 740 km, un perigeo a 502 km, un'inclinazione di 31,78°, un periodo di 97 minuti e a 120° dal precedente, dimo-

Pad Abort Test-2

In questo secondo test venne utilizzato il boilerplate-23A (BP-23A). Era lo stesso boilerplate della missione A-002 ricondizionato (da cui la A finale nella sigla) per essere il più simile possibile alle caratteristiche delle capsule pilotate. Il lancio venne effettuato il 29 giugno 1965. Tutto si svolse regolarmente: i motori funzionarono correttamente portando la capsula sulla traiettoria voluta. L'apogeo fu di circa 3 km e la distanza dalla rampa di lancio di poco più di 2 km. In questo Test vennero installati quattro pannelli di vetro per verificare la presenza di fuliggine come nel test precedente. Solo tre dei quattro pannelli rilevarono un deposito oleoso, che non produsse nessuna significativa degradazione delle caratteristiche di volo.

Questo test fu quindi conseguito con pieno successo e tutti gli obiettivi pianificati furono raggiunti.

SA-10 Pegasus 3

Il 30 luglio 1965 venne lanciato il terzo ed ultimo satellite della serie Pegasus, mediante l'ultimo razzo della serie Saturn 1. Anche questa missione fu simile alle due precedenti. Il Pegasus 3 aveva però



Equipaggio dell'Apollo 9. Da sinistra: James McDivitt, David Scott e Russell "Rusty" Schweickart.

subito alcune modifiche ai rilevatori di impatto. In pratica 8 pannelli vennero sostituiti con 48 pannelli più piccoli, con 352 tasselli contenenti vari materiali in uso o pensati per applicazioni future. Inizialmente la NASA pensò che in una delle ultime missioni Gemini, un astronauta, dopo un rendez-vous con il Pegasus 3, potesse recuperare, durante un'attività extraveicolare, questi pannelli per poter compiere studi diretti a Terra. Sfortunatamente la realizzazione di questo esperimento non fu possibile (esperimento poi realizzato con il satellite LDEF e lo Space Shuttle). La missione proseguì senza intoppi (orbita alta 441 x 449 km, inclinazione di 28,90° e periodo orbitale di 93,40 minuti), fino al 29 agosto 1968, quando anche il Pegasus 3 fu spento insieme ai suoi predecessori. Il satellite, infine, rientrò bruciando nell'atmosfera terrestre il 4 agosto 1969.

Anche in questa missione il Saturn 1 era dotato di un boilerplate dell'Apollo (il BP-9A) che era dotato di un pacchetto di motori del Reaction Control System (il controllo di assetto) per una verifica sul

suo funzionamento una volta raggiunta l'orbita. Il BP-9A rientrò bruciando nell'atmosfera terrestre il 22 novembre 1975.

A-004

L'ultimo volo del Little Joe II venne effettuato il 20 gennaio 1966. La configurazione di volo consistette nell'utilizzo di 5 motori Recruit e 4 motori Algol e della prima capsula Apollo in configurazione di volo. La capsula era il CSM-002, facente parte del Block I. (Nel 1964 fu decisa la costruzione delle capsule Apollo in due serie: il Block I, con numeri seriali al di sotto del "100" che non avevano alcun compartimento di docking e da utilizzare solo per missioni in orbita terrestre, e il Block II, con numeri seriali superiori al "100" configurate per le missioni lunari e che incorporarono, successivamente, le modifiche realizzate dopo l'incidente dell'Apollo 1 che utilizzò il CSM-012 del Block I).

Il lancio fu realizzato con successo e il veicolo raggiunse la quota di 24 km dove, come progettato, venne innescata una rotazione del veicolo che il sensore del sistema di salvataggio intese come un problema. Il sistema stesso azionò correttamente i motori della torre di salvataggio che portò in sicurezza la capsula Apollo facendola atterrare a 14 km dal punto di lancio.

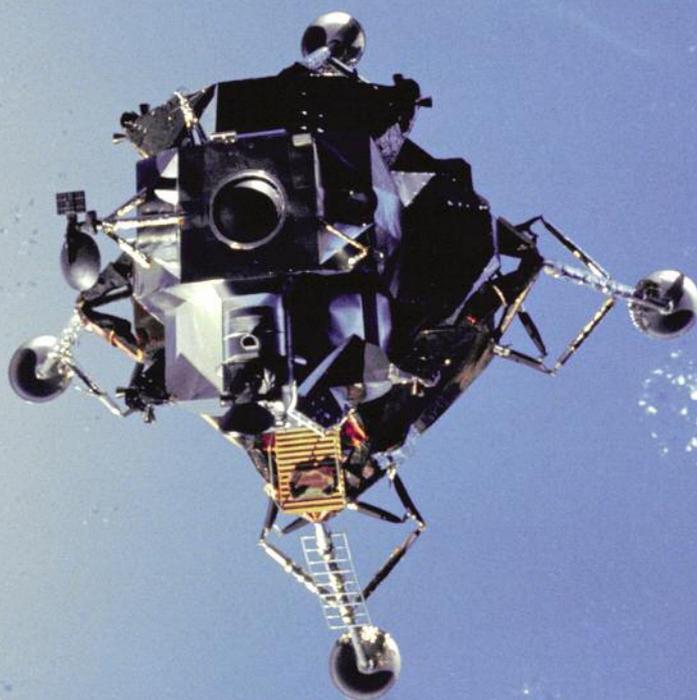
Tutta la missione fu un successo: dal lancio alle condizioni del test, dalla capsula al sistema di salvataggio, dalla telemetria alle analisi post-volo. Il Little Joe II fu ritirato dal servizio poiché la sua missione primaria, collaudare il sistema di salvataggio e il sistema di rientro della capsula Apollo, era stata completata con successo.

Missioni di collaudo del Saturn 1B e del Saturn 5

Dopo questa prima fase di test condotti su simulacri della capsula Apollo, sui sistemi di emergenza e di recupero e sulle procedure di lancio, volo e separazione dei vari stadi del Saturn 1, la NASA

Il LEM "Spider" al disopra dell'oceano durante la missione Apollo 9.

36



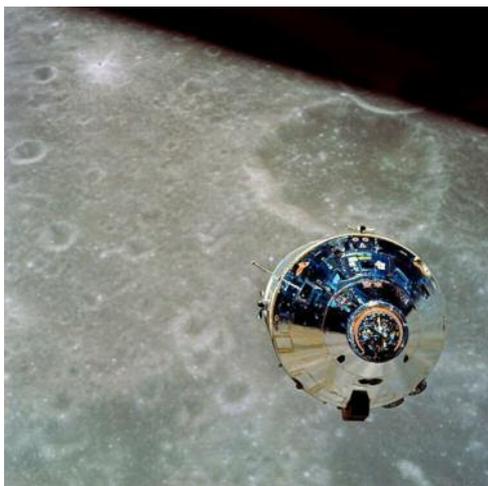
proseguì lo sviluppo della capsula e del razzo. Ora si apriva la fase dello sviluppo intermedio del razzo che divenne il Saturn 1B. Il suo sviluppo e la metodologia nell'affrontare la casistica di problemi eventualmente riscontrati avrebbero permesso di progettare al meglio il più grande e potente Saturn 5: il razzo lunare.

AS-201

Il 26 febbraio 1966 venne lanciato il primo Saturn 1B per la prima missione di prova. Il volo fu di tipo suborbitale e gli obiettivi furono quelli di verificare l'integrità strutturale, i carichi imbarcati, la separazione tra gli stadi del razzo e le operazioni condotte durante il volo dai sottosistemi del razzo. La capsula Apollo

Il modulo di comando dell'Apollo 10 ripreso dal LEM in orbita lunare.

per questo volo fu il CSM-009 del Block I. Durante la missione si collaudarono anche i sottosistemi della capsula e la funzionalità dello scudo termico. A causa della perdita di dati durante il massimo riscaldamento nella fase di rientro, la valutazione complessiva della funzionalità dello scudo termico non poté essere portata a termine, ma tutti gli altri obiettivi di missione furono soddisfacenti.



Il lancio avvenne dalla pad 34 di Cape Canaveral. Dopo la separazione del primo stadio e l'accensione del secondo, la torre di salvataggio fu sganciata correttamente. Il secondo stadio funzionò per sette minuti e poi sganciato. L'Apollo con il modulo di servizio raggiunse la massima altezza di 499 km sull'Oceano Atlantico prima di iniziare la discesa. Per collaudare lo scudo termico, incrementando la velocità di rientro, venne eseguita un'accensione dei motori di controllo dell'assetto per 30 secondi e due accensioni, una di 100 secondi e una di 10 secondi, del motore principale dell'Apollo. In questo modo, dopo la separazione del modulo di servizio, la capsula Apollo raggiunse una velocità di rientro pari a 8300 m/s, che generò, a causa dell'attrito atmosferico, una temperatura esterna pari a 2200°C. I tre paracadute si aprirono correttamente ad una quota di 3700 metri e l'ammarraggio avvenne dopo 37 minuti dal lancio a una distanza di 8472 km da Cape Canaveral e a 72 km

dal punto previsto. La capsula Apollo CSM-009 venne recuperata dalla nave degli Stati Uniti U.S.S. Boxer.

AS-203

Il 5 luglio 1966 fu la volta della missione AS-203. La scelta di far volare la missione AS-203 prima della missione AS-202, come normale prassi cronologica, ricadde sul fatto che la costruzione della capsula Apollo del volo AS-202 subì dei ritardi. Questo volo fu di tipo orbitale poiché si volle collaudare il secondo stadio, che successivamente sarebbe divenuto il terzo stadio del Saturn 5, e la Instrument Unit (che sarebbe divenuta parte molto importante del più grande Saturn 5) in condizioni di volo simili a quelle che si sarebbero incontrate durante le missioni lunari. Quindi la configurazione di volo del Saturn 1B fu realizzata quanto più vicina o simile possibile a quella del Saturn 5. In questa missione non vi era la capsula Apollo, ma il carico fu costituito dalla Instrument Unit sormontata da una ogiva a forma di cono. Il tutto venne lanciato (primo lancio di un Saturn 1B dalla pad 37 B di Cape Canaveral) su un'orbita circolare alta 188 km con un'inclinazione di 31,94° e un periodo orbitale di 88,21 minuti. Durante il volo venne collaudata la possibilità di riaccensione del motore del secondo stadio dopo un primo funzionamento in atmosfera; venne altresì collaudato il sistema di guida e controllo dell'assetto, il sistema termico e le performance dei serbatoi del propellente del secondo stadio. Durante la quarta orbita fu aumentata gradatamente la pressione interna dei serbatoi del propellente mentre venivano condotti alcuni test strutturali. La pressione venne aumentata al di sopra dei limiti di progetto e lo stadio si frammentò in orbita. Tutti gli obiettivi di missione furono portati a termine.

AS-202

Questa terza missione del Saturn 1B fu di tipo suborbitale e i suoi obiettivi furono quelli di verificare l'integrità strutturale, le operazioni dei sottosistemi di razzo e capsula Apollo (in questo volo il numero seriale era CSM-011), di verificare la se-

parazione tra gli stadi e la capsula, il corretto funzionamento del sistema di emergenza e salvataggio e, in ultimo, lo scudo termico a velocità di rientro molto elevate. Il lancio fu effettuato dalla pad 34 di Cape Canaveral il 25 agosto 1966. Dopo il corretto funzionamento dei due stadi e la loro separazione, il sistema di propulsione del modulo di servizio funzionò per 3,35 minuti portando la capsula a una quota massima di 1128,6 km. Venne anche collaudata la capacità di riaccensione veloce del motore per tre volte consecutive. Dopo la separazione

equipaggio a collaudare la capsula Apollo (CSM-012 Block I) in orbita terrestre mediante un lancio con un razzo Saturn 1B. Il lancio era fissato per il 21 febbraio 1967, ma il 27 gennaio, durante una simulazione a terra per un "plugs-out test" ossia un test di conto alla rovescia ma con il razzo privo di propellenti, accadde l'imprevisto. Il razzo si trovava sulla pad 34 di Cape Canaveral con alla sommità la capsula Apollo, all'interno della quale sedevano Virgil "Gus" Grissom, Edward White e Roger Chaffee, definito "il pulcino di bordo" in quanto non era mai andato



Equipaggio dell'Apollo 10. Da sinistra: Eugene Cernan, Thomas Stafford e John Young.

nello spazio. Alle 18:31 nell'interfono della sala controllo si udì: "Fuoco! C'è un incendio in cabina, stiamo bruciando, fateci uscire di qui! Stiamo bruciando, fateci uscire di qui!". In pochi secondi gli astronauti erano morti. Un denso fumo usciva dalla capsula che ormai si era spaccata a causa del-

del modulo di servizio, la capsula Apollo iniziò la discesa ad una velocità di 8900 m/s (pari a 32000 km/h), molto simile a quella che avrebbe raggiunto dopo il ritorno dalle missioni lunari. La temperatura esterna misurata fu di 1500°C e quella interna della cabina di 21°C.

Il rientro ebbe luogo nell'Oceano Pacifico, dopo 93 minuti dal lancio, con l'apertura dei paracadute ad una quota di 7250 metri, e il punto di ammaraggio si spostò di 370 km dal sito previsto. Il giorno dopo, la portaerei U.S.S. Hornet recuperò la capsula.

AS-204 Apollo 1

Designata AS-204 (Apollo-Saturn 204), doveva essere la prima missione con

l'aumento della pressione interna. Fin tanto che la temperatura non scese, le squadre di soccorso non poterono forzare il portello che aveva un sistema di leve e controleve per l'apertura solamente dall'interno. La commissione d'inchiesta, subito istituita, rilevò almeno sei condizioni che avevano portato al disastro: l'abbondanza di materiali infiammabili, che bruciando avevano sviluppato gas tossici; l'atmosfera di ossigeno puro al 100% era stato il mezzo per lo svilupparsi dell'incendio; il portello di ingresso apribile solo dall'interno e da almeno due persone in 90" (in 13" gli astronauti erano già deceduti); l'insufficiente protezione di alcune tubature di liquido refrigerante molto corrosivo e di cavi elettrici, che furono la



Il modulo di risalita dell'Apollo 10 si appresta al rendez-vous con il modulo di comando.

causa della scintilla che fece sviluppare l'incendio; la totale impreparazione dell'equipaggio a fronteggiare un incendio e ad attuare un'uscita di emergenza; l'assenza delle squadre antincendio, di soccorso e di assistenza medica, che non erano in servizio a causa di una sottovalutazione dei pericoli presenti anche durante le prove.

Questo incidente provocò un ritardo nel Programma Apollo di quasi due anni, durante i quali si cercò di risolvere gli errori di progettazione e rendere la capsula sicura per le missioni lunari. Vennero riprogettati il portello di ingresso con una apertura veloce, i materiali infiammabili furono eliminati e rimpiazzati con materiali autoestinguenti, si utilizzò durante le fasi di lancio un'atmosfera respirabile costituita da una miscela di azoto e ossigeno, inoltre si condusse una riprogettazione molto più rigorosa dell'intera capsula.

Nei due anni seguenti si effettuarono lanci di prova, senza uomini a bordo, per verificare la funzionalità delle soluzioni

progettuali apportate alla capsula.

La missione fu ufficialmente designata "Apollo 1" in onore dei tre astronauti Grissom, White e Chaffee.

La prima missione di un Saturn 5 con una capsula Apollo, avvenuta nel novembre 1967 senza astronauti a bordo, fu designata Apollo 4. Nessuna missione è mai stata designata ufficialmente come Apollo 2 e Apollo 3.

Il successo del Programma Apollo fu dovuto anche alla tragica perdita dei tre astronauti dell'Apollo 1, la cui morte non fu vana per il prosieguo delle missioni lunari e dell'esplorazione spaziale.

Apollo 4

La missione senza equipaggio Apollo 4, anche designata AS-501, fu la prima ad utilizzare il razzo lunare Saturn 5 per una missione in orbita terrestre. La capsula Apollo, CM-017 Block I (numero seriale del modulo di comando) e SM-020 (numero seriale del modulo di servizio) venne dotata di alcune camere fotografiche per riprendere la Terra durante l'orbita e in particolare a partire da un'ora prima dell'apogeo a un'ora dopo l'apogeo. La missione consistette nel collaudare tutti gli aspetti di volo del razzo lunare; tra i quali l'integrità strutturale, la compatibilità fra veicolo di lancio e capsula, lo scudo termico e la sua integrità strutturale, le operazioni di rientro, le caratteristiche dinamiche, la separazione dei vari stadi del razzo, i sottosistemi del veicolo di lancio, il sistema di emergenza e recupero e le operazioni condotte a terra tra i vari centri di controllo.

Il lancio, avvenuto il 9 novembre 1967 dalla pad 39 A, inserì correttamente la capsula Apollo con il modulo di servizio e il terzo stadio S-4B su un'orbita di parcheggio alta 184 x 192 km, con una inclinazione di 32,6° e un periodo orbitale di 88,2 minuti. Dopo due orbite, il motore dello stadio S-4B venne riacceso per simulare l'accensione che avrebbe portato le capsule con equipaggio a compiere la traversata Terra-Luna. L'apogeo finale fu di 17346 km successivamente innalzato a 18216 km dopo la separazione del terzo stadio e l'accensione per 16 secondi



del motore del modulo di servizio SPS (Service Propulsion System). Dopo aver superato l'apogeo, il motore SPS fu riacceso per 271 secondi per simulare la velocità di rientro che avrebbero avuto le capsule al ritorno dalla Luna. A questo punto il modulo di servizio si separò dal modulo di comando che venne orientato per un corretto rientro a Terra. La fase di rientro iniziò a 122 km di quota, con un angolo di $7,077^\circ$ e una velocità di 11140 m/s, che portò la capsula Apollo ad ammarare vicino le isole Hawaii, a circa 16 km dal punto previsto. Tutti gli obiettivi di missione furono conseguiti con successo.

Apollo 5

Il 22 gennaio 1968 fu il turno dell'Apollo 5. In questa missione venne utilizzato il Saturn 1B dell'incidente dell'Apollo 1 che non era stato più impiegato. Al posto,

però, della capsula Apollo venne installato tramite un adattatore e un'ogiva protettiva a forma conica un modulo lunare: l'LM-1. Difatti, in questa missione si volle effettuare un test in orbita terrestre del LEM e dei suoi sottosistemi, dei sistemi di propulsione dei moduli di discesa e di ascesa, molto critici per lo svolgimento di una missione lunare. In più si verificò l'integrità strutturale del LEM, molto diverso dalle capsule fin lì utilizzate in orbita terrestre, e le performance orbitali della IU (Instrument Unit) e dello stadio S-4B. Dopo il lancio, avvenuto dalla pad 37 B di Cape Canaveral, l'S-4B si inserì in orbita ad un'altezza di 163 x 222 km, con una inclinazione di $31,63^\circ$ e un periodo orbitale di 88,4 minuti. L'ogiva protettiva del LEM fu sganciata e dopo 43 minuti e 52 secondi di volo il LEM stesso venne sganciato dal resto del razzo. L'orbita finale fu

Alla velocità di 1 miglio all'ora, il Saturno 5 dell'Apollo 11 si porta verso la rampa di lancio 39A.



Equipaggio dell'Apollo 11. Da sinistra: Neil Alden Armstrong, Michael Collins e Edwin "Buzz" Aldrin.

di 167 x 222 km, inclinata di 31,63° e con un periodo di 88,4 minuti.

Un'accensione del motore dello stadio di discesa DPS (Descent Propulsion System), pianificata per 39 secondi e per simulare una decelerazione per una discesa sulla superficie lunare, venne interrotta 4 secondi dopo a causa di una restrizione troppo conservativa del software di volo. Fu quindi deciso un piano di volo alternativo, durante il quale il DPS funzionò per 26 secondi al 10% di potenza e per altri 7 secondi alla massima potenza. Una terza accensione del DPS venne condotta 32 secondi più tardi, consistente in un'accensione di 26 secondi al 10% di potenza e di altri 2 secondi a piena potenza. Un'ulteriore accensione venne condotta per simulare un aborto della fase di discesa durante la quale venne acceso il motore del modulo di ascesa APS (Ascent Propulsion System) contemporaneamente allo spegnimento del DPS. L'accensione dell'APS ebbe una durata di 60 secondi seguita da una seconda accensione di 6 minuti e 23 secondi che consumò tutto il propellente. Al termine di più di 11 ore di collaudi i due stadi del LEM vennero lasciati in orbita per un rientro distruttivo in atmosfera terrestre. A dispetto del problema iniziale, anche in

questa missione furono conseguiti tutti gli obiettivi del test, confermando la funzionalità dei sistemi del modulo lunare.

Apollo 6

La missione Apollo 6, anche designata AS-502, fu l'ultima missione di qualifica del razzo Saturn 5 e della capsula Apollo per le missioni con uomini a bordo.

Oltre al razzo, il veicolo era costituito dalla capsula Apollo (CM-020 Block I) unita al modulo di servizio (SM-014), che sormontavano un boilerplate del modulo lunare alloggiato nella propria sede al di sotto di essi. Gli obiettivi primari della missione erano quelli di dimostrare l'integrità termica e strutturale del veicolo, la compatibilità tra razzo e capsula, verificare i carichi e le caratteristiche dinamiche, la separazione tra gli stadi, la propulsione, il sistema di guida e controllo, i sistemi elettrici, il sistema di emergenza e ottimizzare le operazioni di terra, incluso il recupero del modulo di comando.

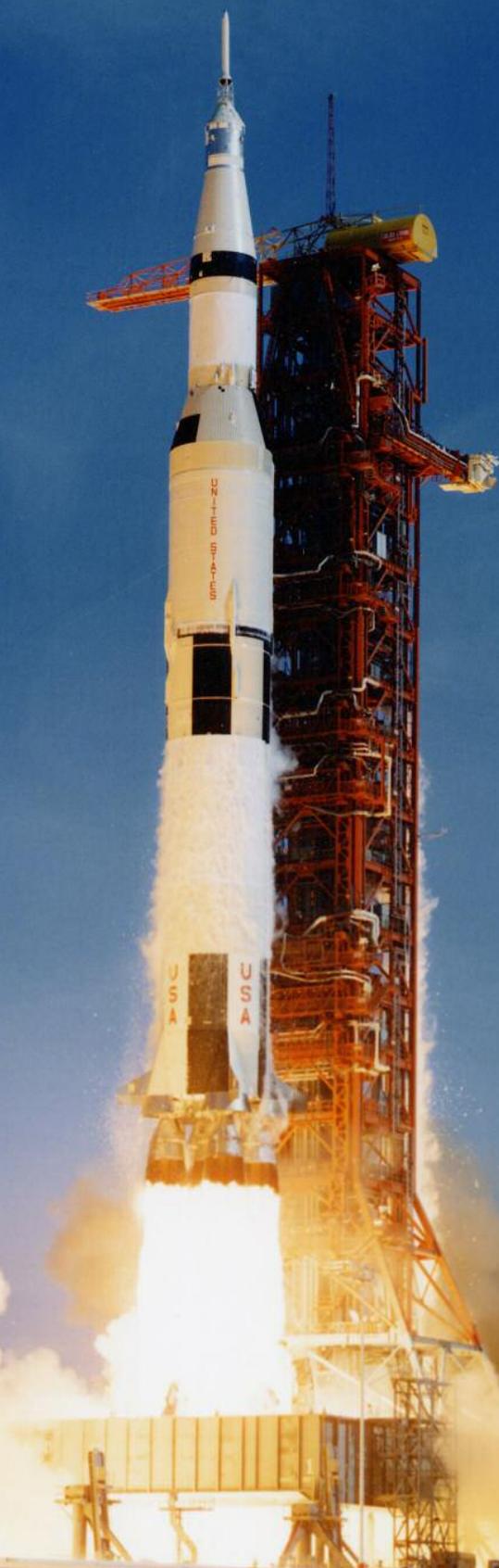
41



Il decollo dell'Apollo 11 visto dall'alto della torre di lancio.

Lancio della
prima missione
di allunaggio:
l'Apollo 11.

42



I componenti il team di lancio osservano il decollo dell'Apollo 11 dall'interno della torre di controllo.



Il lancio ebbe luogo il 4 aprile 1968 dalla pad 39 A. Due minuti e 5 secondi dopo la partenza, la struttura del razzo fu sottoposta a una oscillazione "pogo" (oscillazione provocata da variazioni di spinta causata da variazioni del flusso di combustibile), che fortunatamente non provocò danni alla struttura del veicolo. Successivamente, a causa di un difetto costruttivo e quindi non in relazione alle oscillazioni "pogo", si staccarono alcuni pannelli di copertura dell'adattatore del LEM. Dopo la separazione del primo stadio e l'accensione del secondo, due dei cinque motori J-2 si spensero prematuramente e l'orbita circolare pianificata di 175 km non poté essere raggiunta. Ma nonostante tutto, dopo la fine del funzionamento del terzo stadio, l'orbita finale fu di 172,1 x 223,1 km, con un periodo orbitale di 89,8 minuti. Dopo due orbite venne inviato un comando al terzo stadio per la riaccensione del motore. Ciò non accadde a causa di un guasto, e quindi

Werner Von Braun, il principale artefice della conquista della Luna, durante il lancio dell'Apollo 11.

dopo la separazione dell'Apollo si utilizzò il motore SPS del modulo di servizio per innalzare l'orbita fino ad un apogeo di 22225.4 km per simulare un rientro da una missione lunare. Il rientro in atmosfera terrestre avvenne ad una velocità di 36025 km/h, leggermente inferiore a quella pianificata di 40000 km/h. Il modulo di comando completò un ammaraggio perfetto 9 ore e 50 minuti dopo il lancio, a circa 80 km dal punto previsto, e fu recuperato in buone condizioni.

Missioni con equipaggio

Dopo aver verificato tutti i sistemi di lancio, il razzo, la capsula, il funzionamento dei motori e le problematiche connesse all'usura dei componenti, e dopo la completa riprogettazione della capsula a causa del tragico incidente dell'Apollo 1, la NASA, forte dell'esperienza acquisita nei voli di test, decise di iniziare i collaudi con l'equipaggio a bordo dell'Apollo.

Apollo 7

Originariamente, la missione dell'Apollo 7 (AS-205) doveva essere la seconda con



equipaggio a bordo dopo la missione AS-204 poi denominata Apollo 1, per continuare la fase di collaudi con le capsule Apollo del Block I (doveva utilizzare il CSM-014); ma prima ancora dell'incidente dell'Apollo 1 si decise che questo test non sarebbe stato necessario e l'equipaggio fu assegnato alla missione Apollo 7. La riprogettazione della capsula, a causa dell'incidente, rese però necessario il collaudo in orbita terrestre delle nuove capsule Apollo appartenenti al Block II. Per cui l'Apollo 7 volò con il CSM-101.

Data di partenza: 11 ottobre 1968; a bordo l'equipaggio era formato da Walter Schirra Jr., Donn Eisele e Walter Cunningham. Il razzo che li portò in orbita era un Saturn 1B, che partì dalla pad 34 di Cape Canaveral. In questa prima missione pilotata, gli astronauti collaudarono tutto il sistema con molta cura in tutte le fasi dal lancio al recupero; a bordo si condussero anche due esperimenti fotografici e tre esperimenti medici.

Dopo il lancio, l'S-4B con la capsula Apollo si inserì in un'orbita alta 228 x 282 km e nelle tre ore successive lo spurgo del propellente dal razzo portò il complesso su un'orbita di 232 x 309 km. A questo punto lo stadio S-4B fu separato dall'Apollo e nei successivi due giorni di volo venne utilizzato per manovre di rendez-vous.

Durante gli 11 giorni di missione vennero condotti numerosi test sulla calibrazione del sestante, sul sistema di controllo dell'assetto, sul sistema di controllo termico, sul radar per i rendez-vous, sui sistemi di navigazione e sul sistema di propulsione del modulo di servizio, il cui motore venne riavviato per otto volte, controllandone il suo funzionamento e raggiungendo un'orbita alta 445 km. Nell'ambito degli esperimenti vennero anche pianificate 7 trasmissioni televisive, le prime nella storia dei voli pilotati.



Edwin "Buzz" Aldrin ripreso all'interno del modulo lunare.

L'orbita dell'S-4B decadde e il 18 ottobre effettuò un rientro distruttivo al di sopra dell'Oceano Indiano, mentre l'Apollo 7 e il suo equipaggio, dopo 163 orbite compiute, ammarò nell'Oceano Atlantico il 22 ottobre, nei pressi delle isole Bermuda e a 13 km dalla nave preposta al recupero: la U.S.S. Essex. La missione terminò senza alcun problema, a parte un piccolo raffreddore dell'equipaggio, aggravato dalle condizioni di assenza di peso e il mare un po' agitato durante le operazioni di recupero.

Apollo 8

La missione dell'Apollo 8 era originariamente pianificata in modo diverso: doveva essere il terzo volo di una missione Apollo con equipaggio ad avere il compito di collaudare il modulo lunare in un'orbita terrestre altamente ellittica, dopo un pre-

cedente collaudo in un'orbita terrestre bassa da parte di un'altra missione (quella che sarebbe poi diventata l'Apollo 9). Questa programmazione dei voli fu modificata a causa di due fattori molto

88,2 minuti; dopo due orbite intorno alla Terra, per controllare che tutto fosse a posto, venne riacceso il motore del terzo stadio del Saturn 5 per l'immissione sulla traiettoria che li avrebbe portati nei pressi

La superficie lunare vista durante l'avvicinamento al sito di atterraggio.

importanti: primo, il LEM previsto per la missione aveva subito ritardi nella costruzione e non sarebbe risultato pronto per il lancio; secondo, informazioni dei servizi segreti americani che indicavano come prossimo un lancio sovietico di una sonda Zond in orbita circumlunare (all'epoca si parlò anche di un probabile equipaggio di due uomini).

Tutto ciò influì sulle decisioni che, al momento del cambio di strategia, risultavano essere un po' troppo conservative, dati gli ottimi risultati dei collaudi effettuati durante i voli precedenti. Di qui derivò la decisione di inviare l'Apollo 8 in orbita lunare. Naturalmente l'equipaggio accettò di buon grado il cambio di strategia.

Designata come AS-503, la missione dell'Apollo 8 divenne una delle missioni storiche dell'astronautica. A bordo della capsula Apollo (CSM-103 Block II) si trovava l'equipaggio costituito da Frank Borman, James Lovell e William Anders. Il maestoso razzo Saturn 5 si sollevò dalla pad 39 A di Cape Canaveral il 21 dicembre 1968, portando il terzo stadio e la capsula con l'equipaggio su un'orbita di parcheggio di 190,6 km x 183,2 km, con una inclinazione di 32,51° e un periodo di



della Luna. Dopo 30 minuti venne sganciato il terzo stadio e l'Apollo compì una rotazione di 180° per rivolgere il suo motore verso la Luna. Questa operazione era necessaria per la fase di frenaggio e immissione in orbita lunare.

Per la prima volta degli esseri umani abbandonavano il campo gravitazionale della Terra.

Il 24 dicembre, la vigilia di Natale del 1968, venne acceso il motore dell'Apollo per l'immissione in orbita lunare che risultò di 310,6 x 111,2 km. Due orbite più tardi una seconda accensione del motore dell'Apollo la rese quasi circolare e pari a 110,4 x 112,3 km. L'operazione si svolse con un po' di trepidazione da parte del centro di controllo, ma tutto andò a buon fine. Gli astronauti completarono 10 or-

bite e il giorno di Natale lessero un passo della Genesi. Al completamento della 10ª orbita venne riacceso il motore dell'Apollo che li riportò verso la Terra.

Il 27 dicembre ammararono felicemente nei pressi delle isole Hawaii, a circa 5 km dalla U.S.S. Yorktown, la nave preposta per il recupero della navicella e del suo equipaggio.

La missione fu un test rigoroso per tutti i sistemi della capsula e delle attitudini dell'equipaggio in una missione importante e allo stesso tempo complicata come questa. Anche la parte scientifica fu importante poiché l'equipaggio, fotografando la superficie lunare, anche della faccia nascosta, ottenne informazioni rilevanti sulla topografia, utili per i futuri allunaggi.

Dopo il rientro, alla domanda di un giornalista che chiedeva chi avesse pilotato la navicella, Borman rispose: *"Penso che in quel momento fosse Newton a fare la parte più grossa del lavoro"*.

Fu l'inizio della grande avventura dell'uomo sulla Luna.

Apollo 9

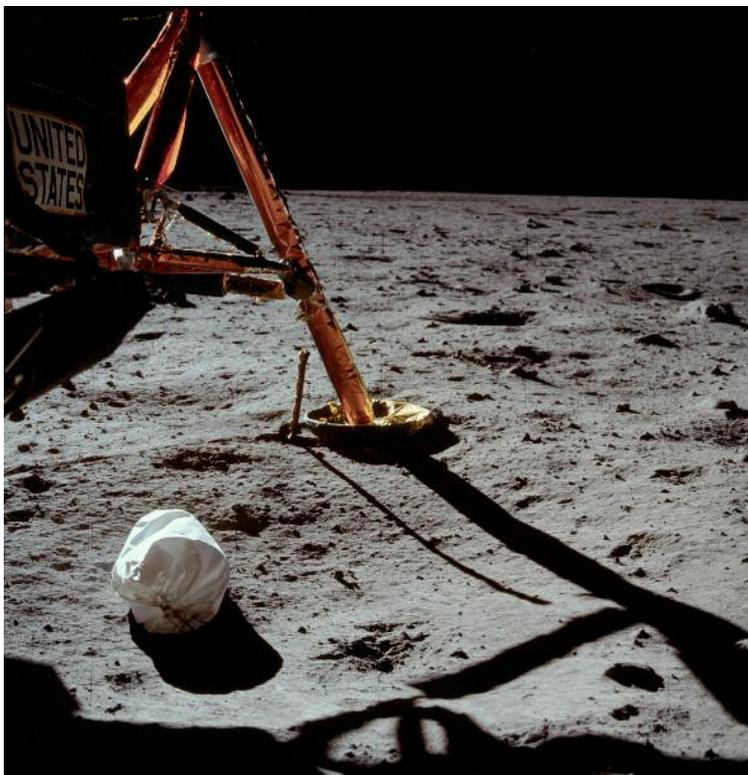
La missione dell'Apollo 9 era parte della strategia conservativa attuata dalla NASA nei primi voli con equipaggio e doveva essere antecedente alla missione dell'Apollo 8. Originariamente, per questa missione, erano previsti due lanci con due razzi Saturn 1B: uno avrebbe portato la capsula con l'equipaggio e l'altro il LEM. Una volta in orbita l'equipaggio avrebbe condotto operazioni di rendez-vous e docking con il modulo lunare. Dopo il cambio di strategia e la decisione di optare per una missione in orbita lunare già

con l'Apollo 8, l'Apollo 9 (designato AS-504) e il suo equipaggio furono trasferiti sul più grande Saturn 5 che li avrebbe portati in orbita insieme al LEM in un unico lancio. Il 3 marzo 1969, quindi, dalla pad 39 A, venne lanciato l'Apollo 9 (CSM-104) con a bordo James McDivitt, David Scott e Russell "Rusty" Schweickart. A partire da questo lancio, sia per il LEM sia per la capsula Apollo si adottarono dei nomi meno asettici delle sigle fin lì utilizzate. Pertanto la capsula Apollo venne denominata "Gumdrop" e il LEM (LM-3) venne denominato "Spider".



Il paesaggio lunare ripreso subito dopo l'atterraggio del luglio '69.

L'obiettivo primario della missione fu quello di collaudare tutti gli aspetti del modulo lunare in orbita terrestre, incluso il suo utilizzo come navicella indipendente, e attuare tutte le operazioni di rendez-vous e docking che successivamente sarebbero state effettuate in orbita lunare dalle nuove missioni. Vennero anche condotti esperimenti di fotografia multispettrale.



La prima foto scattata da Armstrong dopo aver messo piede sulla Luna.

Dopo il lancio, l'orbita raggiunta fu di 189,6 x 192,5 km, che cambiò in un'orbita di 198 x 204 km dopo lo spurgo del propellente del terzo stadio del Saturn 5. A questo punto, l'Apollo si sganciò dal terzo stadio e contemporaneamente i pannelli a forma di petali che racchiudevano il LEM vennero eiettati permettendo allo stesso Apollo, dopo una rotazione di 180°, di agganciarvisi e di estrarlo dalla sua sede. Dopo l'estrazione, il terzo stadio venne spostato su un'orbita con apogeo a 3050 km di altezza mediante un'accensione del proprio motore, questo per evitare interferenze con le operazioni tra la capsula Apollo e il LEM. Nei giorni successivi, il sistema di propulsione dell'Apollo venne attivato 5 volte, e allo stesso modo anche il motore dello stadio di discesa del LEM venne acceso per 367 secondi, il tutto per collaudare le caratteristiche dinamiche di Apollo e LEM agganciati. Il giorno successivo, Scott e Schweickart effettuarono anche un'attività extraveicolare della durata di 37,5

minuti, al fine di verificare la funzionalità della piattaforma di accesso e della scaletta esterna del LEM e del sistema di supporto vitale delle tute. Ancora il giorno dopo, si realizzò la parte più importante della missione. McDivitt e Schweickart si trasferirono nel LEM e si separarono dall'Apollo dove era rimasto Scott, per condurre le operazioni di appuntamento e aggancio. Nella prima fase il LEM si spostò su un'orbita più alta di 20 km dell'Apollo e venne separato lo stadio di discesa; nella seconda fase si accese il motore dello stadio di ascesa per abbassare l'orbita di 16 km e allontanarsi di 120 km dall'Apollo. Questo, per simulare un rendez-vous e docking con l'Apollo come se il LEM fosse di ritorno da una missione lunare. Dopo l'aggancio, l'equipaggio del LEM si trasferì nuovamente nell'Apollo e sganciò il LEM stesso. A questo punto venne comandata un'accensione del motore del LEM fino ad esaurimento del propellente che lo condusse su un'orbita alta 235 x 6970 km. Lo stadio di ascesa rientrò nell'atmosfera terrestre il 23 ottobre 1969, mentre lo stadio di discesa effettuò il rientro atmosferico già il 22 marzo 1969.

La missione dell'Apollo 9 ebbe termine con un rientro perfetto nelle acque delle Bahamas e nelle vicinanze della U.S.S. Guadalcanal, nave prescelta per il recupero della navicella e del suo equipaggio.

Apollo 10

Thomas Stafford, John Young e Eugene Cernan furono i tre astronauti membri dell'equipaggio della missione Apollo 10 (AS-505), che effettuò la prova generale dell'allunaggio. Il lancio avvenne il 18 maggio 1969 dalla rampa 39 B di Cape Canaveral, per la seconda missione in orbita lunare e per realizzare la prova generale del funzionamento del LEM durante la traversata Terra-Luna e in orbita lunare. Infatti, l'Apollo 10 (CSM-106 denominato "Charlie Brown") aveva con sé anche il LEM (LM-4 denominato "Snoopy"). Dopo il lancio, il complesso terzo stadio, LEM e Apollo si inserì in un'orbita di parcheggio di 189,9 km x 184,4 km, e un'orbita e mezza dopo si

effettuò l'accensione del motore del terzo stadio, che trasferì il complesso sulla traiettoria con destinazione Luna. Poi, la capsula Apollo si separò dal razzo e completò la solita manovra di 180° per estrarre il LEM dalla sua sede. Dopo tre giorni di volo, una accensione di 356 secondi del motore principale dell'Apollo inserì la navicella su un'orbita lunare di 315,5 km x 110,4 km, che una seconda accensione della durata di 19,3 secondi la rese quasi circolare ad una quota di 113,9 km x 109,1 km. Stafford e Cernan si trasferirono nel LEM e iniziarono le procedure di separazione della capsula. Il LEM si inserì in un'orbita bassa fino ad una quota minima di 14 km. L'equipaggio collaudò i sistemi di propulsione, i sistemi di comunicazione

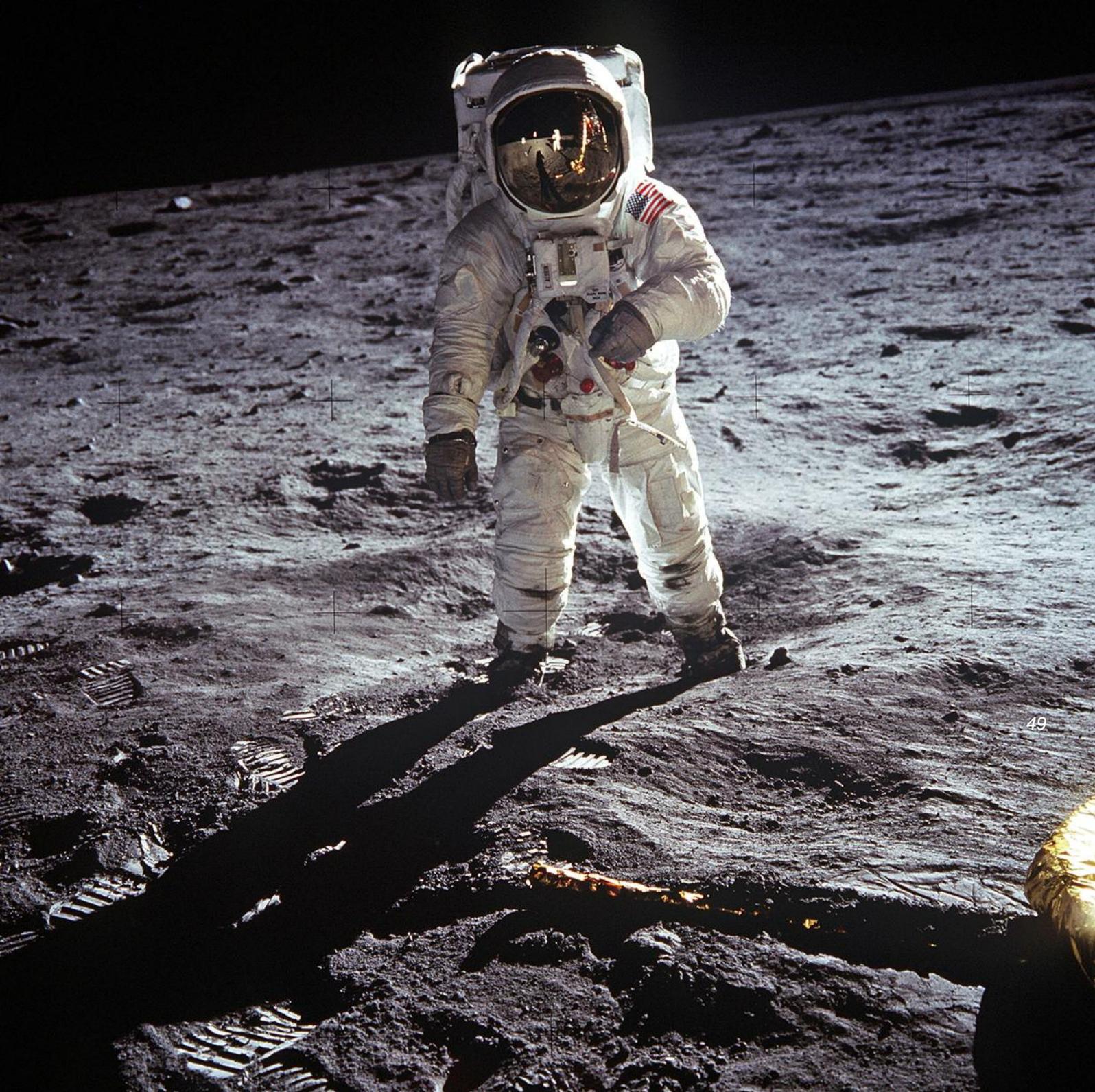


con l'Apollo e con i centri a Terra, il sistema di controllo dell'assetto e il radar. Si scattarono anche numerose fotografie ravvicinate della superficie lunare e in particolare dei siti previsti per gli allunaggi. Al termine del collaudo, lo stadio di discesa venne sganciato e lo stadio di ascesa raggiunse l'Apollo al quale si agganciò per il ritorno a Terra. Dopo il rilascio dello stadio di ascesa del LEM, il motore dell'Apollo completò l'accensione che portò la capsula a compiere un rientro perfetto, dopo altri tre giorni di volo, al largo delle isole Samoa e nei pressi della portaerei U.S.S. Princeton, che si occupò del recupero di navicella ed equipaggio.

L'uomo è sulla Luna

Da questo momento in poi, tutte le missioni del Programma Apollo vennero rivolte all'esplorazione lunare. I collaudi, infatti, avevano prodotto risultati ottimali di tutti i sistemi di bordo, sia della capsula Apollo sia del modulo lunare. I tempi e gli spettri dell'incidente dell'Apollo 1 erano ormai lontani e l'entusiasmo era notevole per portare a compimento quello che era stato il sogno del Presidente J. F. Kennedy: battere i sovietici nel campo dell'esplorazione spaziale e nella conquista di un nuovo mondo.

Lo scarpone di Aldrin lascia una celeberrima impronta sul suolo lunare.



Aldrin immortalato da Armstrong sulla superficie lunare. È questa la più famosa fra tutte le immagini del Programma Apollo.

Apollo 11

Il grande sogno dell'uomo di raggiungere un altro corpo celeste ha inizio la mattina del 16 luglio 1969 dalla rampa 39 A di Cape Canaveral, quando Neil Alden Armstrong, Edwin "Buzz" Aldrin e Michael Collins, equipaggio dell'Apollo 11 (AS-506), vennero lanciati a bordo del maestoso Saturn 5 per il primo sbarco di un uomo sulla Luna. Dopo 2 ore e 44 minuti

dal lancio, periodo durante il quale venne descritta un'orbita e mezza intorno alla Terra, e dopo le verifiche sul buon funzionamento di tutti i sistemi di bordo, il motore del terzo stadio del Saturn 5 fu riacceso per l'immissione in orbita trans-lunare. L'accensione del motore J-2 del terzo stadio del Saturn 5 ebbe una durata di 5 minuti e 48 secondi e li diresse verso la Luna. 33 minuti dopo, l'Apollo (CSM-

Aldrin scarica
gli esperimenti
scientifici dal
modulo lunare.



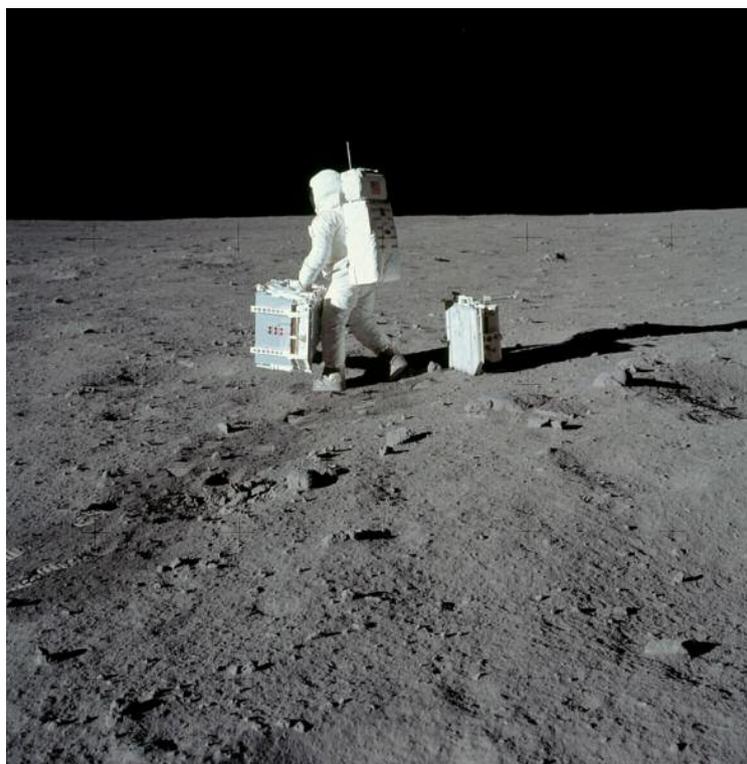
50

107) si separò dal terzo stadio ed effettuò la consueta rotazione di 180° per agganciarsi al modulo lunare (LM-5) ed estrarlo. Circa 1 ora e 15 minuti più tardi il terzo stadio S-4B del Saturn 5 fu inserito su un'orbita eliocentrica per evitare interferenze con il viaggio dell'Apollo 11. Du-

rante la traversata Terra-Luna si effettuò anche una correzione di rotta, mediante un'accensione del motore principale dell'Apollo, della durata di 3 secondi. Il 17 luglio, quando ormai si trovavano dietro la Luna e senza alcun contatto radio con la Terra, l'equipaggio dell'Apollo, il cui

Aldrin sistemò gli esperimenti scientifici sul suolo lunare.

modulo di comando era stato denominato "Columbia", effettuò un'accensione del motore principale (SPS) di 357,5 secondi per immettersi in orbita lunare. Una successiva accensione della durata di 17 secondi la circolarizzò ad una quota di circa 111 km. Dopo un periodo di riposo e al-



cune ore trascorse per le verifiche del LEM, denominato "Eagle", Armstrong e Aldrin lasciarono Collins nel modulo di comando e si diressero verso la superficie lunare. Ad aumentare la suspense vi fu la presenza della sonda automatica sovietica Lunik 15, che tentò di effettuare un atterraggio sulla superficie lunare per il recupero di campioni del suolo da riportare a Terra. Il timore fu quello di interferenze con le trasmissioni radio degli astronauti dell'Apollo 11 impegnati nella delicata fase di allunaggio. Le autorità Sovietiche, subito contattate, assicurarono che non ci sarebbero state interferenze di sorta con la missione americana. La sonda Lunik 15, nel tentativo di anticipare la discesa degli astronauti ameri-

cani, fallì la sua missione schiantandosi contro la superficie lunare.

Appena separatisi dal modulo di comando, Collins eseguì una ispezione visuale del LEM per verificarne le condizioni esterne; un'accensione del motore dello stadio di discesa di 30 secondi immise quindi il LEM su un'orbita discendente, alta 14,5 km. Successivamente, un'accensione di 756,3 secondi portò Armstrong e Aldrin ad un approccio diretto con la superficie.

In prossimità del punto previsto per l'allunaggio, gli astronauti si accorsero che il suolo non era affatto pianeggiante, ma erano invece presenti massi grossi quanto un'automobile. Con soli 14 secondi di carburante (dopodiché avrebbero dovuto abbandonare lo stadio di discesa del LEM e, annullando la discesa stessa, ritornare verso l'Apollo), dovettero cercare un altro sito

di atterraggio. Tutte le manovre vennero attuate con estrema calma e con molto sangue freddo, portando il LEM in una zona vicina.

A un certo punto Armstrong esclamò: "Houston! Qui base della Tranquillità, Eagle è atterrato!" e subito si levò un grande applauso nella sala controllo di Houston. La zona di atterraggio del LEM era situata nei pressi della valle di Sidewinder, nel settore sud occidentale del Mare della Tranquillità. Alle 22:56 del 20 luglio (4:56 ora italiana del 21 luglio) si aprì il portello del LEM e Armstrong iniziò la discesa dei nove gradini della scaletta che lo separavano dalla superficie, che toccò con il piede sinistro continuando a impugnare la scaletta, quasi avesse paura.



Un Armstrong visibilmente provato ed emozionato dalla storica passeggiata sulla Luna.

terrore dell'accensione del motore era stato strappato via, probabilmente da un urto accidentale con le tute ingombranti che indossavano. Aldrin, estrasse un pennarello che inserì nella sede dell'interruttore e alla fine del conto alla rovescia con un colpo accese il motore. Quel pennarello, ancora oggi, è custodito gelosamente dall'astronauta.

Sulla Luna è rimasto lo stadio di discesa del LEM, su una zampa del quale è fissata una targa con incisa la frase: "QUI UOMINI VENUTI DAL PIANETA TERRA POSERO PER LA PRIMA VOLTA PIEDE SULLA LUNA - LUGLIO 1969 A.D. - SIAMO

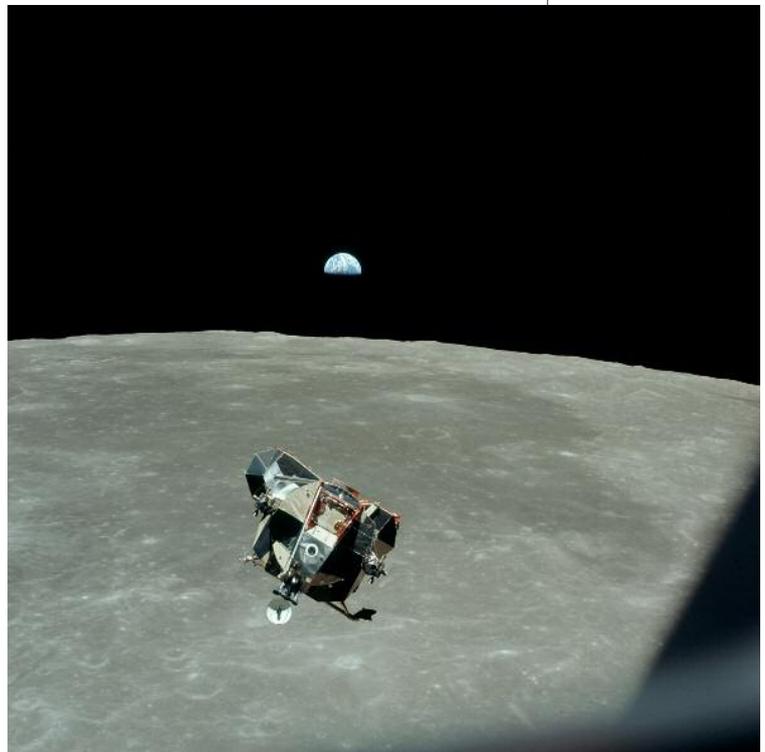
VENUTI IN PACE PER TUTTA L'UMANITÀ". Gli astronauti lasciarono anche un piccolo disco contenente i messaggi beneaugu-

Il modulo lunare con a bordo Armstrong e Aldrin si avvicina al modulo di comando pilotato da Collins.

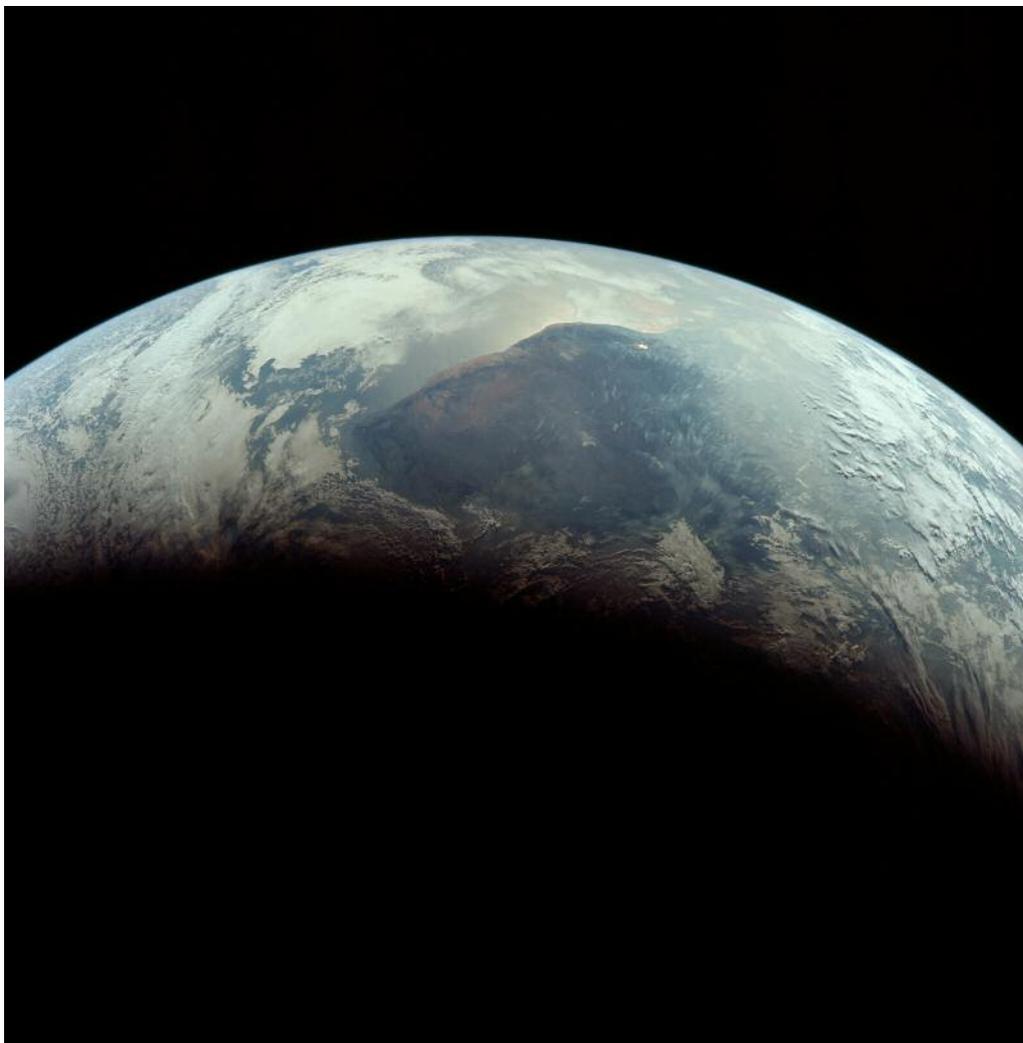
52

Armstrong pronunciò allora una frase che è rimasta nella storia: *"Questo è un piccolo passo per un uomo, ma un balzo gigantesco per tutta l'umanità!"*. Preso dall'euforia del momento e dalla voglia di scattare fotografie dimenticò per qualche minuto di prendere un sasso lunare da mettere in tasca nell'eventualità di un decollo repentino. 19 minuti dopo anche Aldrin scese la scaletta e giunse sulla superficie lunare che definì *"Una magnifica desolazione"*. Durante la loro permanenza sulla superficie selenica, della durata di 2 ore e 32 minuti, gli astronauti installarono l'EASEP (Early Apollo Scientific Experiment Package), un set di strumentazione scientifica che fu lasciato sulla superficie. In totale raccolsero 21,55 kg di rocce lunari e campioni di suolo, scattarono molte fotografie e si allontanarono dal sito di atterraggio fino a circa 250 metri. Durante la loro permanenza sulla superficie ebbero anche un colloquio radio con il Presidente Nixon.

Il primo a rientrare nel LEM fu Aldrin seguito, 12 minuti dopo, da Armstrong. Dopo quattro ore di riposo e 3 ore spese per controllare tutti i sistemi di bordo, i due astronauti iniziarono la fase di decollo. Subito si accorsero, però, che l'in-



24 luglio 1969:
una magnifica
Terra accoglie
il ritorno del-
l'equipaggio
che ha con-
quistato la
Luna.



53

ranti di tutte le nazioni, la medaglie ricevute dalle famiglie di Yuri Gagarin, morto l'anno precedente in un incidente aereo, e di Vladimir Komarov, anch'egli deceduto durante la prima missione delle capsule sovietiche Soyuz, e lo stemma della missione dell'Apollo 1, in ricordo di Grissom, White e Chaffee.

A 110 km dalla superficie lunare lo stadio di risalita del LEM con i due astronauti si ricongiunse con il modulo di comando dell'Apollo 11. Dopo aver sganciato lo stadio di ascesa del LEM in un'orbita lunare che decadde nel giro di qualche mese facendolo schiantare su una zona imprecisata della Luna, i tre astronauti eseguiro-

no l'accensione del motore SPS dell'Apollo per il ritorno verso casa. Durante il viaggio di ritorno fu necessaria una correzione di rotta che portò l'Apollo e il suo equipaggio a compiere, il 24 luglio, un rientro perfetto nelle acque dell'Oceano Pacifico, nei pressi di Wake Island, a una distanza di 24 km dalla portaerei U.S.S. Hornet, che si occupò del loro recupero.

I tre astronauti vennero inizialmente ospitati in uno speciale container, per quella che si rivelerà un'inutile quarantena destinata a preservare la Terra da ipotetici microrganismi lunari.

continua sul prossimo numero . . .

di seguito tutti gli sponsor che hanno reso possibile la realizzazione di questo speciale sulla conquista della Luna

CAELUM



STRUMENTI PER L'ASTRONOMIA

CONS. OIM S.p.A. C.SO ROSSELLI 107 - 10129 TORINO
tel/fax 011-500213 - info@caelum.it - www.caelum.it

VISITE SU APPUNTAMENTO

VENDITA PER CORRISPONDENZA - VENDITA RATEALE
LA PIU' VASTA GAMMA DI TELESCOPI DI TUTTO IL PIEMONTE
TRATTIAMO SOLO ASTRONOMIA - RITIRO USATO

VASTISSIMO ASSORTIMENTO DI MATERIALE D'OCCASIONE
GESTITO DA ASTROFILI CON 30 ANNI DI ESPERIENZA NEL SETTORE

www.caelum.it



RIVENDITA UFFICIALE

TAKAHASHI

Il privilegio della perfezione

DISPONIBILE L'INTERA GAMMA IN PRONTA CONSEGNA
CONTATTATECI PER CONOSCERE LE OFFERTE SPECIALI

FSQ 106 ED



MEWLON 300

TOA 130 N



TecnoSky



Obiettivi T.K.L.



Zoom 650-1300mm-attacco T2-249€

85mm Asferico F1.4
attacco Canon o Nikon 299€



Catadiottrico T2 500mm F6,3 149€
Catadiottrico T2 800mm F8.0 229€

500ED preset F8
169€



FishEye
8mm!!



Nuovo Modello 25x100 RPO 251F

Predisposto per Filtri Nebulari UHC da 31,8mm (1,25")

Binocolo con sede filettata di serie

Elevata estrazione pupillare - Ottiche Multitratate FMC - Prismi BAK4

Waterproof con riempimento di Azoto

Durevole struttura in Alluminio

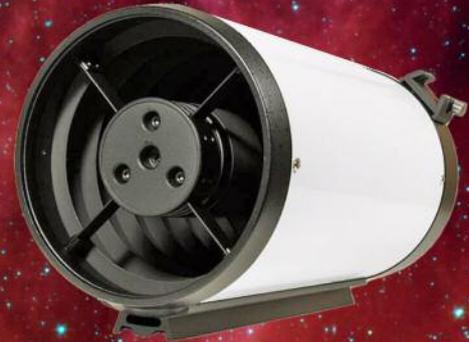
Rivestimento in gomma rinforzata - Antiurto (Shock resistant)

Messa a Fuoco Centrale - Valigia Rigida in Alluminio Inclusa

Ideale per ricerca comete, osservazioni astronomiche a largo campo naturalistiche su lunghe distanze e in condizioni di scarsa visibilità.

Astrografi Ritchey Chrétien

203/1625 mm f/8 oppure 152/1370 mm f/8 di elevata qualità: lo schema ottico garantisce un campo piano e privo di coma, cromaticismo e altre aberrazioni ottiche. La qualità ottica è superiore a $1/12\lambda$ sulla superficie con trattamento riflettente al 99%.



Orion UK

Dobson 20"
1/6 PTV
Hi-Lux



Astrografo Avanzato
F3,8 Hi-Lux
Spianatore ED 4 elementi

Dall-Kirkham
Ottimizzato
F6,8 Spianato
1/8 pTV Hi-lux



Orion USA

Orion XX12
Intelliscope



CCD 6,1mp a colori
prezzo imbattibile





Telescopi Astronomici

Star Novel presenta la sua completa linea di
Telescopi Rifrattori (Acromatici ed Apocromatici)
Riflettori Newtoniani e Maksutov-Cassegrain



Rifrattore Novel-60 D60/F700

Diametro: 60mm
Focale: 700mm
Rapporto Focale: f/11.6
Cercatore: 5x24
Montatura: Altazimutale
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: K9mm e K20mm
Accessori inclusi: Specchio Diagonale 90°
Lente di Barlow 3x
Borsa Morbida



Rifrattore Novel-900 D70/F900

Diametro: 70mm
Focale: 900mm (f/13)
Focheggiatore: Standard 31.8mm
Cercatore: 5x24
Montatura: Equatoriale EQ-4
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: H6mm e H20mm
Accessori in dotazione: Specchio Diagonale 90°
Disponibile anche D70mm F700 (f/10)



Rifrattore Progress D90/F900

Diametro: 90mm
Focale: 900mm (f/10)
Montatura: equatoriale EQ-7 motorizzabile in A.R.
Treppiede: in alluminio
Focheggiatore: Standard 31.8mm
Cercatore: 6x30
Oculari in dotazione: K6mm e K20mm 31,8mm
Diagonale: a specchio 90°
Disponibili anche D90/F500 e D80/F640



Rifrattore Sky-Open 1000 D102/F1000

Diametro: 102mm (trattamento antiriflesso multistrato)
Focale: 1000mm (f/9.8)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: Equatoriale EQ-3 motorizzabile in A.R.
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: Pl 6.5mm D31.8 e Pl 20mm D31.8
Accessori in dotazione: Adattatore per oculari D31.8
Specchio Diagonale 90°
Disponibile anche D102/F660



Rifrattore Planet-1200 D152/F1200

Diametro: 152mm
Focale: 1200mm (f/8)
Focheggiatore: Standard 50.8 (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: EQ-5 Motorizzabile in A.R. e DEC.
Cannocchiale Polare: con reticolo illuminato
Oculari in dotazione: PL 6.5mm PL 20mm D31.8
Accessori inclusi: Adattatore per Oculari D31.8
Specchio Diagonale 90°
Disponibile anche D152/F990 e D152/F760



Rifrattore APO Apology-127 D127/F952

Diametro: 127 mm Tripletto Apocromatico ED
Focale: 952 mm (f/7.5)
Focheggiatore: Standard 50.8 mm (2")
Cercatore: illuminato 8x50 con visione raddrizzata
Montatura: Equatoriale motorizzabile in AR e DEC
Treppiede: cilindrico in alluminio
Oculari: WA 8mm - WA 10mm - WA 20mm D31.8
Accessori: Diagonale 90° diametro 50.8mm (2")
Disponibile anche D102/F700 e D80/F480



Riflettore Planet-254 D254/F1150

Diametro: 254mm
Focale: 1150mm (f/4.6)
Ottica: Specchio Parabolico
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: EQ-5 Motorizzabile in A.R. e Dec.
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: PL 6.5mm e PL 20mm D31.8
Disponibili anche D200/F900 e D150/F900



Rifrattore Planet-820 D127/F820

Diametro: 127mm
Focale: 820mm (f/6.5)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: EQ-5 Motorizzabile in A.R. e Dec.
Cannocchiale Polare: con reticolo illuminato
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: PL 6.5mm e PL 20mm D31.8
Accessori inclusi: Adattatore per Oculari D31.8
Specchio Diagonale 90°



Rifrattore Star-500 D90/F500

Diametro: 90 mm (Ottica Acromatica)
Focale: 500 mm (f/5.6)
Focheggiatore: Standard 31.8mm
Cercatore: 5x24
Montatura: Altazimutale
Treppiede: in alluminio
Oculari: H6/H20mm D 31.8 mm
Accessori: Prisma diagonale 90° D 31.8 mm
Lente di Barlow 2x
Disponibile anche D80mm F400mm (f/5)



Riflettore Globe-1000 D130/F1000

Diametro: 130mm
Focale: 1000mm (f/7.7)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 6x30
Montatura: EQ-3 Motorizzabile in A.R.
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: PL 6.5mm e PL 20mm D31.8
Accessori in dotazione: Adattatore oculari D31.8
Disponibile anche D130/F650



Maksutov Globe-Mak-1900 D150/ F1900

Diametro: 150mm
Focale: 1900mm (f/12.6)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50 illuminato
Montatura: Equatoriale Motorizzabile in A.R.
Treppiede: tubolare in Alluminio
Oculari in dotazione: PL 6.5mm e PL 20mm D31.8
Accessori Includi: Specchio Diagonale 90° D50.8 mm
Disponibili anche D100/F1400 e D203/F2500

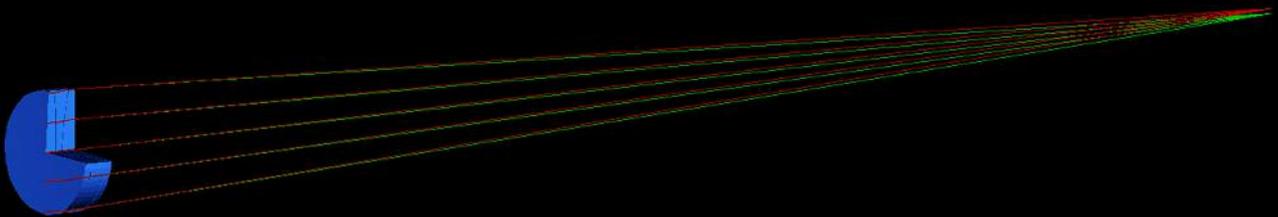
Star★Novel

Via Palazzina, 18 - Loc. Belvedere
37024 ARBIZZANO (VR)
Tel: 045-6020750 - FAX: 045-7513315
E-mail: info@starnovel.com
Web: www.starnovel.com



**Nell'anno dedicato
all'Astronomia,
ricordando Galileo...**

**La SATOR ASTRONOMIA presenta
Il Telescopio APOCROMATICO più
GRANDE AL MONDO :**



**Diametro: 510 mm. Focale: 6.500 mm.
Ottica: Tripletto ED Tubo: Composito
Idea e Coordinamento: Dott. F.Rubeo
Progettazione Ottica: Dott. M.Riccardi
Realizzazione: LZOS e Utopia Ottica
Previsione Prima Luce: Dicembre 2011
Sito Osservativo: SARUB (Abruzzo)**

**Visitate il nostro sito presto altre GRANDI novità:
www.sator-astronomia.it**



La nuova gamma di strumenti di altissima qualità

APO e semi-APO

Binocoli da 70 a 100 mm
Telescopi da 80 a 130 mm

www.argaeus.com

Star Theatre

L'emozione di osservare
10.000 stelle nella tua stanza

In tutte le aree metropolitane del mondo della volta stellata non c'è più traccia. Abbiamo perso il contatto con quella che è stata per millenni la fonte di ispirazione dei momenti più alti del pensiero umano.

Questo planetario ad alta definizione ci consente di prepararci ai rari incontri con il firmamento, proiettando sul soffitto di casa un'immagine veritiera ed emozionante del cielo stellato del nostro emisfero.

Due dischi intercambiabili consentono di osservare il cielo notturno come si presenta al nostro sguardo oppure con la mappa delle costellazioni.

Con angolo di proiezione e messa a fuoco regolabili, un pratico timer per lo spegnimento automatico e una funzione stelle cadenti.

- » **Colore:** nero
- » **Misure:** 16,7x15,9x15,1 cm
- » **Dettagli:** proiettore, alimentatore AC, 2 dischi intercambiabili con le stelle dell'emisfero nord
- » **Fonte luminosa:** LED bianco ad alta luminosità
- » **Superficie di proiezione:** soffitto, parete o altre superfici piane
- » **Distanza di proiezione:** 200-230 cm (messa a fuoco regolabile)
- » **Area di proiezione:** un cerchio di circa 270 cm di diametro



www.startheatre.it

Acquistalo online:
www.natura-e.com

Northek[®]

Instruments - Composites - Optics

Ritchey Chrétien Cassegrain classici Dall Kirkham Newton
Rifrattori acromatici Rifrattori aplanatici a contatto in olio

**intubazioni in compositi
meccaniche di alta
e altissima precisione**

**produzione con
progetti personalizzati
e di serie**

**ottiche a riflessione
anche
customizzate**

www.northeK.it

info@northeK.it

tel. +39 (0)1599521



Il grande sogno dell'uomo diventato realtà

A **40 anni** dal primo **sbarco sulla Luna (21/07/1969)**

Cinehollywood presenta un'opera unica a livello mondiale,

La più completa produzione mai realizzata, l'unica a livello mondiale con contributi filmati di tutte le missioni (USA, Unione Sovietica, Europa, Giappone, Cina, India)

Per la prima volta in DVD, la più grande opera sull'epopea dell'uomo nello spazio.

Dalle prime V-1 alle ultime missioni spaziali, fino ai fantascientifici progetti di colonizzazione del cosmo, questa produzione rappresenta la vera testimonianza filmata della più grande sfida mai lanciata dall'uomo.

La produzione è stata realizzata con contributi filmati provenienti dagli archivi della NASA, dell'ESA, dell'Ente Spaziale Russo e di quello Cinese al termine di un lavoro di ricerca durato 5 anni. Di straordinario valore storico sono alcune immagini inedite provenienti dalla Russia che documentano, talvolta anche in maniera drammatica, gli esiti di alcune missioni: è il caso del rientro a Terra della Soyuz 11 con i cosmonauti morti per un difetto al sistema di pressurizzazione della capsula; oppure le eccezionali sequenze dei primi soccorsi portati a Valentina Tereshkova, prima donna nello spazio, appena atterrata nella steppa russa.

ELENCO DVD

DVD 1 - DAI PRIMI MISSILI AI PROGETTI APOLLO E SOYUZ

DVD 2 - DALLO SBARCO SULLA LUNA ALL'ESPLORAZIONE INTERPLANETARIA

DVD 3 - DALLE SFIDE USA-URSS AL PROGETTO DISCOVERY

DVD 4 - LE NUOVE FRONTIERE DELL'ESPLORAZIONE SPAZIALE

Ogni DVD è corredato da un libretto esplicativo

Durata: oltre 5 ore

Prezzo al pubblico € 39,90 + € 7,90 per spedizione in contrassegno

Audio e sottotitoli: italiano

Una **vera enciclopedia** della Conquista dello Spazio
in occasione del 2009 Anno Mondiale dell'Astronomia



per ordinare il cofanetto scrivi a

DVD@astropublishing.com