



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

EDITORIALE

Il "Metodo Galileiano"!

Il metodo scientifico o Galileiano è la modalità tipica con cui la scienza procede per raggiungere una conoscenza della realtà oggettiva, affidabile, verificabile e condivisibile. Esso consiste, da una parte, nella raccolta di evidenza empirica e misurabile attraverso l'osservazione e l'esperimento; dall'altra, nella formulazione di ipotesi e teorie da sottoporre nuovamente al vaglio dell'esperimento.

Esso è stato applicato e codificato da Galileo Galilei nella prima metà del XVII secolo. Precedentemente l'indagine della natura consisteva nell'adozione di teorie che spiegassero i fenomeni naturali senza che fosse necessaria una verifica sperimentale delle teorie stesse che venivano considerate vere in base al principio di autorità.

Il metodo sperimentale moderno richiede, invece, che le teorie fisiche debbano fondarsi sull'osservazione dei fenomeni naturali, debbano essere formulate come relazioni matematiche e **che debbano essere messe alla prova tramite esperimenti.** È ovvio che, da buon italiano, presumo che tali esperimenti non debbano essere fatti dalla stessa persona che ha postulato le teorie, altrimenti si rischia di alimentare la frode, che comunque prima o poi "verrà a galla".

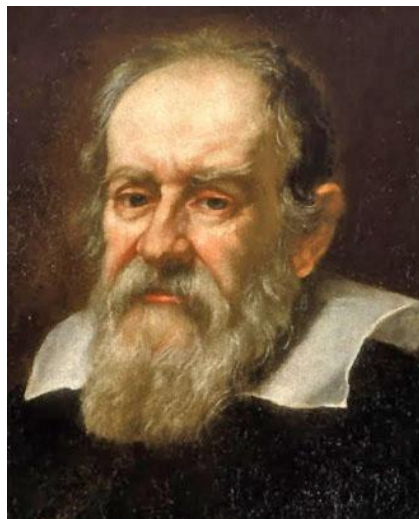
Vorrei fare un confronto tra due eventi che hanno tenuto banco nei mesi scorsi: **Il neutrino a velocità superluminale e la fusione fredda di Rossi.**

Nel primo caso ci troviamo di fronte ad un esperimento che è stato ampiamente descritto e divulgato negli ambienti scientifici a livello mondiale. Anzi, è stato richiesto l'intervento di altri centri di ricerca in grado di replicare l'esperimento, al fine di avere conferme o smentite dei risultati ottenuti nel mitico "**Tunnel Gelmini**" tra il CERN di Ginevra e il rilevatore "Opera" del Gran Sasso. Quindi il calcolo della velocità del neutrino sarà sottoposto al metodo di Galileo Galilei, e probabilmente emergerà che è stato commesso qualche errore, o forse no! Ma non ha importanza! Ciò che emergerà **sarà riconosciuto da tutto il mondo perché riproducibile in qualsiasi momento ed in qualsiasi parte del mondo.**

L'affare di Rossi invece è diametralmente opposto.

L'E-CAT di Rossi non è stato descritto nei particolari e non vuole essere riprodotto da nessuno. Io capisco che se l'idea dovesse sfociare realmente in un prodotto di mercato e

non nella solita bufala, non sia gradito all'ing. Rossi dare in pasto a tutti il segreto della sua invenzione (che è poi del Prof. Focardi), ma resta il fatto che appare evidente che la scienza e la possibilità di risolvere il problema energetico di tutta l'umanità passi in secondo piano, di fronte all'interesse del singolo.



Galileo Galilei

Il presidente del circolo Luigi Borghi;
e-mail: luigi_borghi1@virgilio.it

In Breve

Fisica Ettore Majorana. Di Davide Borghi	Pag 2
Fisica Il Farmilab chiude! Di Luigi Borghi	Pag 8
Nanotecnologie La macchina elettrica più piccola del mondo. Di Luigi Borghi	Pag 10
Teconologia Un uso molto strano del GPS Di Leonardo Avella	Pag 11
Astronautica Curiosity è in volo verso Marte Di Luigi Borghi	Pag 14
Micro/nanotecnologie Processi sottrattivi - dry etching Di Benedetta Marmioli	Pag 23
Astronautica Lo Space Shuttle Di Ciro Sacchetti	Pag 30



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

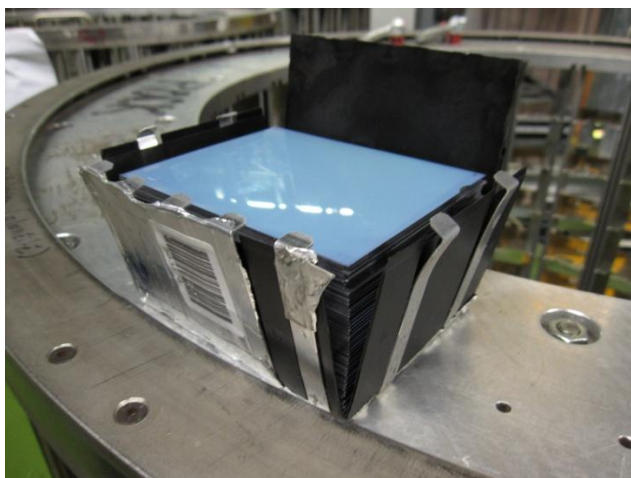
Ettore Majorana

di Davide Borghi

E' di settembre la notizia dei neutrini superluminali ricevuti dall'esperimento OPERA sotto al Gran Sasso. L'esperimento e' ovviamente tutto da verificare e ripetere ("affermazioni straordinarie richiedono prove straordinarie" come diceva Carl Sagan), ma porta alla ribalta l'Osservatorio di Neutrini (e in particolare OPERA coi suoi 160.000 mattoni ad emulsione fotografica - v. foto sotto) che, col



nostro circolo il COSMo, abbiamo appena visitato. Vorrei pertanto cogliere l'occasione per scrivere poche righe su chi ha avuto una parte così importante nella scoperta del neutrino e delle sue particolarissime proprietà, ovvero il nostro Ettore Majorana.



Si tratta sicuramente di un personaggio particolare, fuori dagli schemi. Nasce a Catania il 5 Agosto 1906 e ben presto si rivela un

bambino prodigio, che estrae radici cubiche a mente. Ma tutto questo porta con sé anche una grande solitudine. All'università' abbandona gli studi convenzionali di Ingegneria Civile per Fisica Teorica, qualcosa che all'epoca rasenta la follia (i tempi delle applicazioni rivoluzionarie e devastanti della fisica nucleare devono ancora venire: siamo nel 1928).



Ettore ha una famiglia di noti studiosi e intellettuali. Angelo Majorana, zio di Ettore, si laurea in legge a 16 anni, a 17 insegna all'Università' di Catania, a 29 e' rettore della stessa, a 39 e' ministro delle Finanze del Regno e poco dopo ministro del Tesoro, la seconda carica del paese; morirà precocemente a 44 anni. Lo stesso Salvatore Majorana, padre di Ettore, e' un noto economista, giurista e scrittore e poi deputato, ministro e infine senatore del Regno d'Italia. Nel 1966 Luciano Majorana, fratello di Ettore Majorana, spedisce alla Ferrari i progetti di un motore che oggi chiameremmo *turbo compresso*. La Ferrari risponde, su carta intestata, esprimendo dubbi sull'utilità' di un tale marchingegno, soprattutto nei complessi motori della casa di Maranello.

Ettore invece non andava proprio d'accordo con le auto. Da giovane fece un incidente con la



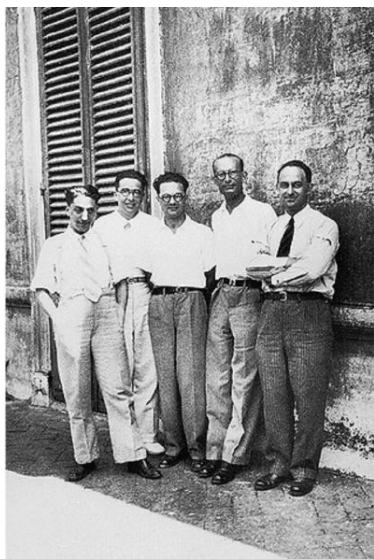
Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

FIAT 507 di famiglia a causa della sua brutta abitudine di sterzare nella direzione in cui guardava. (Anche altri fisici non sono da meno: a Schrodinger bisognava continuamente parlare per tenerlo attento alla strada, le uscite in auto di Paul Dirac erano leggendarie a Cambridge, e Leo Szilard non aveva nemmeno la patente).

Nel 1927 Ettore Majorana si unisce al gruppo di Fermi a Roma rispondendo all'appello del senatore Corbino. L'Italia e' quella del fascismo.

Enrico Fermi (il *Papa*) e' a capo di questo piccolo gruppo di promesse della fisica: Edoardo Amaldi (l'*Adone* per l'aspetto angelico), Franco Rasetti (il *Cardinale Vicario* o anche il *Venerato Maestro*), Bruno Pontecorvo (il *Cucciolo*), Oscar D'Agostino, Emilio Segre' (il *Prefetto alle Biblioteche* o il *Basilisco* per il suo carattere irascibile), Corbino e' il *Padreterno*, Majorana il *Grande Inquisitore*, e poi ci sono i *Seminaristi* e i *Frati Minori*. Fermi e' in realta' meno di dieci anni piu' vecchio degli altri del gruppo per cui il clima e' cordiale e ci si da' del "tu".



Ettore si rivela presto un abile matematico, superiore in questo perfino a Fermi, per sua stessa ammissione. Si noti che Enrico Fermi viene anche chiamato dai Ragazzi di Via Panisperna "il Papa" perché non sbaglia mai. Fermi in realtà si sente umiliato dal genio di Ettore e, nelle parole di Pontecorvo, "era tipico il sorriso colpevole e fanciullesco che gli spuntava sul volto quando perdeva nuovamente la fiducia in se stesso; ciò accadeva per esempio in presenza di Majorana, dotato di un'imponente personalita'".

Ettore rivela però una tendenza eccessiva alla critica delle idee altrui e a un profondo pessimismo; questo lo porta ad un certo isolamento dagli altri membri del gruppo ed a una vita solitaria. E' un teorico puro che si rifiuta di eseguire esperimenti, in mezzo ad un gruppo di fisici sperimentali. Per evitare di cadere nella facile mistificazione del personaggio bisogna però osservare che il genio di Ettore, come quello di Feynman, e' spesso frutto dell'astuzia e dell'imbroglio. Ma ci vuole un genio per imbrogliare gente come Enrico Fermi...

Il contributo alla fisica di Majorana rispecchia bene il suo carattere schivo: spesso si rifiuta di pubblicare le sue idee, e mentre fuma una sigaretta "Macedonia" accartoccia gli appunti (spesso scritti sul pacchetto stesso di sigarette) e li getta nel cestino suscitando scandalo nei colleghi. Per questo non riceverà mai credito per scoperte quali il neutrone di Werner Heisenberg, il Principio stesso di Indeterminazione, le forze nucleari, la violazione della parità del neutrino. Tutti concetti predetti da Majorana ma di cui esistono solo indizi. Il suo nome rimane nella fisica comunque ad esempio per *la sfera di Majorana* e *il Neutrino di Majorana*.



Il clima in via Panisperna e' caratterizzato da scherzi di cattivo gusto, scommesse, gare matematiche... non proprio quello che ci si aspetta dagli scienziati... ma non molto diverso dallo stereotipo di figure quasi leggendarie come appunto il fisico Richard Feynman.

Fermi riesce a produrre incredibili talenti in breve tempo: l'entusiasmo immenso che suscita presso i giovani scaturisce dall'esempio, mai con prediche o discorsi.

Il 7 Novembre 1926 si riunisce il comitato per l'assegnazione della cattedra di Fisica dell'Università di Roma: ne fanno parte anche Quirino Majorana (zio di Ettore), e il senatore Corbino. Enrico Fermi vince il primo posto.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

Nel 1932 Ettore ottiene la libera docenza e una generosa borsa di studio di 12.000 Lire firmata direttamente da Guglielmo Marconi, presidente del CNR e dell'Accademia d'Italia (uno stipendio di un ordinario era di 25.000 Lire).

Intanto in Germania il Partito Nazionalsocialista di Adolf Hitler ottiene la maggioranza e si instaura al potere.

Sempre nello stesso anno Ettore concepisce il cosiddetto "neutrino di Majorana". La sua teoria fin da subito deve vedersela con una versione rivale, elaborata dal fisico inglese Paul Dirac. Secondo lo scienziato italiano i neutrini - particelle tanto diffuse che 60 miliardi di esse ci attraversano ogni secondo senza produrre effetto alcuno - hanno una piccola massa. Dirac sostiene invece che il neutrino è una particella priva di massa.



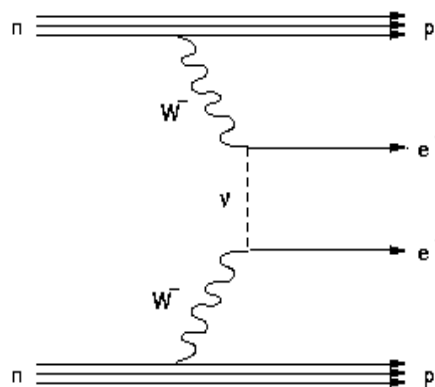
Oggi sappiamo che l'ipotesi di Dirac è sbagliata: i neutrini hanno una massa - anche se il suo valore è sconosciuto - e vari esperimenti lo hanno confermato. Ma nessuno ha ancora dimostrato che la teoria di Majorana sia giusta.

Un fermione di Majorana o particella di Majorana è una particella che è anche la sua propria antiparticella. Il neutrino può essere un



neutrino di Majorana perché non ha carica. Se l'avesse, la sua antiparticella avrebbe carica opposta. Si noti che nell'interpretazione di Feynman l'antiparticella è come se fosse una particella che andasse a ritroso nel tempo. Secondo Majorana il neutrino è in realtà la sovrapposizione di una particella che si muove avanti nel tempo con una che si muove *indietro* nel tempo.

Qualora il neutrino fosse un fermione di Majorana, sarebbe possibile osservare il doppio decadimento beta senza neutrini. Esperimenti alla ricerca di tale decadimento sono appunto in corso anche sotto al Gran Sasso.



Nel 1933 Majorana e Dirac discutono sul fatto che il neutrino è "strano" in quanto a chiarezza o violazione della parità. In pratica mentre ci aspetterebbe di avere sempre la parità di simmetria (è verosimile sia un oggetto che la sua immagine allo specchio), per il neutrino ciò non è più vero: è come se non avesse una immagine allo specchio o, se vogliamo, come se avesse "due mani sinistre" ovvero esiste soltanto il neutrino sinistrorso. Questo fa crollare un principio (di parità) che si credeva fondamentale e l'Universo risulta essere "leggermente mancino". Per questo Yang e Lee prenderanno il premio Nobel parecchio tempo dopo.





Il C.O.S.Mo. NEWS

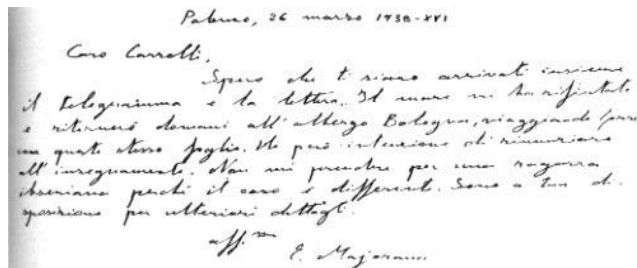
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

Nel '33 Ettore ha anche una caduta in stato depressivo dovuta anche al "caso del bambino morto". Si tratta di una vicenda in cui era stata coinvolta la sua famiglia nell'estate del 1924, Ettore era diciottenne, quando il figlio neonato di una ricca famiglia della zona, gli Amato, viene bruciato vivo nella culla. La bambinaia, con disturbi mentali aveva confessato, ma poi le indagini presero la via della famiglia Majorana, dove il movente poteva essere una vecchia questione di eredità da spartire fra i Majorana e gli Amato, che era finita in tribunale. Dopo anni di processi, ricorsi e bustarelle in perfetto stile italiano, Dante Majorana viene incarcerato per l'omicidio, assieme alla moglie Sara, sorella di Antonio Amato, il padre del bimbo. Ettore si assume la responsabilità di provare l'innocenza dello zio Dante, riuscendoci. Ma lo stress gli lascerà un segno indelebile e una perenne sfiducia nelle istituzioni... e forse nella razionalità stessa.

In questo stato, il 22 Maggio 1933, Ettore scrive a Emilio Segre', il Basilisco, ebreo, una lettera che passerebbe inosservata se non fosse per la frase "...la questione ebraica non esisterebbe se gli ebrei conoscessero l'arte di tenere la bocca chiusa", cosa che Segre' considererà un "torto assolutamente imperdonabile" (lo sappiamo perché lo stesso Segre' renderà pubblica la lettera nel 1988 poco prima di morire). In realtà l'antisemitismo di Ettore non è affatto dimostrato né conclamato, piuttosto si evidenzia ancora una volta il suo spirito di contraddizione dell'interlocutore.

Gli anni successivi vedono gli incredibili esperimenti del gruppo di fisici in Via Panisperna a Roma: il metodico bombardamento, con neutroni lenti (che costituisce l'idea rivoluzionaria), di ogni elemento della tavola di Mendeleev. Come moderatore per rallentare i neutroni viene usata all'inizio la vasca dei pesci rossi che si trova nel giardino dell'istituto (fra l'altro senza prima togliere gli ignari pesci). Arrivati all'Uranio, l'atomo col più alto numero atomico, 92, in natura (cioè non artificiale) ci si aspettava di produrre il 93 e il 94 (nomi proposti: **Esperio e Mussolinio o Ausonio** in onore dell'Italia...).

Il risultato è incerto, ma ciò che diventerà lampante solo anni dopo è che Fermi non si accorge che in realtà sta già attuando la fissione dell'Uranio, a Roma, nel 1935. In questo scenario Ettore Majorana, chiuso nel suo silenzio, ha parecchi elementi per capire la



possibilità della fissione nucleare e la sua portata, ma tace. Lascio all'immaginazione le possibili conseguenze della scoperta della Fissione Nucleare nella Roma Fascista nella seconda metà degli anni '30...

Alla fine si scoprirà poi che il *Mussolinio* esiste e si chiama **Plutonio**, e sarà proprio Emilio Segre' a dare un contributo fondamentale in tal senso (negli Stati Uniti anni dopo), mentre l'Esperio è il Nettunio.

Con le leggi razziali in Italia il gruppo, appunto, si "sfascia" (*mi è venuta così e la lascio...*): Pontecorvo e Segre' sono ebrei, Rasetti è ebreo "borderline" e Fermi ha la moglie ebrea.

"Il Papa" coglie l'occasione del Nobel per fuggire negli Stati Uniti e dare un contributo fondamentale alla costruzione della prima bomba atomica... non tornerà mai più in Italia, Pontecorvo fugge prima in Francia, poi in Inghilterra, Stati Uniti ed infine Unione Sovietica, Segre' e Amaldi negli Stati Uniti, Rasetti in Canada, ed Ettore viene nominato professore della Regia Università di Napoli.

Ettore ha solo 5 studenti, cosa abbastanza comune all'epoca per un corso di Fisica. Una di loro (4 su 5 sono donne) è la bella studentessa Gilda Senatore. Il 25 Marzo 1938 d'improvviso il professor Ettore Majorana la chiama dopo le lezioni: "Signorina, signorina Senatore!". Lei si gira e vede un po' sorpresa il noto taciturno professore sul ciglio della porta. Lei non si muove, e lui fa per andarsene ma lei lo rincorre: "Cosa c'è professore?". Ettore si ferma e la guarda intensamente. Gilda non sa spiegare perché ma era evidente che qualcosa non andava. **"Ecco, signorina, terrebbe per favore queste carte per me? Poi ne parleremo". Questa è l'ultima persona che Ettore Majorana ha voluto vedere. Prima di scomparire.**

Ettore Majorana parte da Napoli con un piroscalo della società Tirrenia alla volta di Palermo, ove si ferma un paio di giorni: il viaggio gli era stato consigliato dai suoi più stretti amici, i



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

quali lo avevano invitato a prendersi un periodo di riposo per rilassarsi. Il giorno stesso, prima di partire, aveva scritto a un amico: *"...ho preso una decisione che era ormai inevitabile. Non vi e' in essa un solo granello di egoismo, ma mi rendo conto delle noie che la mia improvvisa scomparsa potrà procurare a te e agli studenti. Anche per questo ti prego di perdonarmi, ma soprattutto per aver deluso tutta la fiducia, la sincera amicizia e la simpatia che mi hai dimostrato in questi mesi... Ti prego anche di ricordarmi a coloro che ho imparato a conoscere e ad apprezzare nel tuo Istituto...; dei quali tutti conserverò un caro ricordo almeno fino alle undici di questa sera, e possibilmente anche dopo."* Ai famigliari aveva invece scritto: *"Ho un solo desiderio: che non vi vestiate di nero. Se volete inchinarvi all'uso, portate pure, ma per non più di tre giorni, qualche segno di lutto. Dopo ricordatemi, se potete, nei vostri cuori e perdonatemi."*

Ettore non comparirà mai più'.

Iniziano le ricerche. Del caso si interessa, dietro pressioni dello stesso Fermi, direttamente Mussolini; verrà anche proposta una ricompensa (30.000 lire) per chi ne desse notizie, ma non si saprà mai più nulla di lui, almeno non in modo inequivocabile. Le indagini verranno condotte per circa tre mesi e si estenderanno ad un convento di Gesuiti che si trovava vicino a dove lui abitava, dove pare si fosse rivolto per chiedere una qualche sorta di aiuto, forse come reminiscenza del suo periodo scolastico presso i Gesuiti di Roma. La famiglia segue anche una pista che sembra portare al Convento di S.Pasquale di Portici, ma alle domande rivoltegli il padre guardiano risponde con un enigmatico: *"Perché volete sapere dov'e'? L'importante e' che egli sia felice"*.

Va infatti notato che nelle sue lettere egli non parla mai di suicidio, ma solo di scomparsa, ed era persona attenta alle parole. Inoltre aveva prelevato una considerevole somma di denaro (alcuni stipendi arretrati), l'equivalente di circa 10 mila euro attuali, oltre al suo passaporto. Anche questo fatto, unito alla razionalità della mente di Majorana, rende poco probabile l'ipotesi del suicidio. Amaldi scrive che egli aveva saputo trovare in modo mirabile una risposta ad alcuni quesiti della natura, ma che aveva cercato invano una giustificazione alla vita, alla sua vita, che era per lui di gran lunga più ricca di promesse di quanto non lo sia per la stragrande maggioranza degli uomini.

Per quanto riguarda il materiale lasciato a Gilda Senatore, lei dopo diverso tempo si convince a rivelarne l'esistenza al suo fidanzato, anch'egli un fisico, che ne pretende la consegna per passarlo a Carrelli, custode nominato dalla Questura. Dopodiché si perdono le tracce di questi documenti. Per sempre.

Dopo la guerra, il 14 Giugno 1956 Nel nuovo reattore nucleare di Savannah River, in South Carolina, su suggerimento e intermediazione di John Wheeler, gli scienziati Reines e Cowan misurano per la prima volta e in modo costante e ripetibile, una fonte di abbondanti neutrini: due all'ora! (L'idea originale dei due fisici invece vedeva un rivelatore in caduta libera in un pozzo in vuoto spinto, mentre sopra esplodeva una bomba atomica!).

Nel 1962 Leon Lederman, Mel Schwartz, Jack Steinberg scoprono il neutrino muonico, la seconda forma di neutrino (la terza sarà il neutrino tauonico). Queste tre forme vengono dette *sapori* in gergo.



Бруно Понтекорво

Ma il neutrino non finisce di sorprendere: nel 1967 Bruno Pontecorvo (v. foto, con firma in russo) propone una teoria folle: che per il neutrino la conoscenza del sapore sia



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

contrapposta a quella della massa. Ovvero che se scopriamo il sapore del neutrino, non ne possiamo misurare la massa. E viceversa.

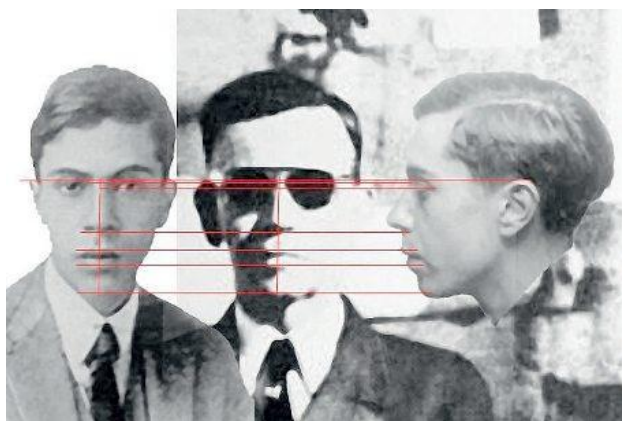


Questo in quanto il neutrino e' una sovrapposizione di diversi stati di massa che si muovono a velocità diverse. Quindi mentre si muove il neutrino ha delle oscillazioni di sapore. L'ipotesi folle di Pontecorvo si rivelerà correttissima all'analisi sperimentale.

Le storie sulla sorte di Majorana si moltiplicano.

E' dell'estate scorsa la notizia (che lessi sui due paginoni centrali de *La Repubblica* della domenica) che l'analisi, da parte dei servizi segreti italiani, di foto scattate subito dopo la guerra (v. sotto) in un battello nel porto di Buenos Aires, identificano Majorana a fianco di gerarchi nazisti.

Nel 1960 Carlos Rivera, fisico cileno dell'Università Cattolica di Santiago, e' seduto da solo all'Hotel Continental di Buenos Aires e scribacchia formule su un tovagliolo di carta. Un cameriere incuriosito gli dice: "Conosco un altro uomo con questa abitudine. E' un cliente che viene ogni tanto a mangiare o prendere un caffè. Si chiama Ettore Majorana. Era un fisico molto importante ed e' fuggito dall'Italia tanto tempo fa".



Ettore avrebbe 54 anni. Rivera non segue immediatamente la pista e quando cerca di farlo il cameriere non e' più rintracciabile. Questo non e' il primo e non sarà l'ultimo avvistamento di Majorana a Buenos Aires.

Nel '73 a Mazara del Vallo in Sicilia un noto barbone, chiamato Omu Cani (l'uomo cane) viene trovato morto per cause naturali. Era noto per fare radici cubiche a mente e c'e' chi sospetta che fosse Ettore Majorana. Del caso si occupa anche Paolo Borsellino concludendo con una risposta negativa.

Nel 1987 in Giappone viene registrato un impulso di neutrini proprio nel momento in cui viene rilevata l'esplosione di una supernova nella Grande Nube di Magellano, e l'anno dopo si scopre che il neutrino ha massa; viene utilizzato il Super-Kamiokande: un serbatoio di 50.000 ton d'acqua a 1,000 m di profondità.

Infine pochi giorni fa sotto al Gran Sasso vengono registrati neutrini piu' veloci della luce, che quindi violerebbero il principio di causalità in pratica andando indietro nel tempo...

Il nostro mondo ha fame di miti in cui specchiarsi e Majorana ne e' un perfetto esempio tanto più affascinante per il fatto che non sappiamo cosa gli sia successo. Forse, però, dovremmo accettare l'indeterminatezza della soluzione, come avrebbe detto Werner Heisenberg, grande amico, tedesco, di Ettore.

Bibliografia:

["La particella mancante – Vita e mistero di Ettore Majorana, Genio della Fisica" di Joao Magueijo](#)

http://www.mgbstudio.net/argomenti_vari_storia.htm



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

Il Farmilab chiude bottega (ma si rigenera)

Di Luigi Borghi.

Elaborazione dell'articolo di Caterina Visco, estratto da Galileo, Giornale della scienza, Pubblicato il 30 Settembre 2011

Batavia (Illinois), Usa

Il Wilson Hall, la sede amministrativa del [Fermi National Accelerator Laboratory](http://www.fnal.gov), noto più semplicemente Fermilab.



Tra poco in questo luogo si assisterà all'ultimo atto del passaggio di consegne dal laboratorio statunitense a quello europeo del Cern di Ginevra degli esperimenti sulla frontiera dell'alta energia.

Il [Tevatron](http://www.fnal.gov), il collider che per 28 anni ha registrato costanti successi, aumentando le prestazioni mese dopo mese, è stato spento il 30 settembre 2011.

Costa troppo alla **National Science Foundation** statunitense - 35 milioni di dollari all'anno - ed è ormai stato reso obsoleto dal **Large Hadron Collider** (Lhc) di Ginevra, in grado di raggiungere altissime energie.

L'addio ufficiale è avvenuto il 30 dei settembre (seguibile via streaming sul [sito del Fermilab](http://www.fnal.gov)).

Helen Edwards, tra i primi fisici a lavorare al Tevatron, ha interrotto il fascio di protoni che sfreccia nell'anello del collider e lo ha spento, poi lasciata la stanza di controllo degli acceleratori e si è unita ai colleghi e a tutto il personale del Fermilab per un grande party di commiato.

Più che dispiacersi della chiusura, si cerca di celebrare quello che è stato: una grande avventura. Lo confermano anche **Giorgio Chiarelli** "che era qui anche nel lontano 13 ottobre 1985, quando per la prima volta sono state registrate collisioni tra protoni e antiprotoni". **Giovanni Punzi**, attuale co-spokesman dell'esperimento [Cdf](http://www.cdf.fnal.gov) (Collider detector del Fermilab: uno degli apparati che registra le collisioni e ne studia i prodotti), ricordando i grandi momenti del passato, dalla scoperta del quark top a quella del neutrino Tau: "Non è stato mai noioso, c'era sempre qualcosa di nuovo da fare, da provare e da scoprire", sottolineano.

Ad allontanare la tristezza poi ci sono anche i nuovi piani per il futuro e i nuovi progetti che si stanno affacciando all'orizzonte. "Il 30 settembre 2011 segna un momento fondamentale nella storia del Fermilab. Il Tevatron è stato spento dopo 28 anni di esperimenti alla

frontiera della fisica del particelle", spiega **Pier Maria Oddone**: "Ora è tempo di assumere la leadership in un'altra frontiera, quella dell'intensità, che si dedica allo studio delle particelle elusive e delle interazioni rare".

Il futuro dei laboratori di Batavia, insomma, è nel neutrino.

Sono infatti in corso o in via di realizzazione ben quattro esperimenti su queste particelle - [MINOS](http://www.fnal.gov) (molto simile sotto diversi aspetti all'esperimento Opera, quello che ha portato i neutrini sulle pagine di tutti i giornali nei giorni scorsi), [MINERvA](http://www.fnal.gov) (interazioni deboli tra neutrini), [MiniBooNE](http://www.fnal.gov) (caccia alle masse dei neutrini), [NOvA](http://www.fnal.gov) (che partirà non prima di qualche anno) - e due nuovi studi sulla fisica dei muoni: [muon g-2](http://www.fnal.gov) e [Muon-to-Electron Conversion](http://www.fnal.gov), o **Mu2e** (al quale collaborano anche ricercatori italiani come Giovanni Piacentino e Giovanni Onorato).

Tanta carne al fuoco dunque e la strada sembra ormai definita. Allora, mi chiedo, da dove arriva tutta questa preoccupazione che si avverte



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

nell'aria e nelle facce dei ricercatori? È semplice: anche se inizialmente il Fermilab potrà fare affidamento sull'attuale complesso di infrastrutture (che includono il main injector, l'acceleratore già usato per il Tevatron, **la fonte di protoni più intensa attualmente esistente al mondo**) già alla fine di questa decade, le presenti infrastrutture **non basteranno più** ne serviranno di nuove, il che significa ancora bisogno di ingenti finanziamenti.

Alcuni sono già stati almeno parzialmente approvati e sono in via di realizzazione. Il più importante è sicuramente il [Long baseline neutrino experiment](#) (Lbne). *“È il più ambizioso, approfondito e complesso esperimento al mondo sulla natura dei neutrini, nel quale saranno prodotti e lanciati fasci di neutrini e muoni ad alte intensità per studiarne, proprietà interazioni e trasformazioni. Questo esperimento prenderà in considerazione anche i neutrini osservati nelle supernovae e il decadimento dei protoni, cercando di svelare alcuni dei misteri ancora insoluti nella fisica delle particelle”,* illustra Oddone.

Inoltre, nei piani del Fermilab c'è anche l'intenzione di usare il Lbne come battistrada per lo sviluppo di un grande laboratorio sotterraneo nell'ex miniera d'oro di **Homestake** in Sud Dakota: il [Deep underground science and engineering laboratory](#).

Secondo il direttore del Fermilab realizzare una struttura di questo genere all'interno degli Stati Uniti, soprattutto in una posizione così strategica (la distanza dal Fermilab, la profondità e il tipo di roccia sono perfetti e inoltre permetterebbe di posizionare dei detector in profondità e quindi lo studio, sempre nell'ambito del Lbne anche del decadimento dei protoni) permetterebbe di dare vita a un programma di esperimenti all'avanguardia. “Altri paesi stanno lavorando su progetti simili e se ci lasceremo sfuggire quest'occasione è ci faremo sorpassare in questo campo, sarà una grande perdita”, avverte Oddone.

Il problema è che il progetto costa circa **1,2 miliardi di dollari** - solo per partire - e a **Washington** non tutti sono disposti a investire in questo campo una simile somma.

Altra infrastruttura fondamentale per i futuri esperimenti del Fermilab è un nuovo

acceleratore di protoni ad alta intensità: il cosiddetto [Project X](#).

Il costo previsto è di **2 miliardi di dollari** teoricamente messi a disposizione dal Department of Energy (Doe) - ma ancora non è certo - e la costruzione dovrebbe cominciare nel **2016**. Si tratta di un nuovo acceleratore di protoni, in grado di produrre un fascio continuo ideale per gli esperimenti del Lbne. “Il Project X è stato disegnato anche per essere complementare agli esperimenti che saranno portati avanti in Europa all'Lhc – spiega Oddone – nuovi fenomeni saranno osservati al Cern e il nostro nuovo programma ne aiuterà la comprensione”.

Fonte wired.it



SRF cavities: la tecnologia per accelerare ad alta intensità fasci di particelle.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

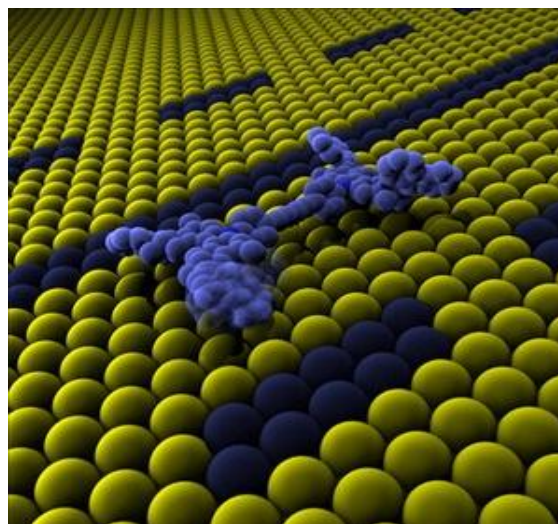
La macchina elettrica più piccola del mondo

Proposto da Luigi Borghi.

di [Laura Berardi](#) / *Publicato su Galileo*

il 10 Novembre 2011

Qualcuno è abituato a progettare vacanze in cui bisogna solo saltare in macchina e partire, ma il viaggio *on the road* potrebbe non essere più solo una prerogativa dei più avventurosi. L'idea delle quattro ruote sembra infatti essere utile anche nel mondo microscopico, capace forse di risolvere una delle sfide più interessanti che riguardano le **nanotecnologie**: lo spostamento controllato di una singola **molecola** su una superficie metallica. Ricercatori olandesi dell'[Università di Groningen](#) spiegano infatti, in uno studio pubblicato su [Nature](#), come costruire una molecola a quattro ruote. Ovvero dotata di un quartetto di **nanomotori** capaci di entrare in funzione se stimolati elettricamente, che le permettono di muoversi nella direzione scelta dagli scienziati. Fino ad oggi, infatti, i ricercatori avevano avuto difficoltà proprio a stimolare in maniera controllata il movimento delle **nanoparticelle**, ovvero a farle spostare autonomamente tramite stimoli elettrici lungo la via scelta. Il moto poteva avvenire in due modi: le molecole potevano essere mosse come elementi passivi, tramite l'uso di particolari strumenti chiamati microscopi ad effetto tunnel (Stm); oppure potevano essere lavorate in modo che si distribuissero lungo una direzione determinata, ma con uguale probabilità di muoversi in avanti o indietro lungo la guida. La domanda che si sono posti i ricercatori olandesi è banale: come si fa ad attivare il moto delle particelle e farle poi andare dove vogliamo? Sarebbe la forma delle stesse molecole a quattro ruote a definire il modo in cui rispondono agli stimoli e dunque controllarne il moto. Le ultime creature della nanotecnologia hanno infatti una particolare geometria (detta **chirale**, ovvero non simmetrica nelle tre dimensioni) formata da quattro unità separate, i piccoli motori chiamati appunto rotary motors, collegate da un asse centrale. È proprio questa sagoma che definisce il modo in cui le particelle interagiscono sulle superfici su cui vengono posate, quando vengono

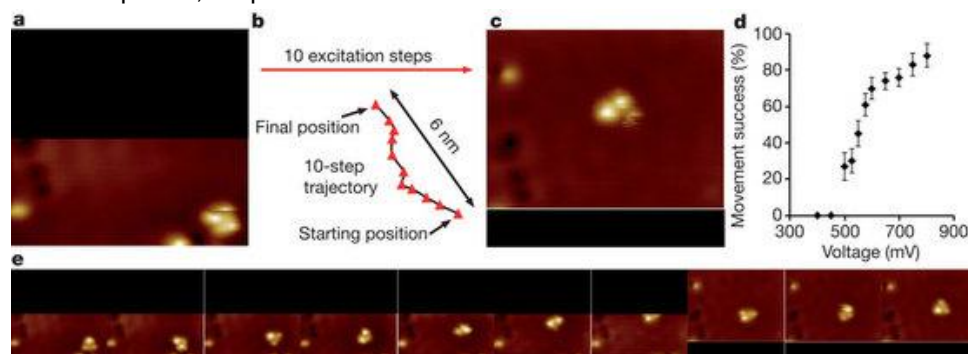


stimolate dagli elettroni. La particolarità che ne rende controllabile il moto è che la forma può essere modificata tramite eccitazione elettrica o vibrazionale. Modificarne la geometria permette dunque di scegliere in che direzione rotoleranno una volta messe in moto.

"Forse con questa tecnica si potranno sviluppare dei sistemi **molecolari meccanici**, che ci permettano di spostare le **nanoparticelle** in maniera controllata su alcune superfici", hanno spiegato gli autori dello studio, che hanno già testato con successo questa possibilità su una superficie di rame. Le possibili applicazioni? Il controllo di reazioni chimiche, sensori molecolari con sensibilità alla singola particella, **computer molecolari** o anche metodi terapeutici che hanno come bersaglio alcune specifiche particelle.

Riferimento: [Nature doi:10.1038/nature10587](#)

Credit: Randy Wind/Martin Roelfs





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

Un uso molto strano del GPS

Di Leonardo Avella

L'articolo di questo numero tratterà un tema non dal punto di vista strettamente scientifico, ma piuttosto da quello ludico-sportivo.

Parlerò del GPS.

Proprio così, del GPS...

Non ho la pretesa di coprire tutto l'argomento anche perché è veramente troppo vasto, comunque da qualche parte bisogna iniziare ed ho deciso di cominciare con un po' di storia.

Il GPS, tutti i lettori di questa rivista lo sanno, è un sistema per permettere a chi sta a terra, indipendentemente dalle condizioni meteo, di sapere la propria posizione e l'ora corrente con ottima precisione. E' operativo dal 1994 ed è basato su 31 satelliti in orbita intorno alla terra che mandano un segnale intorno a 1,5 Ghz.

Il GPS è nato come sistema militare poi si è espanso ampiamente nelle applicazioni civili.

Ma quali applicazioni l'uomo si è inventato in questi anni? Più di quante possiate immaginare, probabilmente.

Se il navigatore satellitare è la prima applicazione che ci viene in mente e forse la più diffusa, probabilmente molte meno persone sanno che il GPS può essere usato ad esempio come sistema di antifurto per le automobili. Grazie ad un ricevitore GPS posizionato all'interno del veicolo e integrato con una sim GSM, è possibile ricevere via SMS le coordinate del dispositivo e quindi dell'automobile rubata. Non solo: i dispositivi più evoluti permettono di inviare dei comandi (Es: spegni il motore, fai suonare l'allarme) direttamente al veicolo!

Altre applicazioni interessanti dipendono dalla possibilità di configurare dei recinti geografici virtuali (geo-fencing) su base oraria (ES: dalle 22.00 alle 7.00 l'auto deve essere parcheggiata vicino casa); se l'apparecchio esce dal recinto si scatena un evento configurabile a piacere (sms, allarme alla polizia, etc).

Le stesse applicazioni adesso descritte per l'automobile valgono anche per il proprio cane o... per il proprio figlio! Esistono in commercio ricevitori GPS piccoli e leggeri adatti ad essere attaccati al collare del proprio animale domestico, o ad essere inseriti nella cintura del proprio figlio.

Adirittura il dispositivo ti può avvisare se tuo figlio neo patentato sta superando una certa velocità in automobile!

Il problema più grande sta nel convincerlo ad usare sempre quella stramaledetta cintura...

Immaginate di essere in vacanza e di non voler sapere solo i ristoranti, ma anche gli eventi culturali/mondani in quel momento più vicini a voi. Ebbene, grazie al GPS anche questo è realtà, basta guardare ad esempio i prodotti della UBIEst.

Spulciando un po' in rete ho persino trovato una famiglia di prodotti per chi gioca a golf!

Questi "amici" degli appassionati di golf misurano le distanze dalla buca, gli ostacoli, ti fanno vedere una mappa del campo da golf e tengono memorizzato il punteggio.

Un vero must per gli appassionati!!

Gli usi creativi di questa tecnologia (nata per scopi militari) sono innumerevoli, uno dei più interessanti che ho trovato è un concorso dove alla fine si vince una Mini.

http://www.youtube.com/watch?v=WMMWu1h_60fE

<http://www.minigetawaystockholm.com/>

Funziona così: all'inizio del concorso si installa e si esegue la **app** sul proprio **smartphone** (che deve avere il GPS; tipicamente è un **iphone**). Compare una mappa dove si vede:

- chi in quel momento ha virtualmente la Mini
- dove sono gli altri concorrenti

La mappa si aggiorna in tempo reale. Naturalmente l'obiettivo è cercare di raggiungere il possessore virtuale della mini prima degli altri. Quando si è entro un raggio di 50 metri da lui si può rubare la mini virtuale e diventare così possessori (virtuali) dell'auto. Appena si è diventati possessori bisogna scappare!!! Dopo esattamente una settimana dall'inizio il gioco finisce e **chi è il possessore virtuale in quel preciso istante vince l'automobile vera.**

Se vogliamo andare sul socialmente utile non manca l'**app** che permette a qualunque cittadino di segnalare in tempo reale alla propria amministrazione zone di degrado urbano. La fotocamera ed il GPS che ne memorizza automaticamente la posizione fanno il resto. Siamo ancora in una fase embrionale del progetto; speriamo che si diffonda in fretta.

<http://www.scienzainrete.it/contenuto/articolo/app-gestione-partecipata-del-decoro-urbano>

Ma dove mai mi sarei aspettato di trovare il GPS è in uno dei miei sport preferiti: il go-kart. Ed è proprio questo uso "strano" che dà il titolo a



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

questo articolo. Fino ad oggi per memorizzare i tempi sul giro bisognava portarsi una torretta da posizionare a bordo pista e un transponder da installare sul volante del go-kart. La torretta manda continuamente un impulso in una frequenza nell'infrarosso, mentre il transponder registra il momento in cui si passa davanti alla torretta ed indica immediatamente al pilota il tempo sul giro.

Questo sistema, pur preciso, ha alcuni limiti:

- necessita che siano presenti le torrette sul circuito
- non dà nessuna indicazione sulle traiettorie fatte
- non dà nessuna indicazione sulle velocità tenute durante il giro di pista

Da qualche tempo hanno cominciato ad essere in commercio cronometri basati solamente sul GPS, che sulla carta funzionano altrettanto bene ed in più risolvono i problemi elencati sopra.

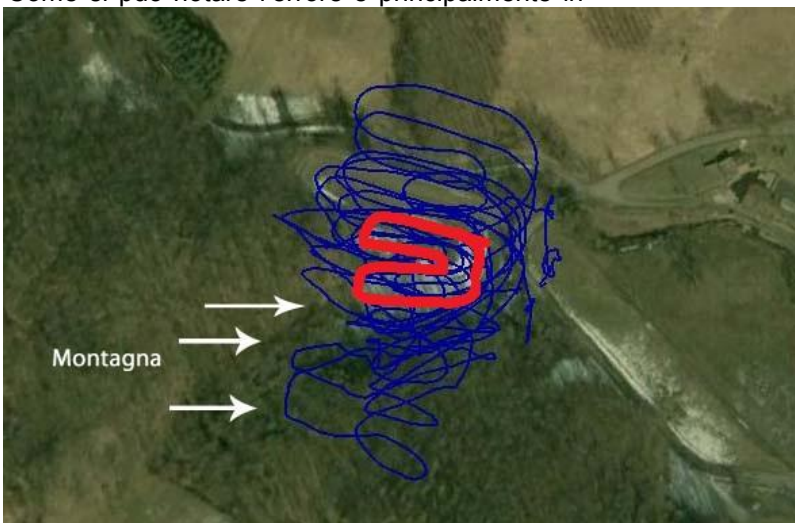
Le mie perplessità inizialmente erano molte, riguardo soprattutto a:

- Precisione della posizione tracciata sul circuito
- Freq.za di aggiornamento della posizione

Devo dire che non ho ancora dati definitivi; sto sperimentando una soluzione basata su un software gratuito che probabilmente mi darà soddisfazioni in futuro.

Al momento, nell'unico test effettuato in un circuito in collina, la precisione del GPS non era accettabile. Nella figura sotto si può vedere in rosso il circuito ed in blu la traiettoria memorizzata dal GPS.

Come si può notare l'errore è principalmente in



direzione nord-sud, proprio dove la montagna impedisce al sistema di vedere alcuni satelliti.

Detto questo comunque la sperimentazione continua e sono fiducioso di poter risolvere i problemi.

Ci sono in rete infatti dei resoconti su test fatti con lo stesso ricevitore GPS che mi fanno ben sperare:

http://www.racechrono.com/forum/comments.php?DiscussionID=586&page=1#Item_0

A questo link è possibile vedere il circuito su cui abbiamo svolto i primi test:

http://www.youtube.com/watch?v=x_MUuHVjGLA

Per chi volesse seguire le mie orme ed "autocostruirsi" il suo cronometro GPS, ecco gli elementi necessari:

- Un dispositivo con bluetooth basato su Sistema Operativo Symbian, Windows Mobile o pocket PC.
- Il software free "Racechrono"
- Un ricevitore GPS "da competizione"
- Tanta pazienza per mettere a punto il tutto.

Personalmente sto conducendo i miei test con i seguenti apparecchi:

- Noka E65
- Qstarz BT-Q818XT

Il GPS Qstarz scelto è nato proprio per questo utilizzo e si differenzia dagli altri ricevitori (normalmente usati solo per la navigazione satellitare) per le seguenti caratteristiche:

- Supporto ad una frequenza di 10 Hz. (normalmente i GPS bluetooth aggiornano la propria posizione solo una volta al secondo).
- Supporto a sistemi Differential GPS (WAAS+EGNOS+MSAS) che aumentano la precisione di rilevamento della posizione. Tale funzione è attivabile solo a frequenze di 1 o 5 Hz (normalmente i ricevitori GPS non hanno bisogno di enormi precisioni di posizione, quindi usano solo il segnale "standard").

Il grande vantaggio di questo sistema sta sicuramente nei costi:



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

sistemi professionali "chiavi in mano" in grado di analizzare le traiettorie costano intorno ai 350 euro. I marchi professionali che vanno per la maggiore sono:

GPT (www.gpt.it)

I2M (www.i2m.it)

Il sistema da me confezionato costa intorno ai 100 euro (circa 75 euro per il ricevitore GPS e 25 euro per il cellulare bluetooth). La precisione del sistema credo che sia assolutamente analoga a quella dei sistemi professionali.

Per giocare a golf:

<http://www.iphoneness.com/iphone-apps/10-cool-golf-gps-apps-for-iphone/>

<http://www.gpscrunch.com/best-gps-golf-systems-for-golf-addicts/>

<http://www.youtube.com/watch?v=5JZLWMHrenY>

Il sito Racechrono

<http://www.racechrono.com/>



Run	Time	Diff.	Speed
1	7.9	+0.9	*
2	7.3	+0.3	*
3	7.6	+0.6	*
4	7.0	+0.0	*
5	*	*	*

Options Back



Il software Racechrono è veramente ben fatto e nasce da un gruppo di appassionati finlandesi che lo hanno sviluppato durante il loro tempo libero.

Una caratteristica interessante è la possibilità di memorizzare un circuito e spedirlo a loro affinché lo aggiungano alla loro libreria.

Alcuni link per chi vuole approfondire:

Dal sito Ubiest

http://www.ubiest.com/lang_id_1/page_id_/ctg_c_at_id_170-/prodotto.htm

http://www.ubiest.com/lang_id_1/page_id_/ctg_c_at_id_170-199/prodotto.htm



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

Curiosity è in volo verso Marte

Di Luigi Borghi

Marte è un obiettivo difficile!

Lo sanno bene sia i russi che gli americani. Giorno dopo giorno la missione russa di **Phobos-Grunt**, studiata per atterrare sul satellite di Marte Phobos, prelevare campioni e riportarli sulla Terra, diventa sempre più irrecuperabile. Il futuro delle missioni su Marte è ora legato al **rover Curiosity** a bordo della missione NASA **Mars science laboratory (MSL)** che finalmente è partito da Cape Canaveral.

Ma torniamo un attimo sulla sonda russa che dopo una partenza da manuale, qualche cosa è andato storto in orbita terrestre, tale per cui è ancora lì, piena di carburante, ma incapace di partire per il grande balzo verso Marte. Nell'ultimo aggiornamento, ESA (che era riuscita ad agganciare la comunicazione con la sonda robotica russa) ha fornito maggiori dettagli sul collegamento. Fin dai primi giorni dopo l'immissione in orbita, la Russia ha chiesto aiuto all'ESA e alla NASA (con la rete DSN) per

tentare di contattare la Phobos-Grunt, ma la mancanza dei dati della posizione esatta del veicolo spaziale aveva creato grossi problemi. Negli ultimi giorni l'antenna da 15 metri dell'ESA a Perth è stata modificata con l'aggiunta di un'antenna a basso guadagno, ed a grande angolo di emissione, permettendo di poter così inviare segnali più deboli e meno direttivi di quelli dell'antenna principale e che potessero essere così captati dalla sonda. Infatti questo canale di comunicazione su Phobos-Grunt era stato pensato solo per essere utilizzato a grande distanza dalla Terra e non in orbita bassa dove si trova adesso la sonda. Anche il breve tempo di transito nella visuale dell'antenna, da sei a dieci minuti a sorvolo, non facilita le comunicazioni. Le squadre dell'ESA stanno lavorando a stretto contatto con i controllori Russi per determinare il metodo migliore per mantenere le comunicazioni con la loro sonda. Più si va avanti e peggio è. Se continua così, la sonda cadrà a terra entro pochi mesi, con tutto il suo carico di idrazina.

Ma ora torniamo al tema di questo articolo: il nuovo robot della NASA che è in viaggio per Marte.

(foto a sinistra, credit NASA: il lancio.)



Partiamo dal lancio.

Il decollo è avvenuto in perfetto orario alle 10:02 a.m. EST (le 16:02 ora italiana) dal Complesso Spaziale di Lancio n.41 dell'Air Force Station di Cape Canaveral in Florida. Il primo stadio del motore centrale del razzo ed i quattro razzi-serbatoi (boosters) a propellente solido si accendono prima del decollo. Il lancio, detto "tempo zero", attualmente avviene prima che il razzo si alzi dal suolo. Questi quattro serbatoi si sganciano circa 3 minuti e 52 secondi dopo il lancio stesso e cadono nell'Atlantico.

Distacco del modulo.

Il portellone della stiva, detto "cono", che racchiude il Mars Science Laboratory, si apre pochi minuti dopo lo spegnimento dei boosters. Successivamente il primo stadio del razzo si stacca e ricade anch'esso nell'oceano Atlantico.

Orbita di stazionamento.

Il secondo stadio del razzo, un motore modello Centauro, è avviato 4 minuti e 38 secondi dopo il lancio. La sua accensione si completa dopo circa 7 minuti quando il razzo sarà parcheggiato in orbita ad un'altitudine dalla Terra tra 164 e 323 chilometri. Rimane lì per circa 20 minuti, a



IL C.O.S.MO. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

seconda dell'ora di lancio, in attesa del punto giusto dell'orbita per accelerare verso l'incontro con l'orbita di Marte.

Nella foto credit NASA, il rover assemblato all'interno del MSL



Partenza verso Marte.

La seconda accensione del motore Centauro, prosegue per i successivi 8 minuti portando la sonda fuori dall'orbita terrestre ed immettendola in rotta verso il pianeta rosso.

Distacco della sonda.

Il Mars Science Laboratory si separa dal razzo 44 minuti dopo il lancio. Subito dopo il Centauro compirà l'ultima manovra per evitare che esso stesso interferisca con il viaggio della sonda o si schianti su suolo marziano.

Spedizione di un messaggio di buona efficienza.

Fonti ufficiali della NASA hanno confermato che i segnali dal veicolo spaziale Mars Science Laboratory (MSL), che ospita anche il rover Curiosity, sono stati ricevuti dalla stazione radio di Camberra, Australia, che fa parte del **Deep Space Network (DSN) della NASA (lo stesso che sta cercando di mettersi in contatto con la Phobos-Grunt)**. La telemetria ricevuta conferma che il veicolo spaziale è stabile ed in ottime condizioni.

Gli ingegneri hanno ricevuto il primo segnale radio dalla sonda circa 55 minuti dopo il lancio ed hanno verificato lo stato di salute per i successivi 30 minuti. **La sonda arriverà al pianeta rosso il 6 agosto 2012.**

Ora andiamo ad esaminare cosa succederà al suo arrivo a destinazione fra nove mesi.

Ingresso guidato nell'atmosfera di Marte.

Il rover è contenuto all'interno di un involucro detto aeroshell che lo protegge durante il viaggio nello spazio e durante il rientro atmosferico. Il rientro viene effettuato attraverso uno scudo termico di tipo ablativo composto da un materiale chiamato *Phenolic Impregnated Carbon Ablator*. Lo scudo termico, che ha un diametro di 4,5 m, il più grande mai impiegato fino a questo momento, rallenterà la velocità del veicolo spaziale da quella di transito interplanetario pari a 5,3 — 6 km/s (19.000 — 21.600 km/h) fino a circa Mach 2 (2.450 km/h) tramite l'ablazione dello scudo nell'atmosfera marziana. Una volta ridotta la velocità sarà possibile aprire i paracadute.

L'algoritmo che sarà impiegato nel computer di bordo durante il rientro è simile a quello utilizzato nella fase finale di atterraggio sulla Terra **nell'ambito del Programma Apollo** e permette una riduzione dell'errore tra il punto di atterraggio effettivo e quello previsto. **Tale algoritmo utilizza la propulsione dell'involucro esterno per correggere gli errori rilevati nella fase di rientro.** La propulsione è controllata da quattro coppie di propulsori di tipo *Reaction Control System* che producono circa 500 N (51 Kg) di spinta a coppia. La modifica del vettore di spinta permette alla sonda di virare verso la zona di atterraggio.

Il dispiegamento del paracadute avviene a circa 10 km di altezza, ad una velocità di circa 470 m/s (1700 km/h).

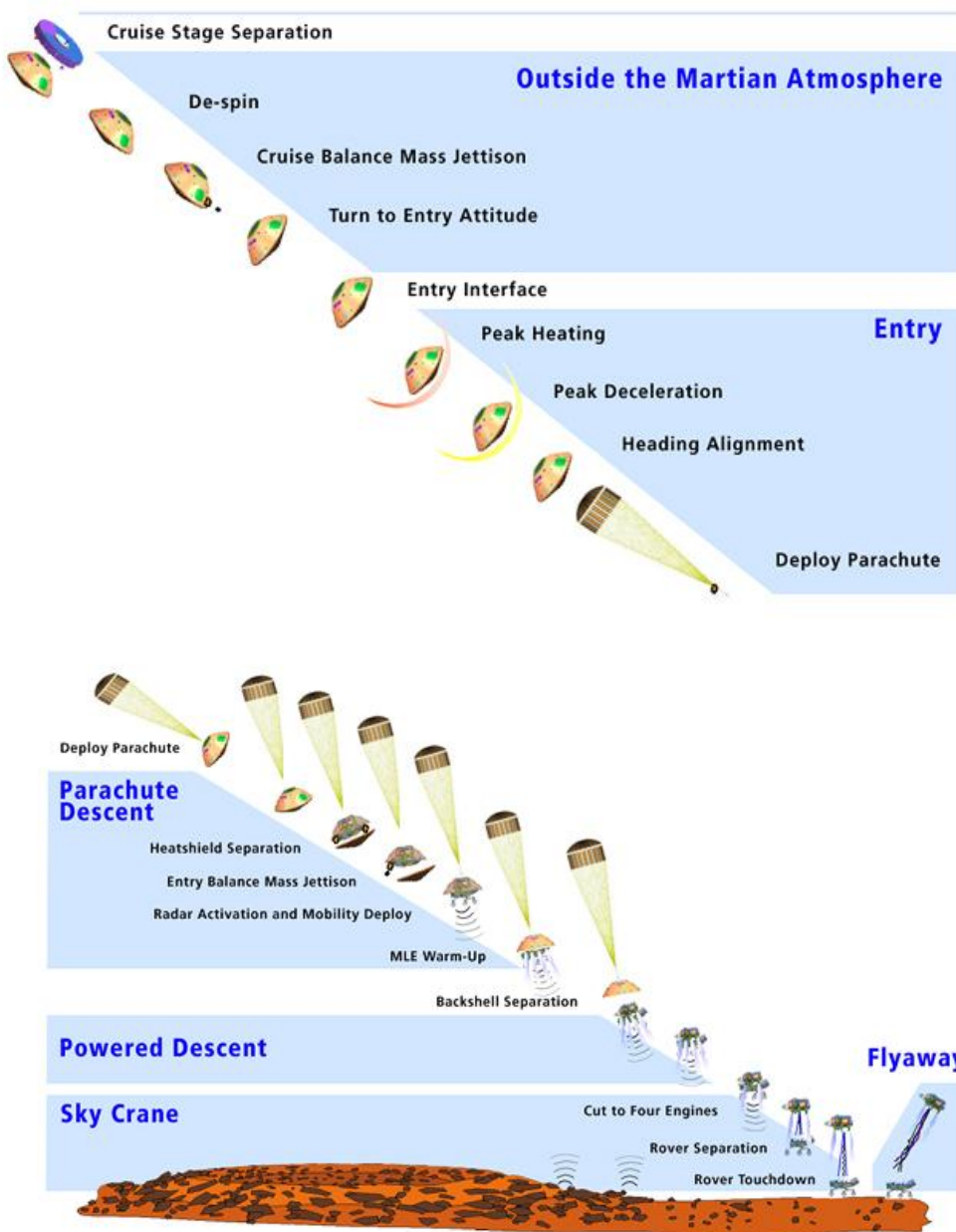
Discesa con il paracadute.

Prima di aprirsi lo scudo termico si separa. Successivamente viene dispiegato un paracadute adatto a velocità supersoniche, **analogamente a quelli impiegati per il programma Viking, e per i rover Pathfinder, Spirit e Opportunity.**

Il paracadute è stato testato a marzo ed aprile 2009 nelle gallerie del vento del centro di ricerca Ames Research Center, della NASA, superando le verifiche di volo. **Il paracadute possiede 80**

cavi di sospensione, ha un diametro di 16 metri ed ha una lunghezza di oltre 50 metri, rendendolo in grado di esercitare a Mach 2,2 una forza di 289 kN (più di 29 tonnellate) nell'atmosfera marziana. Sulla parte inferiore del rover una telecamera acquisirà immagini del terreno ad una velocità di 5 frame/secondo quando la sonda si troverà a 3,7 km di altezza.

Nelle figure in basso le fasi di scesa



Discesa con razzi.

Dopo il rallentamento esercitato dal paracadute, la sonda si troverà ad un'altezza di 1,8 km e ad una velocità di 100 m/s (360 Km/h). La successiva fase di discesa prevede il distacco del rover e dello stadio di discesa dall'involucro. Lo stadio di discesa è una piattaforma situata sopra al rover che possiede dei razzi a spinta variabile mono-propellente. **Gli 8 razzi presenti producono circa 3,1 kN di spinta (316 Kg ciascuno)** e sono stati progettati a partire da quelli impiegati dalle sonde Viking. Dopodiché il rover passerà nella configurazione di atterraggio.

Sky Crane.

Il cosiddetto sistema *Sky Crane* è ideato per far compiere un "atterraggio morbido" del rover sulla superficie. **Esso è costituito da tre briglie che abbassano il rover e un cavo che conduce i segnali elettrici tra il modulo di discesa e il rover.** Posizionato a circa 7,5 metri sotto il modulo di discesa, il sistema "Sky Crane" rallenterà il rover fino al contatto di quest'ultimo con il terreno.

Successivamente la conferma dell'atterraggio vengono staccati tutti i cavi attraverso cariche

pirotecniche e lo stadio di discesa **attiva i razzi**



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

per spostarsi e schiantarsi in sicurezza ad una certa distanza. Il rover sarà, a questo punto, pronto per esplorare la superficie ed iniziare la sua missione.

Disegno credit NASA la fase di discesa con la gru.



Abbiamo visto in anni di missioni su Marte, un continuo aumento delle dimensioni e delle capacità dei robot esploratori. Siamo partiti dal piccolissimo **Sojourner** della missione NASA **Mars Pathfinder** del 1996, attraverso poi **Spirit** ed **Opportunity** (ancora vivo e chiacchierone), fino a questa specie di SUV marziano.

Il rover Curiosity, **pesa circa 900 kg, di cui 65 kg in strumenti scientifici** (in paragone i rover Spirit e Opportunity pesano 185 kg, di cui 5 kg in strumenti). **Curiosity è in grado di aggirare gli ostacoli alti oltre 75 cm e si muove con una velocità massima di 90 metri all'ora in navigazione automatica**, tuttavia si prevede che ragionevolmente la velocità media sia di circa **30 metri all'ora**, a seconda dei livelli di potenza disponibili, l'eventuale terreno sdruciolevole, e la visibilità. Una volta sulla superficie, potrà aggirare degli ostacoli.

Durante i due anni di missione, **il rover viaggerà almeno per 6 km.**

Energia di bordo.

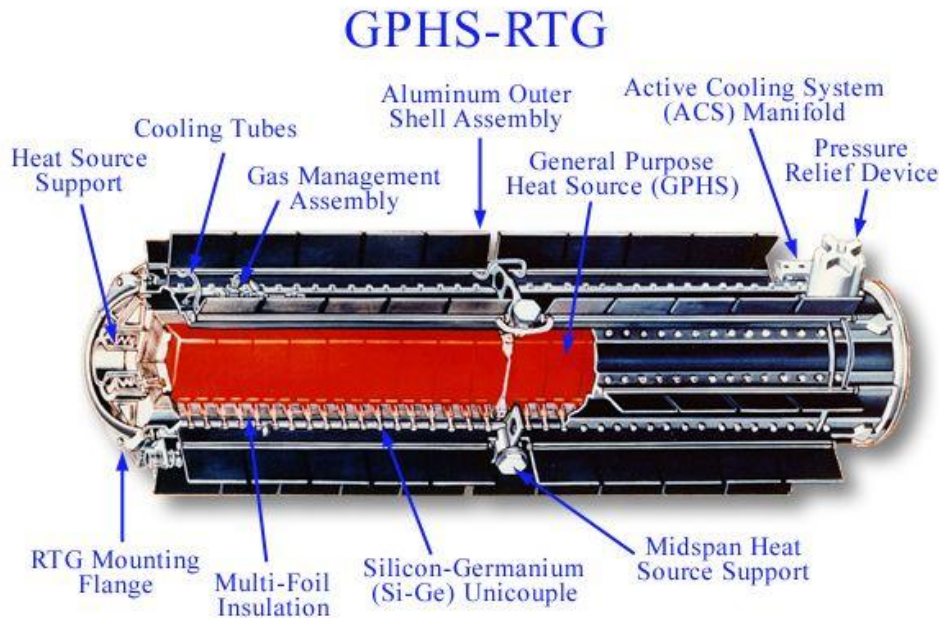
Curiosity è alimentato da un **generatore termoelettrico a radioisotopi (RTGs)**, come usato dai Viking e dalla sonda Cassini. Sono dei generatori che producono elettricità e calore dalla decadenza naturale del plutonio-238, che è un isotopo non-fissile di plutonio, usato spesso come fonte di alimentazione per l'astronave della NASA che hanno destinazioni lontane da Sole. Il calore emanato dalla decadenza naturale di questo isotopo è convertito nell'elettricità, fornendo una potenza costante durante tutte le stagioni sia di giorno che di notte, ed il calore in esubero è usato attraverso un sistema di scambiatori e di tubi per scaldare la strumentazione di bordo. Questi RTG chiamati **"Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator"** o MMRTG sono recentissimi e sono stati costruiti da Boeing. Basato sulla classica tecnologia di RTG, rappresenta un passo di sviluppo più flessibile e compatto, ed è disegnato per produrre 125 W di potenza elettrica e circa 2 KW di potenza termica all'inizio della missione.

I prodotti di MMRTG hanno una perdita di rendimento nel tempo che va di pari passo con la diminuzione del decadimento del suo carburante, il plutonio. La sua vita minima è 14 anni ed a fine vita la potenza sarà ridotta a 100 watt. **Il MSL genererà 2,5 Kwh di energia elettrica al giorno.**

Riscaldamento interno.

Le temperature nelle potenziali aree dove opererà Curiosity, potrebbero variare da +30 a -127°C. Quindi, il **Heat rejection system (HRS)** usa un liquido pompato attraverso 60 m di tubatura nel corpo di MSL in modo che i componenti sensibili siano tenuti alle temperature ottimali. Altri metodi di riscaldamento dei componenti interni includono il calore irradiato e generato dai singoli componenti, come pure calore eccessivo dall'unità di MMRTG. L'HRS, se necessario, ha anche la capacità per raffreddare eventuali componenti surriscaldati.

Il generatore elettrico e di calore RTG



Computer.

I due computer di bordo del rover sono identici, chiamati "Rover Compute Element" (RCE), contengono una memoria **radiation hardened**, cioè adatta a tollerare le elevate radiazioni estreme dello spazio e di tipo ritentivo, cioè in grado di mantenere i dati anche a seguito di perdita di alimentazione. Ogni memoria del computer include 256 kB di EEPROM, 256 MB di RAM, e 2 GB di Flash memory.

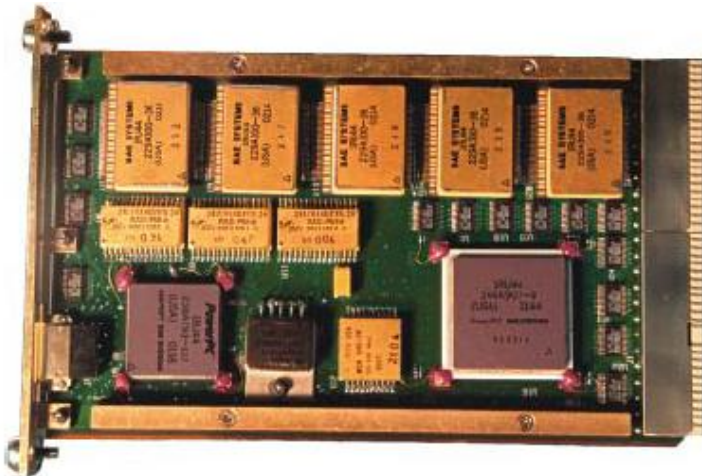
Il processore del computer è un RAD750 RISC Single Chip prodotto da IBM per ambienti

soggetti ad alti livelli di radiazione. È basato su un core PowerPC 750 (di Motorola/Freescale), con lo stesso set di istruzioni.

Come il predecessore RAD6000, il RAD750 è prodotto dalla BAE Systems. Il processore è progettato per resistere ad alti livelli di radiazioni ionizzate e quindi viene utilizzato da satelliti artificiali e sonde. Il RAD750 è stato introdotto in commercio nel 2001, mentre i primi lanci nello spazio si sono registrati a partire dal 2005. La sonda Mars Reconnaissance Orbiter utilizza un RAD750 come sistema di bordo.

La CPU è formata da 10,4 milioni di transistor CMOS, quasi dieci volte i transistor del predecessore. La produzione utilizza una tecnologia da 250 nanometri e il die occupa 130 mm². Il clock del processore è di 133 o 166 MHz e **il processore può arrivare fino a 400 MIPS**, inoltre è dotato di un'ampia cache di secondo livello.

La CPU può sopportare fino a 200.000 Rad e lavora in un range di temperature comprese tra -55 °C e 125 °C. La scheda standard RAD750 (CPU e scheda madre) supporta fino a 100.000 Rad con temperature tra i -55 °C e +70 °C e richiede 10 Watt di potenza.



Il package standard del RAD750 è perfettamente compatibile con quello del PowerPC 750 ma un **modulo RAD750 può costare più di 200.000 Dollari USA**. L'elevato costo deriva dalla protezione antiradiazione che richiede una revisione dell'architettura, del processo di produzione e un esteso controllo qualità su ogni singolo componente.

Il processore è stato utilizzato da 77 sonde e satelliti artificiali, ne citiamo alcuni:



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

- Rover Spirit e Opportunity inviati su Marte
- Mars Pathfinder
- Deep Space 1
- Mars Polar Lander
- Mars Odyssey
- Telescopio spaziale Spitzer
- Sonda MESSENGER
- STEREO (Solar TERrestrial RELations Observatory)
- IMAGE/Explorer 78 MIDEX
- Missioni Genesis e Stardust

Il rover ha una Unità di Misura Inerziale (IMU) che fornisce informazioni su 3 assi sulla sua posizione che è usato per la navigazione. I computer del rover sono costantemente sotto controllo per tenere il rover operativo, come per esempio tenere regolata la temperatura, controllare la coerenza delle risposte agli stimoli esterni e le comunicazioni. Attività come fare foto e filmati, guidare e controllare il funzionamento degli strumenti, sono eseguite in una sequenza di comando che è inviato da Terra dalla squadra di controllo del rover. Nel caso dei problemi con il computer principale, il computer di backup prende il controllo.

Comunicazioni.

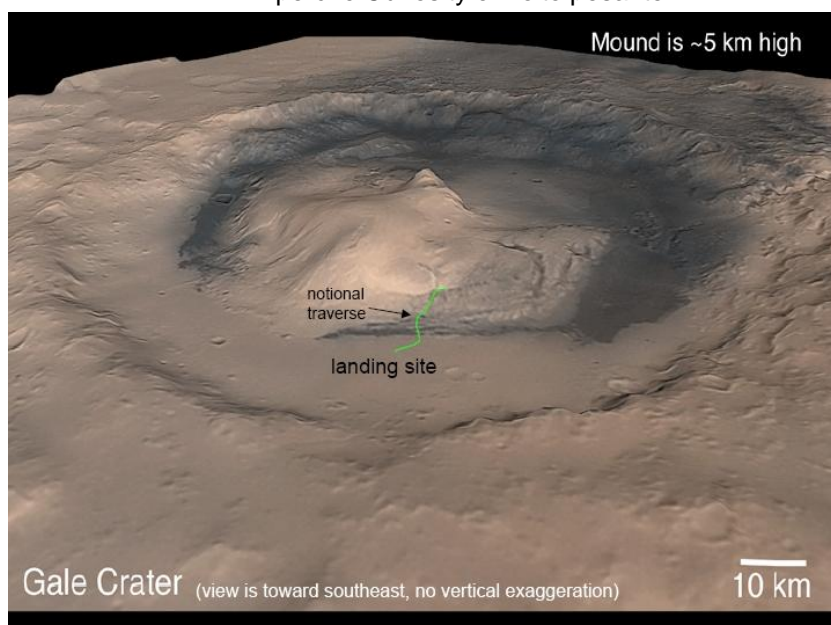
Il rover Curiosity ha due mezzi di comunicazione: un trasmettitore/ricevitore in X-BANDA che può comunicare direttamente con la Terra, Ed una UHF Electra a bassa potenza (software-defined radio), per comunicare con gli attuali orbiter di Marte. La comunicazione con questi ultimi è il veicolo principale di trasmissione/ricezione dei dati da e per la Terra, poiché gli orbiter hanno sia più potenza sia antenne più grandi.

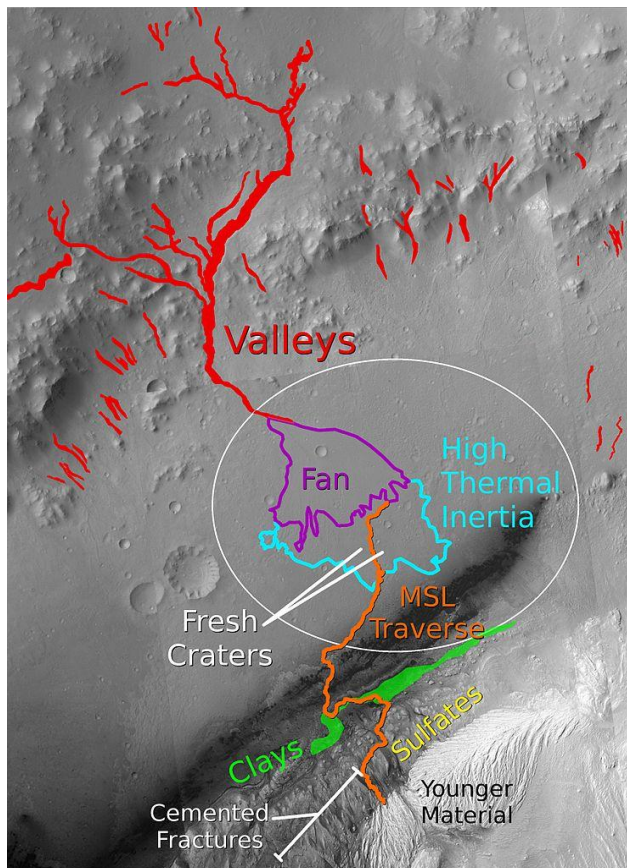
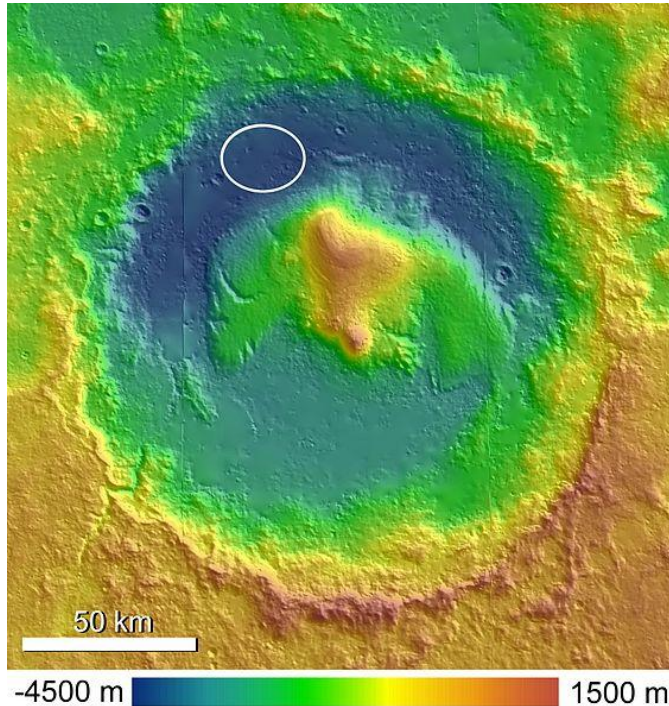
L'area di atterraggio.

Sarà il **Gale Crater**. Il rover da una tonnellata, esaminerà quest'area durante una missione che durerà quasi due anni. Curiosity atterrerà vicino alla **base di una montagna alta ben 5 chilometri** e dovrà verificare se le condizioni ambientali sono state un tempo favorevoli allo sviluppo di vita microbica e dovrà portare le

prove di quelle eventuali condizioni. *"Gale ci offre una eccezionale opportunità di testare diversi ambienti potenzialmente abitabili e il contesto per capire un periodo di tempo molto lungo dell'evoluzione ambientale del pianeta"*, ha dichiarato **John Grotzinger**, scienziato del progetto per il Mars Science Laboratory del **California Institute of Technology di Pasadena**.

La parte del cratere dove curiosity atterrerà sarà un **conoide alluvionale probabilmente formato dai sedimenti portati dallo scorrimento di acqua**. Questa idea è sorta in quanto alla base della montagna sembra che ci siano argille e solfati, entrambi segno tangibile di acqua. **Il rover si fermerà su Marte per il doppio del tempo rispetto al Mars Spirit e a Opportunity ed è cinque volte più pesante**. Porterà una serie di 10 strumenti scientifici pesanti 15 volte tanto quanto i suoi predecessori. Un albero si estende a 2,1 metri dal suolo e fornisce l'altezza per gli scatti delle macchine fotografiche e un laser a combustione per studiare bersagli a distanza. Ulteriori strumenti su un altro braccio studieranno gli obiettivi da vicino. **Strumenti analitici all'interno del rover determineranno la composizione dei campioni di roccia e del terreno, che sarà anche trivellato in profondità**. Altri strumenti ancora studieranno l'ambiente, compreso il tempo e la radiazione naturale che influenzerà le future missioni umane. La missione è difficile e rischiosa, perché Curiosity è molto pesante.





C'è anche un pezzo di Italia sul laboratorio scientifico della Nasa.

Infatti, la «Sitael», impresa italiana leader del settore con sede a Modugno in provincia di Bari, ha un ruolo di primo piano nella nuova missione perché ha realizzato il sofisticato circuito integrato di tipo Asic operante nel cuore del «Mars science laboratory».

Il circuito integrato è un microchip sofisticato in grado di resistere alle radiazioni e alle temperature estreme di Marte. Installato all'interno della stazione meteorologica del rover, andrà a rilevare i parametri ambientali di Marte (vento, umidità, temperatura), dando un contributo fondamentale ai risultati della missione.

Sitael ha sede anche a San Piero a Grado (Pisa) ed è specializzata nella progettazione e realizzazione di strumenti e sistemi elettronici complessi per applicazioni spaziali. Il forte bagaglio di conoscenze acquisito in più di quindici anni di attività, pone «Sitael» in una posizione di leadership europea nei settori di propria competenza, come si evince dal parco clienti costituito dalle principali agenzie spaziali (Esa, Nasa, Jaxa, Cnes, Asi) e dalle più importanti aziende del settore (Eads Astrium, Thales Alenia Space, Ohb, Com Dev).

Infine.

La missione partita dalla base dell'Aeronautica degli Stati Uniti a Cape Canaveral (Florida) con un Atlas V, lo stesso lanciatore con il quale sono state lanciate le sonde Mro (Mars Reconnaissance Orbiter), che si trova attualmente nell'orbita marziana, e New Horizon, diretta a Plutone è **costata 2,5 miliardi di dollari. La nuova missione della Nasa è decisamente la più ambiziosa mai tentata su Marte.**

Curiosity prenderà di mira le rocce marziane con un laser, colpendole su una superficie piccola come una capocchia di spillo. In questo modo il laser ridurrà la materia a un getto di gas, il cui spettro sarà analizzato dal laboratorio del rover, chiamato **ChemCam** (Chemistry and Camera), per identificare gli elementi che lo compongono. Grazie a queste analisi istantanee, **Curiosity potrà selezionare le aree più interessanti da esplorare nel raggio di sette metri**, scavando il suolo o raccogliendo campioni in superficie. Ulteriori analisi potranno essere condotte con i dieci strumenti di bordo



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

per accertare se la zona esplorata è adatta o meno a forme di vita microscopiche o se lo sia stata in passato.

Il lancio di Curiosity è stato programmato in questo periodo dell'anno in modo da garantire una minore durata del viaggio, considerando l'allineamento di Terra e Marte. Inoltre, quando la missione Msl arriverà a destinazione, le due sonde americane attualmente nell'orbita marziana, Mro e Mars Odyssey, si troveranno nella posizione più favorevole per inviare a Terra il massimo numero di informazioni nelle fasi di discesa e atterraggio di Curiosity, previsto il 5 agosto 2012.

(questa parte della relazione è stata estratta dalla rivista Galielo, redatto da Anna Lisa Bonfranceschi e Pubblicato il 24 Novembre 2011)

*Gli indizi che portano gli scienziati a credere che **Marte** ospiti la vita sono principalmente due. Primo, la presunta presenza di metano (una molecola organica) nell'aria (la questione, come sottolinea il New York Times, rimane infatti piuttosto controversa). Così come le mucche producono **metano** sul nostro pianeta, altri organismi viventi potrebbero farlo sul **Pianeta Rosso**. Secondo: la presenza dell'**acqua**. Solchi e depressioni in superficie indicano che forse un tempo su Marte fosse presente l'acqua (anche se più recentemente l'ipotesi è che il liquido si trovasse soprattutto nel sottosuolo). E poi c'è l'esperimento condotto dalla **sonda Viking** nel 1976. Lasciando cadere gocce di soluzione contenente **carbonio radioattivo** sul suolo, questo fu successivamente rinvenuto nell'aria sotto forma di CO₂. Lo stesso non accadeva se la soluzione era riscaldata fino a 160°C. Una prova, quasi, dell'esistenza di un processo vitale e non chimico del rilascio di anidride carbonica. Ma era solo una goccia nell'oceano: gli esperimenti successivi non poterono confermare il dato. Eppure, anche se test del genere non verranno ripetuti con Curiosity, la missione in partenza è comunque dotata di un set di strumenti per andare a caccia di indizi di forme di vita **aliene**.*

*Cominciamo con **MastCam**, l'occhio del rover. Le due telecamere che formano il sistema permetteranno non solo di osservare dall'alto, e a colori, la superficie marziana (visto che sveltano sopra l'albero maestro di Curiosity),*

*ma aiuteranno anche i ricercatori impegnati nella missione a pilotare il rover. Si trova invece nella parte bassa il **Mars Hand Lens Imager (Mahli)**, una sorta di lente di ingrandimento grazie alla quale è possibile zoommare sulle caratteristiche del suolo marziano, fotografando e acquisendo informazioni su tratti di terreno spessi appena 12,5 micrometri. Durante la fase di avvicinamento a Marte inoltre, a partire da circa tre chilometri di altezza dal suolo, verrà accesa la **Mars Descent Imager (Mardi)**, la telecamera che registrerà un video a 5 fotogrammi al secondo della discesa sul pianeta rosso, immortalando le caratteristiche geologiche del sito di atterraggio.*

*Ma immagini e video a parte, è il **Sample Analysis at Mars (Sam)** il fulcro centrale del rover.*

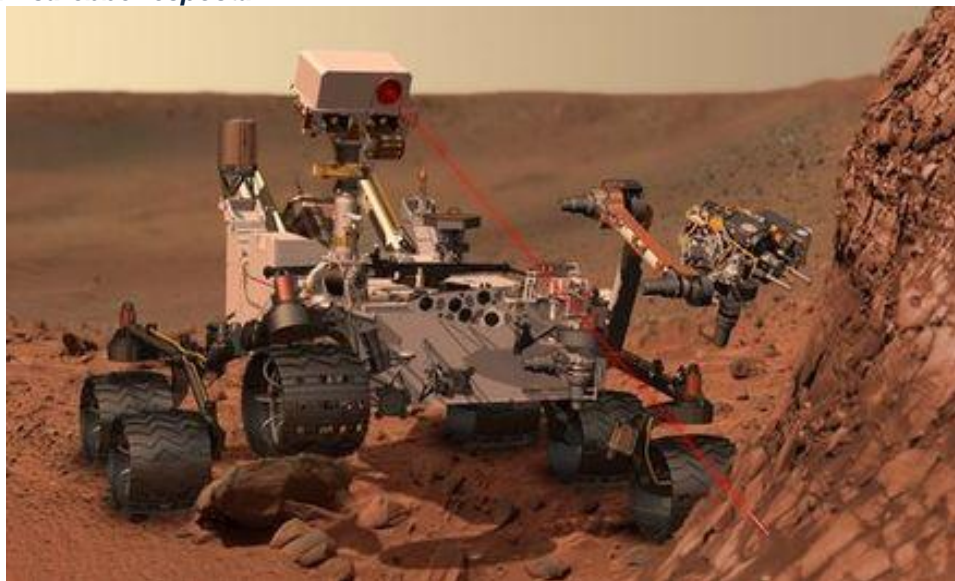
*Uno spettrometro di massa, un gascromatografo e uno spettrometro laser con cui analizzare i campioni prelevati dal suolo (e negli strati sottostanti alle rocce) marziano, alla ricerca degli elementi distintivi della vita (terrena): idrogeno, ossigeno, carbonio e azoto. A far compagnia a Sam, nella zona posteriore del rover, c'è **CheMin (Chemistry and Mineralogy)**. Questo strumento servirà per studiare la composizione mineraria di Marte, e lo farà analizzando gli spettri di diffrazione prodotti da un raggio X attraverso i campioni prelevati dal braccio robotico di Curiosity. Con una logica simile lavora l'**Alpha Particle X-Ray Spectrometer (Apxs)**, che aiuterà il **Sam** nell'identificazione degli elementi **sparando raggi X e atomi di elio sulle rocce marziane, causando l'espulsione degli elettroni dalle loro orbite contemporaneamente all'emissione di raggi X** (le cui energie associate forniscono preziosi indizi degli elementi da cui provengono). Per i campioni fuori dalla portata del braccio robotico, e per guidare il percorso del rover, c'è la **Chemistry and Camera (ChemCam)**, di cui abbiamo già parlato nella pagina precedente n.d.r.). Per capire invece se Marte ospiti o meno acqua nel sottosuolo, il **Dynamic Albedo of Neutrons (Dan)** **sparerà a terra fasci di neutroni e misurerà la velocità con cui questi vengono riflessi. La presenza di acqua, e quindi di idrogeno, è infatti rivelabile da una diminuzione della velocità con cui le particelle rimbalzano indietro.***

*Il **Radiation Assessment Detector (Rad)** si trova sul dorso di **Curiosity**. È forse lo strumento che più di tutti potrà aiutare a capire quanto sia possibile mandare su Marte una missione equipaggiata. RAD infatti servirà a capire la quota di radiazioni ad alta energia (come protoni o raggi gamma) cui è sottoposta la superficie marziana, e quindi a cui sarebbe esposta un'ipotetica spedizione umana. Sul rover, poi, non poteva mancare una stazione meteorologia (**Rover Environmental Monitoring Station**, o **Rems**) per misurare temperature, umidità, pressione atmosferica e venti.*

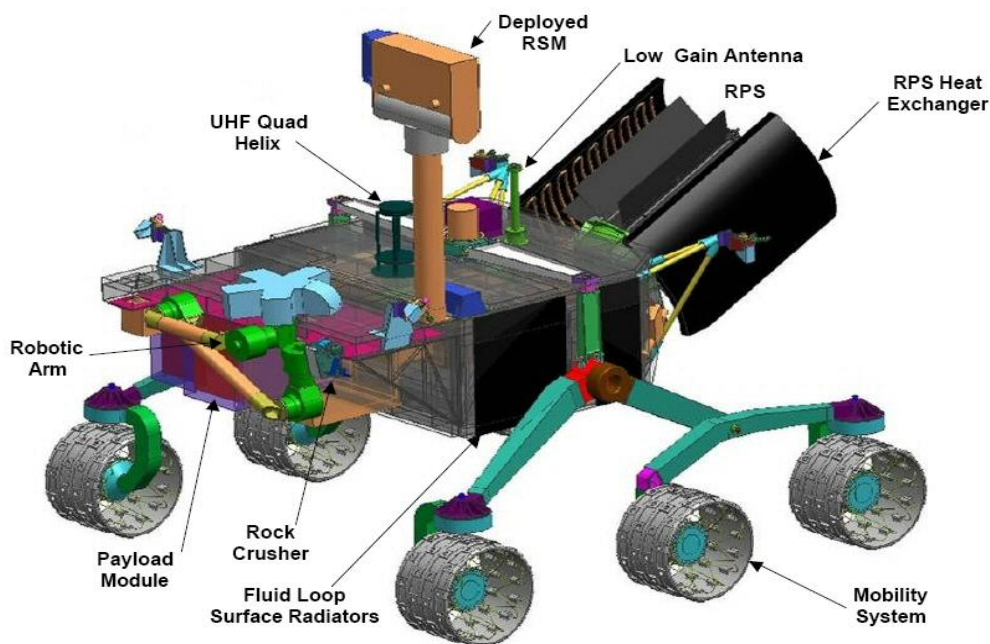
*Infine c'è il **MSL Entry, Descent and Landing Instrumentation (Medli)**, non propriamente uno strumento a bordo. Si trova infatti nello scudo termico a protezione della missione durante la sua discesa su **Marte**, e misurando temperatura e pressione nei cieli marziani servirà per migliorare le caratteristiche tecniche delle sonde del futuro.*

*Il **Jet Propulsion Laboratory** della **Nasa**, a **Pasadena in California**, è una divisione del **California Institute of Technology**, che gestisce la missione **Mars Science Laboratory**.*

Ci risentiremo il 5 agosto 2012!!!



Riferimenti: http://www.nasa.gov/mission_page/msl/index.html





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 | 1/12/2011

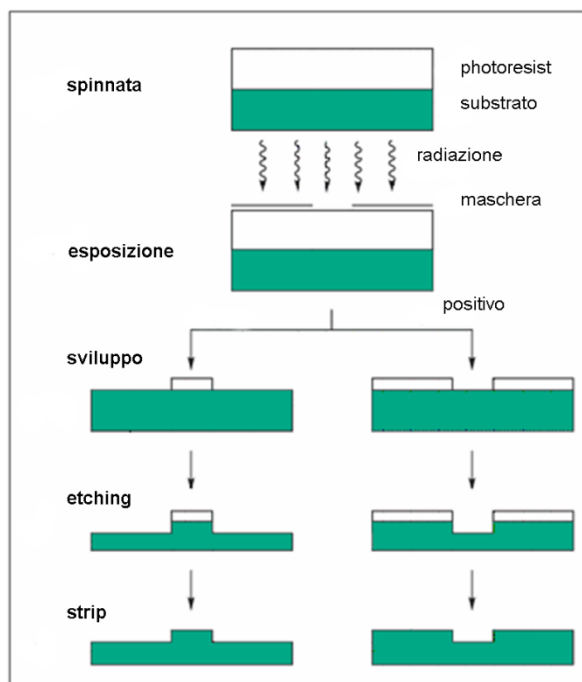
*Foto credit NASA:
Curiosity in fase di assemblaggio a terra*



Micro/nanotecnologie: Processi sottrattivi –dry etching Di Benedetta Marmioli

Continuiamo con la descrizione dei processi più comuni per realizzare micro-nano dispositivi. Nel primo articolo avevo dato un' introduzione generale dell' argomento e descritto il processo di litografia ottica. Nel secondo articolo ho introdotto l'argomento dei processi sottrattivi, cioè di quelle tecniche che rimuovono o erodono materiale in modo controllato. In particolare mi ero focalizzata sul wet etching, cioè sulla rimozione tramite attacco chimico del materiale che viene immerso in un opportuno agente chimico aggressivo in fase liquida. Per rispolverare l'argomento riporto di nuovo la figura esplicativa del processo presente anche nel precedente articolo.

Schema del processo litografico e del successivo processo sottrattivo.



Dry etching (letteralmente etching = incisione, dry = secco) si riferisce alle tecniche basate su un attacco del materiale da parte di una o più sostanze in fase di plasma.

Il plasma è anche definito come *quarto stato della materia* o *quarto stato di aggregazione* della materia. Uno stato di aggregazione è una condizione qualitativa dei materiali che dipende

dalla temperatura e dalla pressione. I primi tre stati, evidenti a tutti, sono solido, liquido e gassoso, e si incontrano nella vita di tutti i giorni.

Quando la temperatura è vicino allo zero assoluto (-273.15 °C), ogni atomo in un solido (primo stato di aggregazione), occupa una posizione fissa a causa delle forze di attrazione che gli impediscono di muoversi. All'aumentare della temperatura, gli atomi cominciano ad oscillare, ed i legami tra gli atomi diventano instabili.

Quando si raggiunge il punto di fusione, la sostanza solida in esame si trasforma dal primo nel secondo stato di aggregazione: per esempio il ghiaccio (solido) si trasforma in acqua (liquido). Le forze attrattive nei liquidi sono ancora presenti, ma le particelle possono muoversi e non hanno una posizione fissa e definita come nello stato solido. Per esempio i liquidi si possono adattare ad una predeterminata forma (l'acqua si adatta al recipiente che la contiene). Quando la temperatura viene ulteriormente incrementata, i legami tra gli atomi vengono spezzati definitivamente e le particelle sono libere di muoversi indipendentemente l'una dall'altra. Al punto di ebollizione, una sostanza passa dal secondo al terzo stato di aggregazione della materia: l'acqua (liquida) si trasforma in vapore (gassoso). Mentre il volume di una sostanza allo stato solido o allo stato liquido è costante, le sostanze allo stato gassoso occupano tutto lo spazio disponibile e le particelle si distribuiscono uniformemente.

Ogni sostanza ha uno specifico punto di fusione e di ebollizione (a pressione fissata). Ad esempio il silicio fonde a 1414 °C e passa allo stato gassoso a circa 2900 °C.

Tutti i possibili cambiamenti tra i tre stati di aggregazione comuni della materia sono riportati nella figura sottostante.

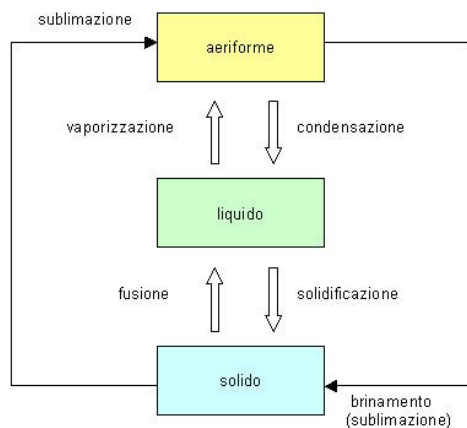
Se si introduce ulteriormente energia nella sostanza, le collisioni tra le particelle portano a scalzare alcuni elettroni dagli atomi. Si creano quindi elettroni liberi (carichi negativamente) e ioni carichi positivamente: si è raggiunto lo stato di plasma.



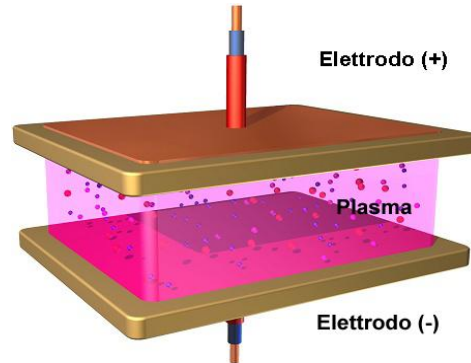
Il C.O.S.M.O. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.M.O." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 - 1/12/2011

Schema che riassume i vari cambiamenti di fase tra i tre stati di aggregazione della materia di esperienza comune.



Schema illustrativo della formazione di plasma.



Un esempio di plasma che conosciamo tutti è quello dello schermo di certi televisori. Anche le palle che producono scariche elettriche simili a fulmini quando vengono toccate contengono plasma.

Globo al plasma. Copyright thinkgeek



Si definisce *plasma* un gas parzialmente o completamente ionizzato, cioè composto di ioni ed elettroni. Esso è globalmente neutro (cioè la sua carica elettrica totale è nulla).

Il plasma viene generato applicando un campo elettrico ad un gas. Tale campo elettrico deve possedere intensità sufficiente a causare un effetto di ionizzazione a valanga. La ionizzazione è iniziata da elettroni liberi creati per esempio tramite un elettrodo polarizzato negativamente. Gli elettroni liberi acquistano energia cinetica grazie al campo elettrico. Viaggiando attraverso il gas, essi collidono con le molecole del gas, perdendo la loro energia e trasferendola al gas. Questo trasferimento provoca la ionizzazione del gas, che diventa composto di ioni positivi ed ulteriori elettroni liberi. Questi elettroni prodotti dalla collisione a loro volta vengono accelerati dal campo elettrico e il processo può continuare. Quando la tensione applicata ai due elettrodi è maggiore della tensione di scarica, il plasma è stabile. Uno schema illustrativo della formazione di plasma è riportato nella figura sottostante.

Ma come viene prodotto ed utilizzato il plasma nelle tecnologie sottrattive di microfabbricazione?

Il plasma impiegato nelle micro/nanotecnologie è comunemente generato mettendo il gas in un contenitore metallico detto *camera*, all'interno del quale ci sono gli elettrodi. La generazione del plasma avviene sotto vuoto.

Al gas viene poi applicato un campo elettrico ad alta frequenza che ne provoca la ionizzazione. Poiché gli elettroni sono molto più leggeri degli ioni, essi sono immediatamente attratti verso l'elettrodo caricato positivamente, mentre gli ioni, che sono più pesanti, si muovono più lentamente verso l'elettrodo carico negativamente. Prima che gli ioni raggiungano l'elettrodo positivo però, la polarità degli elettrodi



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

viene invertita, gli elettroni vengono attratti dall'elettrodo opposto e durante la traiettoria verso quest'ultimo essi collideranno con le molecole di gas che non si erano ionizzate prima e produrranno altri elettroni e ioni. Frequenze tipiche del processo di generazione di plasma sono 13.56 megahertz e 2.45 gigahertz.

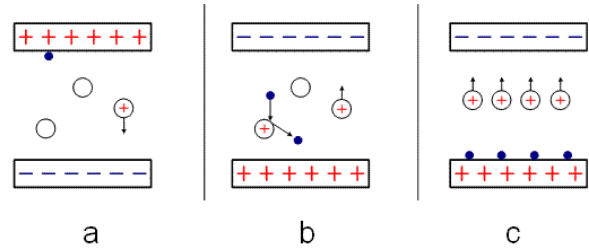
Gli elettroni si posizioneranno principalmente vicino agli elettrodi, mentre gli ioni caricati positivamente, cioè il plasma, oscilleranno avanti indietro tra i due elettrodi restando nel mezzo tra i due, perché a causa della loro "lentezza" non riescono a seguire un cambiamento così rapido del voltaggio.

A causa delle oscillazioni rapide degli ioni positivi nel campo elettrico ad alta frequenza, tali ioni possiedono un'energia molto elevata.

Non ci sono solo ioni positivi ed elettroni liberi nel plasma, infatti durante le collisioni si creano altre particelle, per cui le condizioni del plasma cambiano costantemente. Per esempio alcuni elettroni liberi vengono catturati dagli ioni e riemessi successivamente. Le particelle non cariche che si producono a causa delle collisioni comunque non hanno alcun ruolo nell'uso del plasma per micro/nanotecnologie. Il grado di ionizzazione del gas di solito varia tra lo 0.001 e il 10% a seconda della densità delle particelle nella camera (da 10⁸ a 10¹² particelle per centimetro cubo).

Uno schema che descrive visivamente questo processo è riportato nella figura sottostante.

Nella pagina a fianco, schema del processo di generazione di plasma tramite voltaggio ad alta frequenza. a) Gli elettroni liberi migrano velocemente verso l'elettrodo positivo, gli ioni e gli atomi di gas non ionizzati (neutri) migrano più lentamente verso l'elettrodo negativo per cui sostanzialmente rimangono nel mezzo. b) La polarizzazione degli elettrodi cambia e gli elettroni si muovono velocemente verso l'elettrodo positivo e durante il tragitto urtano contro gli atomi del gas creando nuovi elettroni liberi e ioni. c) Gli elettroni si ritrovano all'elettrodo positivo e il plasma resta in mezzo.



Le concentrazioni di elettroni nei plasmi utilizzati nel dry etching sono comunemente comprese tra 10⁹ cm⁻³ e 10¹² cm⁻³. Alla pressione di un millibar la concentrazione delle molecole di gas è da 10⁴ a 10⁷ volte maggiore di quella degli elettroni. Quindi, la temperatura media del gas è compresa tra 50°C e 100°C. Il processo di dry etching tramite plasma è quindi un processo a bassa temperatura. Questo è molto importante nel campo della microfabbricazione perché temperature eccessive potrebbero causare distorsioni e danneggiamenti delle microstrutture.

Il più famoso processo di dry etching per micro/nanotecnologie è il *Reactive Ion Etching (RIE)*.

Il campione da incidere, detto anche *bersaglio o target*, è posto su un elettrodo, e gli ioni del gas sono accelerati dal campo applicato così da bombardare la superficie del bersaglio. Il trasferimento di quantità di moto dagli ioni agli atomi del bersaglio prossimi alla superficie rende volatili questi ultimi e li asporta dal bersaglio.

Il bersaglio è connesso al segnale in radiofrequenza (R.F.), per cui gli elettroni sono statisticamente più spesso in contatto col bersaglio rispetto agli ioni (come già detto più volte, gli elettroni sono molto più leggeri!).

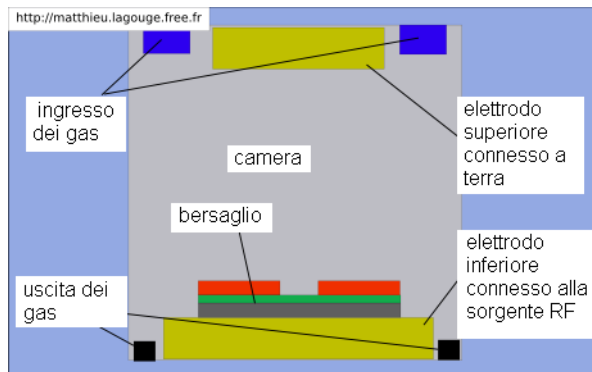
Uno schema della camera del RIE è riportato nella figura seguente



Il C.O.S.Mo. NEWS

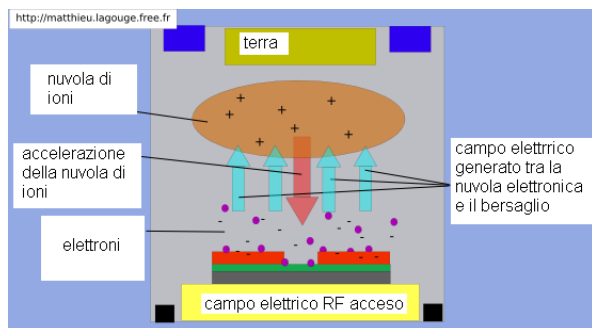
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

Schema della camera del RIE



Gli elettroni sono specie molto reattive, per cui vengono adsorbiti dal bersaglio e lo polarizzano negativamente. Contemporaneamente, la perdita di elettroni nel plasma crea una nuvola di ioni con carica complessivamente positiva. Questo origina un'accelerazione di ioni verso il bersaglio caricato negativamente. Uno schema di questo effetto, detto effetto RIE, è riportato nella figura sottostante.

Schema dell'effetto RIE



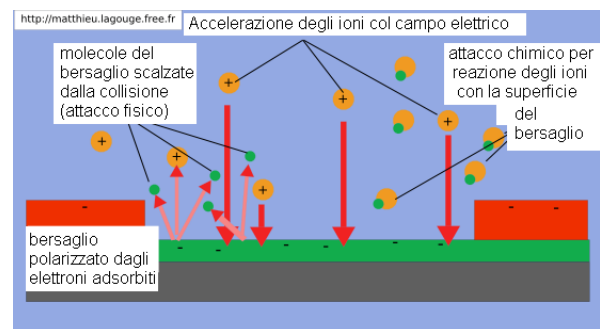
Il primo effetto sul bersaglio è un effetto fisico dovuto all'impatto con gli ioni che hanno una certa velocità. Questo impatto provoca lo scalzamento delle molecole del bersaglio che sono sulla superficie. L'attacco fisico dovuto alla collisione è caratterizzato da una bassa selettività (ogni materiale è colpito in modo uguale), ma è fortemente anisotropo. Essendo gli ioni accelerati in direzione ortogonale al campione l'urto è perpendicolare alla superficie.

Il secondo effetto è un effetto chimico legato alla reattività degli ioni con le molecole del bersaglio. Anche in questo caso, avendo gli ioni maggiore probabilità di muoversi nella direzione del campo

elettrico che è ortogonale alla superficie del bersaglio, l'etching è anisotropo.

Uno schema dell'attacco fisico e di quello chimico orientato verticalmente è riportato nella figura sottostante.

Schema dei due tipi di attacco (fisico e chimico) fortemente anisotropi prodotti dal RIE.



Il RIE offre la possibilità di utilizzare diverse ricette per ottimizzare l'attacco anisotropo in funzione del materiale da rimuovere.

Se il materiale possiede una scarsa capacità di assorbire elettroni e polarizzarsi, il RIE perde in selettività e anisotropia dell'attacco. Un esempio di materiale di questo tipo è quello dei materiali dielettrici. Al contrario, un materiale che presenta una grande capacità di assorbire elettroni e polarizzarsi consente di ottimizzare il processo ed avere un'elevatissima selettività ed anisotropia. I materiali semiconduttori (silicio, silicio policristallino, nitrato e ossido di silicio, materiali compositi,..ecc) hanno grande capacità di assorbimento di elettroni, per cui sono ampiamente utilizzati in processi di questo tipo.

La difficoltà nell'ottimizzare una ricetta è quella di trovare un equilibrio tale che il plasma produca un elevato numero di elettroni e di ioni (gli elettroni sono adsorbiti alla superficie, gli ioni provocano l'etching) ma con una velocità non troppo elevata in modo che gli elettroni abbiano il tempo sufficiente per essere adsorbiti quindi non urtare la superficie del bersaglio provocando un etching isotropo e non selettivo.

In alcuni casi i prodotti dell'attacco chimico giocano un ruolo nella ricetta per aumentare la selettività.

È molto difficile ottenere un'elevata velocità di etching durante un etching anisotropo, e per calibrare una ricetta spesso occorrono molti tentativi e parecchio tempo.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

Un parametro del processo non controllabile è ad esempio la geometria della camera.

Parametri che vengono invece selezionati dall'operatore sono: flusso del gas (o dei gas, si può anche introdurre una miscela), pressione del gas, voltaggio e frequenza del segnale RF.

La natura dei gas determina l'efficienza e la selettività del processo. Quindi la scelta del gas è la prima cosa da effettuare.

L'equilibrio tra il flusso del gas e la potenza R.F. serve a controllare l'entità e la velocità di ionizzazione del gas, mentre un'alta pressione incrementa la probabilità che gli ioni giungano in contatto col bersaglio. Il flusso dei gas determina la velocità con cui i prodotti di reazione vengono evacuati dalla camera.

Deep Reactive Ion Etching è un'estensione del RIE ed il termine indica una tecnica che si basa sullo stesso effetto di etching anisotropo ma che può essere utilizzato per scavare materiali ad una profondità più elevata del RIE. In questa tecnica, in cui si parla di *Inductively Coupled Plasma (ICP)*, il plasma è generato da un campo magnetico e densificato tramite un ulteriore campo magnetico. L'obiettivo è quello di raggiungere un grado maggiore nella ionizzazione del gas per aumentare l'effetto RIE.

La più famosa ricetta che utilizza quest'ultimo modo di produrre il plasma è il *Processo Bosch* che consente di scavare profili ad alto rapporto di forma (cioè molto profondi e stretti) nel silicio, mantenendo un buon profilo verticale e bassa rugosità delle pareti. Il processo Bosch utilizza un plasma basato su gas contenenti fluoro (detti anche fluorine) per scavare il materiale, combinato con un processo dove si crea un plasma di fluorocarburo che produce una passivazione delle pareti che non reagiscono più chimicamente. Si ha quindi un incremento della selettività rispetto al resist, che definisce quali sono le zone da scavare e quali no (come nello schema all'inizio dell'articolo). La *passivazione* consiste nella formazione di uno strato ossidato che aderisce perfettamente alla superficie del pezzo a contatto con l'aria e che ne impedisce una successiva ossidazione, ostacolando al tempo stesso l'ulteriore propagarsi dello strato di ossido.

Un completo processo Bosch è composto di successivi cicli di etching e deposizione. I gas vengono ionizzati in un plasma ad alta densità prima di raggiungere il bersaglio, che presenta una piccola ma controllata caduta di voltaggio rispetto al plasma. Questa tecnica non

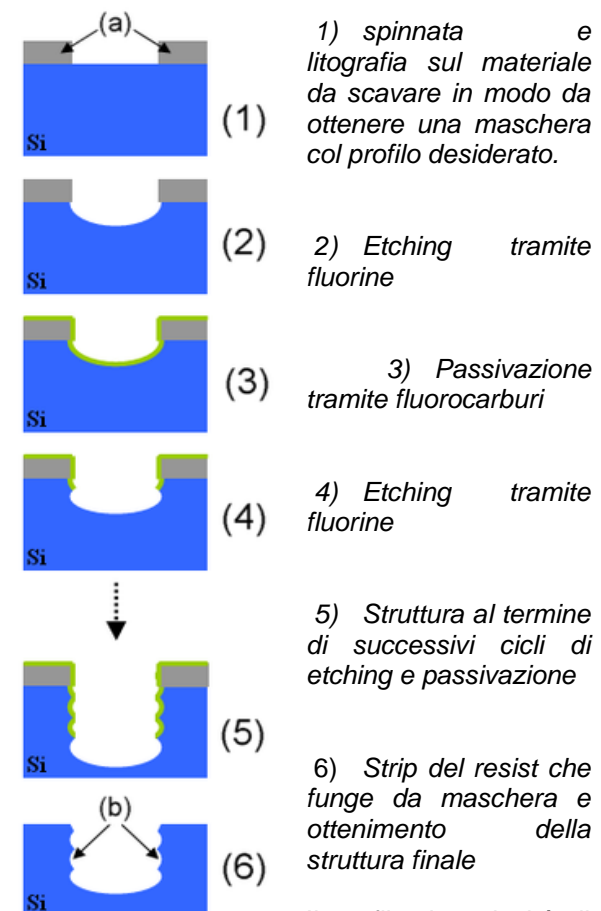
può essere utilizzata col semplice processo di RIE perché quest'ultimo non ha il giusto bilanciamento di ioni ed elettroni liberi. Tale equilibrio può essere raggiunto solamente mediante ICP.

Il gas utilizzato per generare la regione di plasma ad alta densità è l'esaffluoruro di zolfo (SF_6). La molecola si spezza dando origine ad un reattivissimo ione di fluoro.

La passivazione delle pareti viene attuata utilizzando il gas ottofluorociclobutano (C_4F_8), che è un fluorocarburo ciclico che nel plasma si apre per produrre radicali CF_2 e radicali a catena più lunga. Questi radicali si depositano velocemente come polimeri a base di fluoro sulle pareti del campione.

La sequenza dei passi costituiscono il processo Bosch è riportata nello schema seguente.

Schema dei passi che costituiscono il processo Bosch.



Il profilo, la velocità di etching e la selettività nei confronti del resist che funge da maschera sono ottimizzati tramite la



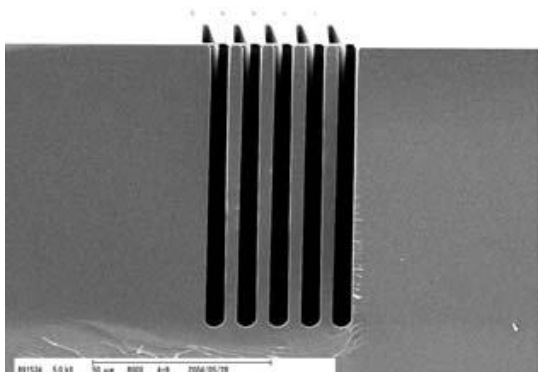
Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

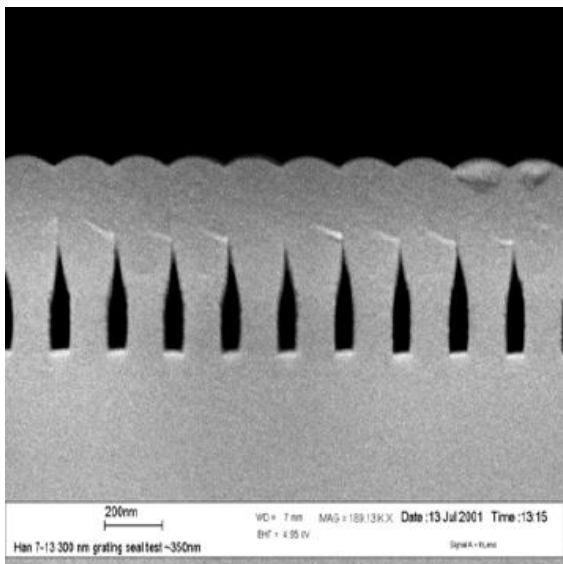
messa a punto dei singoli passi di etching e passivazione e dalla loro durata relativa. Il processo dipende poco dal tipo di resist utilizzato per fare la maschera.

Nel seguito si riportano alcuni esempi.

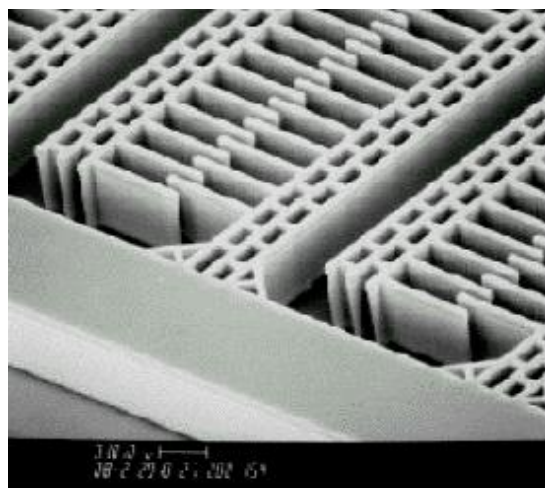
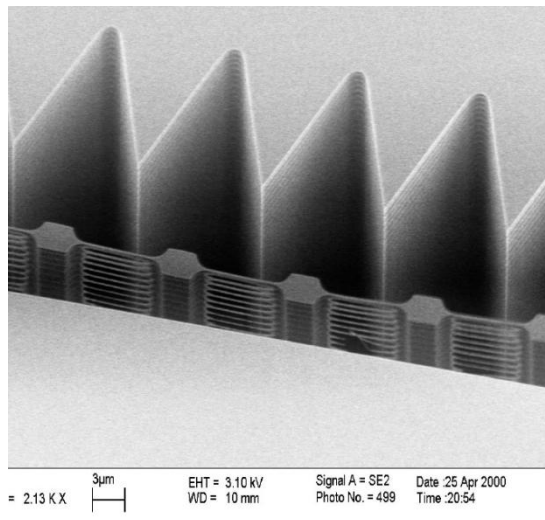
Sezione di un wafer di silicio scavato tramite ICP. Il rapporto di forma è 1:16 .



Canali nanofluidici in silicio ottenuti tramite un processo di RIE.
Copyright E. Chen, CIMS, Harvard University



Micro e nanostrutture di forma complessa in silicio ottenute tramite ICP.
Copyright Milanovic et al., University of Utah.



La prossima volta si introdurrà il concetto dei processi additivi.

Bibliografia

1. Simon M. Sze, Dispositivi a semiconduttore, Hoepli, 1995
<http://matthieu.lagouge.frhh>



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

Space Shuttle.

Lo Space Shuttle è indubbiamente la macchina più sorprendente e complicata dei nostri tempi, assistere al suo lancio era per noi tutti una abitudine consolidata, che però ha visto il suo epilogo con il decollo della navetta Atlantis avvenuto lo scorso 8 luglio dal complesso LC-39 del Kennedy Space Center.

La missione **sts135**, ha di fatto segnato la fine di ben trent'anni di voli dello Space Shuttle, progetto tra i più ambiziosi e quanto mai lungo, la NASA abbia mai realizzato.



Inaugurato ufficialmente con un primo lancio avvenuto il 12 Aprile 1981, il programma Shuttle succedeva al glorioso programma Apollo con l'intento preciso della NASA di non ripeterne gli enormi costi di esercizio. L'ente Spaziale Americano aveva l'esigenza di mantenere la supremazia in fatto di viaggi spaziali contenendo però i costi, per questo motivo venne ideato e messo a punto un sistema quasi interamente riutilizzabile.

Le origini affondano nella Germania dei primi anni trenta dove si hanno le prime notizie di un progetto ad opera dell'ingegnere tedesco-austriaco Eugene Sanger. Egli cercò di mettere a punto un razzo munito di ali per il trasporto di ordigni a lunga distanza, progetto che vedrà un ulteriore sviluppo verso la fine della seconda guerra mondiale dove il terzo reich, con il "Silbervogel", stava tentando di realizzare un razzo dotato di ali capace di effettuare un volo suborbitale finalizzato a poter bombardare gli Stati Uniti addirittura con ordigni radioattivi.

Alla fine della seconda guerra mondiale l'Aeronautica Statunitense in collaborazione con la "North American Aviation" mise a punto un missile balistico alato



il "Navaho". Al pari del progetto tedesco aveva come scopo quello di bombardare obiettivi a lunghissima distanza. Unica differenza risiedeva nell'armamento che consisteva in una vera testata nucleare. Nel 1957 dopo alcuni test il progetto venne abbandonato a favore di altri missili balistici tra cui il "Titan" di Wernher Von Braun.

Parallelamente la allora "NACA" che successivamente sarebbe diventata la "NASA", era fortemente impegnata nello sviluppo di aerei-razzo, realizzando il velivolo "Bell X-1" con



il quale il capitano Yeager il 14 ottobre 1947 abbatte il muro del suono volando per la prima volta a Mach 1.

Dai dati ricavati e con l'impiego di nuovi materiali fu possibile lo sviluppo di aerei sperimentali come il "Boeing X-15", capace nel 1960 di raggiungere la velocità Mach 6,8 e di compiere voli di poco oltre i 100 km di altezza definiti perciò suborbitali, sperimentando situazioni che saranno un bagaglio di informazioni utili per la realizzazione, qualche decennio più tardi, dello Shuttle.

Problemi come la portanza alare la dissipazione dell'enorme calore e l'instabilità, danno il via a studi che portano ad allungare le ali convenzionali a quasi tutta la lunghezza della fusoliera, dando a tutta la struttura una forma alare simile ad in triangolo, detta a Delta.



Impiegata nel "Boeing X-20 Dyna Soar" anche se il progetto rimarrà solo sulla carta, questa



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

soluzione ad ala molto ampia segna una svolta in fatto di sollecitazioni dinamiche e termiche causate dai voli ad alta velocità. Successivamente verrà impiegata con successo ad altri prototipi sperimentali come "X-24, HL-10 (che ha poi originato il Dream Chaser, ancora in fase di sperimentazione) e M2-F3", con una variante, l'utilizzo del solo corpo centrale allargato e schiacciato a formare un profilo aerodinamico quasi del tutto privo di appendici alari, detto anche a Corpo Portante.

Il programma X-20, iniziato nel 1957 terminerà purtroppo nel 1963 per problemi di bilancio, ma per forma del velivolo e metodo di lancio simile a quella di un razzo che rientra atterrando come un aliante, lo pone come il vero precursore dello Shuttle.

Il 30 ottobre 1968, la NASA occupata nello sforzo di compiere la storica impresa dell'Uomo sulla Luna, guarda anche a quello che sarà il dopo missioni Apollo, viene avviata infatti una consultazione per lo sviluppo di un sistema di lancio completamente riutilizzabile, ritenuto sicuramente più economico, dove una navetta denominata Orbiter doveva essere capace di trasportare in un'orbita bassa a 400 Km circa, un carico utile che si aggirava tra le 2,00 e le 23,00 tonnellate, e di riportare sulla terra una tonnellata circa.

Tre centri di ricerca maggiormente coinvolti dalla NASA divergevano sulle possibili soluzioni; la "Maxime Faget" promuoveva una piccola navetta leggera il "DC-Shuttle 3", con profilo alare dritto e di piccole dimensioni adatto a velocità subsoniche, il centro ricerche di "Langley e Dryden" sosteneva fortemente una soluzione a Corpo Portante che ben si prestava a tutte le situazioni di volo, l'Air Force era invece favorevole ad un profilo alare a Delta.

Quest'ultima prevalse sulle altre in quanto ritenuta più adatta e più versatile.

Il 31 gennaio 1969, la l'Ente Spaziale Americano lanciò una "Richiesta di Offerta" altrimenti detta "Request for Proposal- R.F.P." a quattro tra le più grandi industrie Statunitensi per lo studio preliminare di questo sistema; la North American Rockwell, la Lockheed, la General Dynamics e la McDonnell Douglas.

Vennero selezionate la Mc Donnell Douglas associata alla Martin Marietta, e la North American Rockwell associata alla General Dynamics, che acquisite tutte le specifiche molto restrittive imposte dalla NASA, già nel marzo del 1971 presentarono due bozze di progetto simili per quanto riguarda l'Orbiter, ma che si

differenziavano per ciò che concerne il lanciatore.

Intanto il Presidente Nixon, alla richiesta della NASA di un impegno da parte dell'Amministrazione Americana a finanziare una serie di progetti aerospaziali con equipaggio umano che comprendevano una base lunare abitata in modo permanente, una stazione spaziale in orbita terrestre da dove far partire missioni su Marte, ed infine una navetta per la costruzione della suddetta stazione e la messa in orbita di satelliti, completamente riutilizzabile, dà il via ad un comitato per la valutazione complessiva della spesa da sostenere, lo "Space Task Gruppo".

Le conclusioni della commissione furono che con lo stesso bilancio dell'Apollo, che si aggirava intorno ai 10 miliardi di dollari annui, solo tre progetti erano sostenibili, era inoltre possibile contenere ulteriormente le spese varando un programma meno ambizioso, dove il progetto di una navetta si affiancava a quello di una stazione orbitale.

Nixon, non tenendo assolutamente conto del risultato dei lavori del comitato da lui fortemente voluto, valutò come inutilmente dispendioso un così ampio impegno decidendo di approvare solo la costruzione di una flotta di Orbiter (navette), completamente riutilizzabili.

Uno tra i progetti più complicati e rischiosi prende ora il via, in una America euforica per la conquista della Luna ma sicuramente divisa dall'impegno militare in Vietnam. Il Presidente Nixon, non volendo passare alla storia per colui che aveva cancellato tutte le missioni umane nello spazio considerate ancora un vanto per una parte considerevole degli Americani, decise di avallare il progetto Space Shuttle. Verrà poi comunque ricordato per un altro piccolo episodio, ma è un'altra storia....

Nel marzo 1972, con un budget non certo stratosferico, la NASA lancia una gara d'appalto per la costruzione dell'Orbiter, i principali competitor sono la Grumman già produttrice del LEM, e la produttrice del Modulo di servizio e Modulo di Comando Apollo, la North American Rockwell, che fin dalla progettazione preliminare aveva ben impressionato.

Alla presentazione del progetto finale la commissione di selezione NASA, apprezzò le specifiche che riguardavano il peso finale della navetta oltre ad un costo esponenzialmente più basso di quello della Grumman, il 26 Luglio 1972 venne ufficialmente assegnato il mandato alla North American Rockwell per la costruzione di



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

due Orbiter più un terzo da impiegare per i test di volo preliminari in atmosfera, al costo di 2,6 miliardi di Dollari; la costruzione di altri due Orbiter era prevista in una fase successiva.

La North American Rockwell aveva configurato il



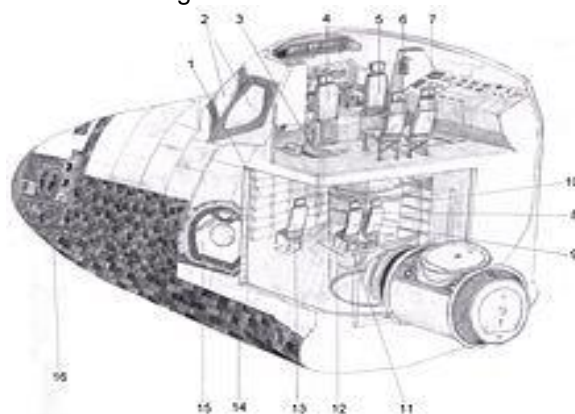
sistema di navetta riutilizzabile denominandolo "Space Transporting System" abbreviato STS, sigla che associata al numero di ogni missione segnerà la sequenzialità, in tre elementi principali; l'Orbiter o navetta, alloggiato sotto di esso vi era un enorme serbatoio esterno "External Tank" contenente propellente liquido idrogeno/ossigeno atto ad alimentare i motori principali della navetta, e due razzi ausiliari a propellente solido, gli SRB "Solid Rocket Booster" alloggiati ai lati del serbatoio esterno.

La struttura dell'Orbiter, che noi tutti continuiamo erroneamente a chiamare Space Shuttle ignorando che questa denominazione sta ad indicare l'insieme dei tre elementi sopra indicati, nei primi anni di progettazione subisce alcune variazioni che lo portano alla forma che noi tutti conosciamo oggi. Tali modifiche sono dovute principalmente alle specifiche di carico che lo portano da un pay load, nella fase di progettazione iniziale, di 6,8 tonnellate alle 30 tonnellate circa al momento della firma del contratto. Altre modifiche verranno introdotte per ridurre i costi di produzione. Sempre in questa fase si passerà dalla ala a delta a quella a doppio delta per garantire maggiore stabilità nel volo atmosferico anche in caso di rientro d'emergenza. Altra modifica fu l'abbandono dei motori a reazione per il volo atmosferico,

optando per un rientro a terra veleggiando come un aliante.

Guardiamo ora più da vicino l'Orbiter.

Con una struttura molto simile ad una via di mezzo tra un aereo di linea e un aliante, esso si divide in quattro sottosistemi principali; la fusoliera anteriore, contenente il carrello d'atterraggio, i motori di controllo d'assetto in orbita, gli RCS "Reaction Control System" e tutti i sistemi di navigazione.



Vi è inoltre il vano adibito all'equipaggio formato da due ponti, un ponte di volo "Flight Deck" e un ponte intermedio "Mid Deck" adibito ad alloggio vero e proprio ed uno scompartimento inferiore completamente pressurizzati, per un totale di 72 metri quadri, capace di ospitare fino a 7 persone.

Il ponte di volo è composto da quattro seggiolini, di fronte alla strumentazione troviamo, a sinistra il Comandante e a destra il Pilota, subito dietro siedono i due specialisti di missione, raggiunta l'orbita questi due seggiolini vengono rimossi.

La strumentazione mostra una miriade di comandi, spiccano quelli per selezionare i diversi sistemi di propulsione. A sinistra del comandante si ha accesso al controllo termico e pressurizzazione, di fronte a pilota e comandante si trovano gli indicatori ADI "Altitude Direction Indicator" e l'HSI "Horizontal Situation Indicator" che forniscono informazioni su altitudine, velocità e accelerazione, vi sono poi i comandi per selezionare i vari computer GPC "General Purpose Computer".

La navetta nel 1977 al suo varo, era dotata di ben 200 computer IBM 360 con processori Intel 8086 e microcontrollori video RCA 1802 collegati a monitor analogici al pari di molti aerei di linea, con i vari aggiornamenti oggi si è giunti ad avere solo cinque computer APA-1018 con processori Intel 80386 collegati a display, complessivamente usano 2 MB di Ram a nuclei



Il C.O.S.Mo. NEWS

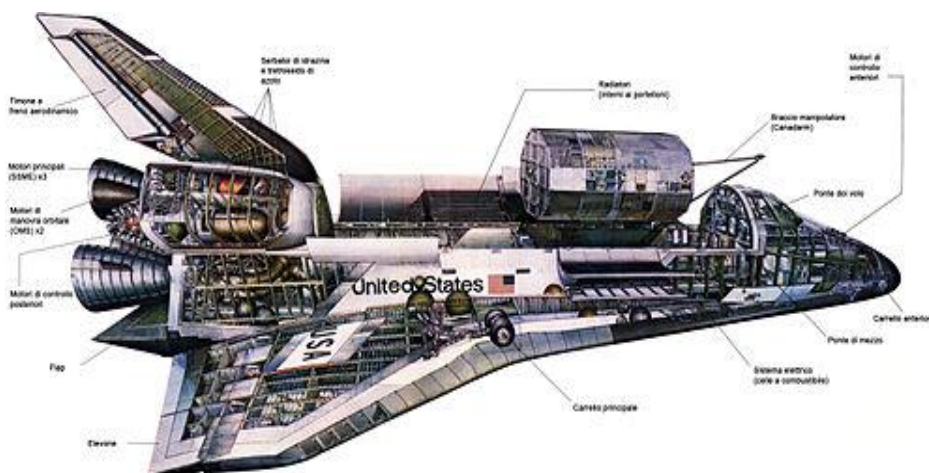
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

magnetici che a differenza di quella in uso sui normali PC è immune alle radiazioni.

Il linguaggio di programmazione usato "HAL/S", è lo stesso usato nelle missioni Apollo.

Esattamente di fronte a Comandante e Pilota sono collocate le due cloche o joystick che permettono di far ruotare la navetta su tre assi e sul pavimento mediante una pedaliera anch'essa simile a quella di molti aerei, si ha il controllo del timone di coda utilizzato nelle fasi di volo in atmosfera.

Il ponte intermedio è il locale dove si svolge la maggior parte della vita a bordo, anche qui i sedili degli specialisti del carico utile dopo il lancio vengono rimossi, frontalmente sono installate le cuccette a scomparsa per il riposo degli Astronauti, sulla destra si trova la toilette e poco più avanti un angolo cottura. Tra i tanti componenti contenuti in questa sezione vi è addirittura un tapis roulant per l'esercizio fisico assolutamente necessario a gravità zero.



In caso di malore o di piccolo ferimento, sono presenti alcuni Kit di primo soccorso, rimane fondamentale il collegamento con il Medico di volo sempre presente nella sala di controllo missione a Houston.

La sezione centrale è composta interamente dal vano di carico "Cargo Bay", dalle dimensioni di ben 18,3 metri di lunghezza e 4,8 di larghezza, provvisto di due portelloni sdoppiati che permettono l'accesso al vano di carico per l'alloggiamento ed il successivo rilascio in orbita, di satelliti o componenti anche di grandi dimensioni come quelli della Stazione Internazionale. Vengono inoltre utilizzati come radiatori per la dissipazione dell'eccessivo calore accumulato in orbita. È presente anche un collegamento tra il ponte ed il vano di carico attraverso una camera di equilibrio che verrà

modificata alcuni anni dopo permettendo anche agganci alla stazione spaziale Sovietica "MIR".



Altro aspetto particolare è un braccio meccanico che oltre ad estrarre il carico utile da posizionare in orbita, può catturare oggetti da riportare sulla terra, o essere usato come mezzo di collegamento per portare un Astronauta

attaccato alla sua sommità, ad eseguire interventi di manutenzione a satelliti in avaria (come è successo per l'Hubble).

Alla base inferiore della sezione centrale vi sono le ali che partendo dalla fusoliera anteriore, si allargano a doppia delta terminando all'altezza della fusoliera posteriore, al di sotto di esse, oltre ai

due carrelli di atterraggio, vi è la vera peculiarità, lo scudo termico.

Il progetto Space Shuttle nasce con l'intento di essere riutilizzato più volte, si era addirittura pianificato un numero ipotetico di 40 missioni all'anno, l'elemento che avrebbe subito i maggiori stress sarebbe stato senza dubbio lo scudo termico.

Realizzato per proteggere la struttura dell'Orbiter dall'enorme calore, 1600° circa, in fase di rientro causato dall'addensarsi dell'atmosfera, lo scudo termico TPS "Thermal Protection System" si è dimostrato utile anche per le bassissime temperature spaziali, che raggiungono anche i -270° circa.

Lo scudo si caratterizza inoltre per la profonda ricerca fatta nel settore dei materiali termo



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

resistenti, ricerca che si è protratta anche nei trenta anni di esercizio dell'Orbiter portando lo scudo a continui aggiornamenti.

Esso è formato da ben 31.000 mattonelle non tutte dello stesso materiale in quanto la navetta è soggetta a temperature differenti, il muso e l'attacco delle ali sono le zone più a rischio, queste aree sono infatti rivestite da mattonelle di un materiale simile alla fibra di vetro il RCC, il resto delle mattonelle dello scudo termico sono costituite da fibre silicee.

Nell'ultima sezione, la fusoliera di coda, vi sono i tre sistemi di propulsione dell'Orbiter. Gli SSME "Space Shuttle Main Engine" sono i tre motori principali e costituiscono la propulsione principale che permette alla navetta di posizionarsi in orbita nella fase finale della sua ascesa quando gli SRB (i due boosters) vengono staccati.

Alimentati da carburante criogenico (ossigeno e idrogeno) contenuto nel serbatoio esterno, hanno un funzionamento di 8 minuti circa per ogni missione e una volta spenti non possono più essere riaccesi. Per loro era stato previsto un utilizzo totale di 27.000 secondi pari a 55 missioni, ma verranno poi ridotti a 15.000 secondi di funzionamento pari a 30 missioni.

Sopra agli SSME, sono alloggiati due motori di manovra, gli OMS "Orbital Maneuvering System" che portano a termine la fase di messa in orbita della navetta allo spegnimento dei motori principali e permettono le correzioni di rotta per immettere l'Orbiter nel corridoio di rientro.

Decisamente meno potenti degli SSME, sono comunque molto versatili, vengono alimentati da carburante iperbolico (Ildrazina e Terossido di Azoto) di facile stoccaggio. Una volta spenti possono essere riaccesi all'occorrenza anche in assenza di ossigeno. I serbatoi contenuti nell'Orbiter stivano un quantitativo di propellente di 10,4 tonnellate di cui circa la metà è utilizzata per la messa in orbita.



Sono inoltre presenti anche qui piccoli motori per il controllo d'assetto RCS, in tutto sulla navetta ve ne sono 44, utilizzati per piccole variazioni di assetto in orbita, ma anche quando è necessario compensare maggiormente la traiettoria dell'Orbiter, il tutto termina con l'impennaggio di coda.

L'imponente serbatoio esterno che in una prima fase di sviluppo doveva essere riutilizzabile, idea accantonata per ridurre i costi, è formato da tre sezioni: un serbatoio di prua contenente 541.000 litri di Ossigeno liquido, una sezione centrale non pressurizzata dove alloggiavano tutti i componenti elettrici, ed un serbatoio con 1.450.000 litri di Idrogeno liquido, per un peso totale che si aggira intorno alle 756 tonnellate.

Tutt'altro che un elemento semplice, esso ha il compito di mantenere il propellente criogenico alle basse temperature d'esercizio, in più attraverso i giunti di collegamento, deve essere in grado di mantenere agganciato a sé l'Orbiter ed i due Booster. Dopo 8 minuti circa dal lancio, allo spegnimento degli SSME, esso si sgancia dalla navetta che prosegue l'ascesa spinta dai soli OMS, ed andrà a disintegrarsi nell'atmosfera.

I due razzi SRB ausiliari posti lateralmente al serbatoio sembrano ad una prima occhiata l'elemento più leggero di tutto l'insieme, in realtà sono pesantissimi.

Alimentati da combustibile solido (Perclorato d'Ammonio e Alluminio), formati da 11 sezioni circolari unite da particolari giunture dette "O-Rings", sono lunghi 45 metri e larghi 4, per un peso ciascuno di 570 tonnellate equivalenti al 60% dell'intero peso dello Space Shuttle.

Questi motori rappresentano un elemento di rischio in quanto una volta accesi non possono essere spenti se non a carburante esaurito, e non vi è possibilità di controllo della potenza da parte dell'equipaggio.

Programmati per una combustione della durata di 120 secondi, erogano una spinta di 1500 tonnellate, arrivati ad un apogeo di circa 67 Km. il computer di volo li distacca, la relativa caduta è frenata da un paracadute che permette un ammaraggio dolce. Qui verranno recuperati per essere poi rigenerati e riutilizzati.

La procedura di assemblaggio e decollo di uno Space Shuttle riempie interi manuali NASA tanto è complessa.

Dopo essere stato letteralmente smembrato per una minuziosa revisione post missione e successivamente riassembleato in uno dei tre edifici OPF "Orbiter Processing Facility", l'Orbiter



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

viene caricato di buona parte del carico utile e di tutti i materiali di consumo, per determinarne il centro di gravità dato essenziale che permette ai computer di bordo una corretta gestione dei parametri di volo.



Successivamente trasportato al VAB, l'enorme edificio d'assemblaggio, viene messo in posizione verticale e gli viene assemblato il serbatoio esterno al quale vengono installati i due Booster ausiliari, il tutto grazie a due possenti carropponte da 200 tonnellate.

Verrà poi posizionato sulla piattaforma di lancio mobile "Mobile Launcher Platform", che a sua volta è posto sopra al "Crawler Transporter", l'enorme cingolato già visto nelle missioni Apollo, alla velocità di 2 chilometri all'ora in circa 6 ore lo porterà alla destinazione di lancio.

Ultimato il trasferimento in una delle rampe 39-A o 39-B, lo Shuttle viene assistito da una torre metallica fissa FSS "Fixed Service Structure" contenente le linee di alimentazione propellente e di una passerella per l'ingresso degli Astronauti. Vi è poi una struttura rotante mobile "Rotating Service Structure", che ruotando può ricoprire l'intero vano di carico e vano motore dove cinque piattaforme, consentono di terminare le operazioni di carico o interventi sui propulsori.



Terminate queste operazioni e rimossa la torre mobile, si dà il via alle operazioni di carico del propellente criogenico.

Il Countdown Clock cioè l'operazione di conto alla rovescia, ha inizio 43 ore prima del lancio detto "T-43" ore e le procedure eseguite cadono sotto in regime di conto alla rovesci e sono sotto la responsabilità del Centro di Controllo del Kennedy Space Centre a Cape Canaveral.

Vediamo ora un sunto delle fasi principali:

T-43 ore.

Ha inizio il Countdown, velivolo e rampa vengono preparati per il lancio.

T-19 ore.

Vengono effettuati i test di funzionamento dei tre motori principali, viene riempita d'acqua la vasca del Sound Suppression System.

T-9 ore.

Viene eseguito un ultimo controllo che non ci siano violazioni alla sicurezza, tutti i tecnici abbandonano la zona di lancio, incominciano le operazioni di riempimento dell'External Tank, dureranno 3 ore circa.

T-3ore.

Dopo aver completato la vestizione e dopo i doverosi saluti, gli Astronauti, accompagnati da una squadra di tecnici alla rampa di lancio, dove attraverso la cosiddetta White Room, fanno il loro ingresso uno ad uno nella navetta, Vengono fatti i controlli sulle comunicazioni con entrambi i centri di controllo e viene chiuso il portello.

T-20 minuti.

I computer vengono impostati in configurazione lancio.

T-9 minuti.

Il direttore di lancio, chiede un GO/NO GO a tutti i controllori. Lo Shuttle viene progressivamente isolato dalla rampa di lancio ritraendo tutti i ponti di collegamento, vengono avviate le APU "Auxiliary Power Unit", le unità energetiche ausiliari, testate le sospensioni cardaniche dei motori principali.

T-2 minuti.

Gli Astronauti chiudono le visiere, segno che tutto è pronto per la partenza.

T-50 secondi.

Lo Shuttle è alimentato solo da batterie di bordo.

T-15 secondi.

Lo Speaker ufficiale comincia il Countdown.

T-10 secondi.

Sotto i motori principali si nota una scia di scintille, sono schegge di metallo incandescente che evitano il formarsi di sacche di propellente incombusto, si attiva il sistema di soppressione del suono "Sound Suppression System", 1100



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

metri cubi d'acqua proteggono l'Orbiter dall'energia acustica generata dallo scarico dei propulsori.

T-6,6secondi.

Si accendono i motori principali SSME, impiegheranno 3 secondi per raggiungere la spinta nominale.

Lo Shuttle è ancora saldamente ancorato a terra.

I computer di bordo i GPC, segnalando possibili anomalie.

T 0.0

Si accendono i razzi ausiliari SRB e contemporaneamente i bulloni esplosivi di ancoraggio esplodono permettendo il decollo dello Space Shuttle.

Lo speaker annuncia "Liftoff".



Da questo momento e fino all'atterraggio dell'Orbiter, la responsabilità delle operazioni in



volo passa alla sala controllo del "Mission Control Center" MCC, del Johnson Space Center a Houston.

Decollato in posizione perfettamente verticale, dopo 7 secondi lo Shuttle compie una piroetta sul suo asse verticale per impostare l'inclinazione orbitale, dando inizio al programma di rullata e cabrata "Pitch and Roll Program".

L'ascesa prosegue con una velocità man mano in aumento fino ad arrivare dopo circa 35 secondi, alla massima resistenza aerodinamica detta Max Q.

Per non sovraccaricare la struttura della navetta, la potenza dei motori SSME viene portata al 65%, qui ha luogo un fenomeno noto come singolarità di Prandtl-Gaulert; il velivolo effettua la transizione a velocità supersonica formando

delle nubi di condensazione intorno ad esso.

A 120 secondi circa dal lancio, il computer di volo rileva il termine del combustibile solido nei razzi ausiliari SRB determinandone il distacco. L'Orbiter prosegue la sua traiettoria di volo con la sola spinta dei motori SSME. A 480 secondi dal decollo con una inclinazione che lo porta ad essere quasi capovolto vengono spenti i motori principali prima che il combustibile sia terminato per evitarne il danneggiamento.

Il serbatoio esterno viene separato e con l'utilizzo dei soli motori di manovra, si prosegue

fino alla definitiva messa in orbita.

Con una velocità che si aggira intorno ai 8 km al secondo, l'equipaggio dell'Orbiter può cominciare le proprie attività.

Il rientro avviene con procedure quasi del tutto gestite dai computer di bordo, è comunque possibile accedere ai comandi manuali in caso di emergenza. L'avvicinamento e l'atterraggio sono solitamente gestiti manualmente.

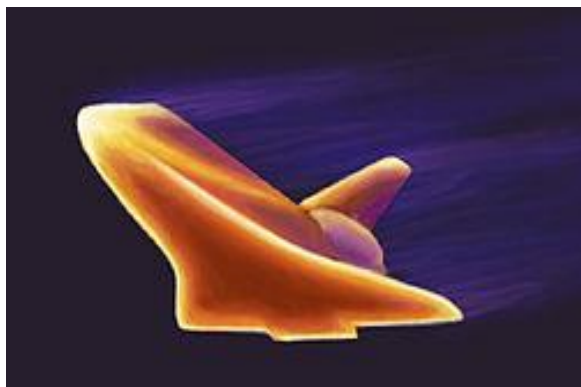
Dopo l'accensione per 3 minuti dei motori di manovra, quando è ancora in posizione sottosopra e in posizione contraria al senso di volo, il velivolo rallenta la velocità orbitale abbassando il suo perigeo, verso gli strati superiori dell'atmosfera verso quello che è chiamato corridoio di rientro, infine ruota su se stesso portando la prua verso l'alto.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

I primi sentori dell'addensarsi dell'aria si hanno a 130 km circa di altezza, con una velocità che si aggira intorno ai 8 chilometri al secondo. L'Orbiter è ora controllato dagli RCS e dalle superfici di volo per mantenere una angolazione ottimale di 40°, l'attrito atmosferico porta lo scudo termico ad una temperatura pari a 1650°.



In atmosfera la navetta vi arriva ad una velocità finale di 690 Km all'ora, vengono azionati i freni aerodinamici che lo portano a 380 Km all'ora, velocità che permette l'avvicinamento e il relativo atterraggio dove con l'aiuto di un paracadute, la navetta decelera fino a fermarsi. Nel 1974, per ovviare alla necessità di trasporto a lunghe distanze della navetta, la NASA acquista un Boeing 747 usato (sempre per mantenere bassi i costi), battezzato "Shuttle Carrier Aircraft" verrà allestito al fine di poter trasportare sul suo dorso l'Orbiter.



Nel marzo del 1976 arriva il primo Orbiter, all'attenzione dei media accorsi da tutto il mondo curiosi di vedere questa conquista della tecnologia aerospaziale, e da una piccola commissione un po' speciale, parte del cast del telefilm "Star Trek", viene mostrato per la prima volta l'Enterprise "OV-101", lo stupore e il fascino suscitato è soltanto immaginabile. Era la prima apparizione della navetta, e poco importava se nella fusoliera di coda i motori

SSME non erano presenti perché il loro sviluppo aveva subito un forte ritardo, il fascino di quel veicolo che partiva come un razzo ed atterrava come un aliante, aveva letteralmente fatto il giro del mondo.

L'Enterprise, nell'ambito del programma "Approach and Landing Test", il 12 agosto 1977, portato in alta quota dal 747, venne sganciato per effettuare il primo volo a vela, ne seguiranno altri, ma questa navetta nata per prima e non allestita per missioni orbitali non volerà mai nello spazio.

Per il primo vero volo orbitale dello Space Shuttle, missione STS1, bisognerà aspettare il 12 aprile 1981.

La navetta pronta sulla rampa 39-A, porta il nome di un glorioso Modulo di Comando; Columbia "OV-102".

Per il comando di questa storica missione viene chiamato un veterano dello spazio John W. Young, e come pilota Robert Crippen.

Nono uomo ad aver messo piede sulla Luna con Lapollo 16, Young arriva alla NASA come pilota collaudatore, partecipò inoltre alle missioni Gemini 3 e 10 e Apollo 10. Tutto questo lo rese la scelta più sicura da farsi per un volo così delicato. Crippen era invece al suo primo volo in assoluto, anche se aveva fatto parte di svariati equipaggi di riserva per missioni Skylab e per



l'Apollo-Soyouz.

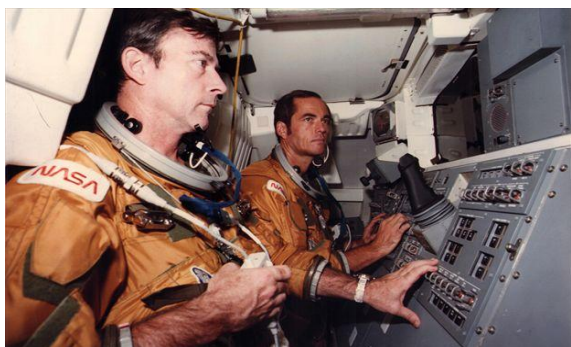
Il 12 aprile, dopo una serie di rinvii tecnici, nel giorno del ventesimo anniversario del volo di Gagarin, dalla rampa 39-A, il Columbia accende i motori e con un fragore non più avvertito dalle missioni Apollo, prende il via l'avventura dello Space Shuttle.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

Seguito sui teleschermi di tutto il globo, tutto va come da programma, l'entrata in orbita è commentata dai due Astronauti come perfetta. Il Columbia eseguirà 17 orbite per un totale di due giorni di volo, il rientro, il volo planato ed il relativo atterraggio alla base di Edwards, avviene come da manuale.



Il 12 novembre dello stesso anno il Columbia ripartì per seconda missione STS-2, diventando la prima Astronave nella Storia ad essere riutilizzata.

La storia della navetta riutilizzabile, ha tra il 1982 e il 1986 un esponenziale crescendo di missioni, tutte andate a buon fine.

La NASA si era inoltre affacciata al settore commerciale dei satelliti per telecomunicazioni, per cui gli aspetti economici erano più che soddisfacenti, fino al gennaio 1986.

Esiste un detto che cita "Quando le cose vanno troppo bene, e troppo a lungo, c'è sempre un imprevisto o qualcosa che va storto....".

Erano gli anni in cui il sogno di andare nello spazio facilmente, sembrava essersi avverato attraverso lo Space Shuttle, la NASA inoltre volendo forse dare un aspetto veritiero a quest'idea comune, aveva inserito nell'equipaggio della missione STS 51L, una maestra di scuola elementare; Sharon Christa McAuliffe.

Il Challenger si sarebbe trasformato in una



cattedra scolastica spaziale, con una lezione tenuta in Orbita dalla Maestrina.

Il 28 gennaio 1986, tutto è pronto, nelle tribune dello Kennedy Space Center, oltre a vari componenti della famiglia sono presenti gli alunni della classe dove la McAuliffe prestava lezione.

La giornata è perfetta, e al momento del lancio il pubblico applaude festoso, tutto sembra andare bene, quando a 73 secondi circa dal decollo una fiammata improvvisa seguita da un boato sordo,



trasforma il velivolo in una gigantesca nuvola di fumo e detriti. Il pubblico ammutolisce, si avverte solo il fragore dei razzi ausiliari che proseguono senza controllo. Il Challenger è esploso uccidendo all'istante tutto l'equipaggio.

I risultati dell'inchiesta riveleranno che un difetto in un giunto tra due sezioni, detto O-Rings, nel razzo ausiliario SRB di destra, aveva causato la fuoriuscita di fiammate di scarico che a contatto con il serbatoio esterno, ne avevano causato l'esplosione.

Da questa tragedia la NASA ne uscirà solo dopo 32 mesi di stop alle missioni, la messa in orbita di satelliti commerciali venne sospesa temporaneamente, e tutto il sistema Shuttle fu rivisitato in tutti i suoi componenti.

Il 29 settembre 1988, la missione STS 26, riavviò i voli della navetta.

Diciassette anni dopo la tragedia del Challenger, il 16 gennaio 2003, il Columbia impegnato nella missione STS 107, durante la fase di rientro non rispose agli appelli radio fatti dal controllo missione, scatta una allerta generale ma una inequivocabile scia radar di detriti incandescenti non lascia spazio a dubbi.

Il glorioso Columbia si è disintegrato con tutto il suo equipaggio, per ragioni sconosciute.

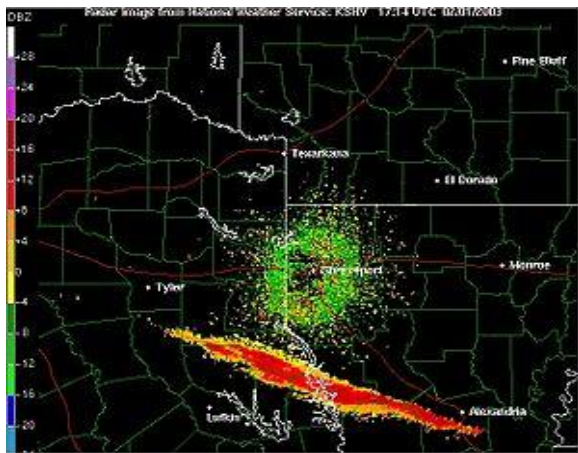
Vennero fatte le ipotesi più disparate, ma dalle immagini della fase di ascesa era chiaramente visibile un detrito, probabilmente un pezzo di intercapedine del grosso serbatoio esterno,



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

staccarsi andando ad impattare violentemente contro lo scudo dell'ala sinistra dell'Orbiter. Il danno non rilevato portò in fase di rientro alla disintegrazione dell'ala e successivamente di tutto il velivolo.



Nella foto una mappa dei detriti rilevati.

Venne nuovamente messa sotto inchiesta l'incuria nelle verifiche a terra che venivano fatte a tutti i componenti. Da quel momento in poi nuove verifiche al fine di garantire la sicurezza dell'equipaggio vengono fatte sia a terra che in volo, in caso di una grossa avaria in orbita, è sempre pronta una seconda navetta per una missione di soccorso.

In tutti questi anni abbiamo visto partire un numero enorme di uomini e donne con lo Space Shuttle, e per quanto sia diventata una macchina troppo costosa, ha portato a termine imprese memorabili. Basti pensare al telescopio Hubble, all'aggancio con la Stazione spaziale MIR, e tante, tante altre imprese, non dimentichiamo inoltre che anche l'Italia ha volato sullo Shuttle. Ecco i nomi degli Astronauti Italiani: Franco Malerba, Umberto Guidoni, Paolo Nespoli, Alberto Vittori, Maurizio Cheli. Ben hanno figurato ricoprendo svariate mansioni, portando a termine molti esperimenti per conto dell'ESA.

Con il solo intento di terminare la Stazione Spaziale Internazionale, la vita dello Space Shuttle, con una tecnologia ormai troppo vecchia e dai costi di esercizio divenuti giganteschi, è stata portata ad un trentennio esatto. Questa macchina meravigliosamente complicata, ha traghettato la nostra generazione, che da fanciulli l'abbiamo vista nascere, fino agli uomini

adulti che siamo diventati, facendoci sognare la conquista del Cosmo....

Curiosità:

Il nome della prima navetta "Enterprise", fu richiesto con molta insistenza da tantissimi Fan della serie "Star Trek" (vedi gli interpreti nella foto sotto).



Anche l'Unione Sovietica si era cimentata nella costruzione di una navetta spaziale, il "Buran" che tradotto vuol dire Tempesta di neve. L'esperimento si è concluso con 2 voli sperimentali senza equipaggio.

Con il crollo dell'Unione Sovietica, le navette in assemblaggio vennero smantellate, delle tre navette terminate, una è stata smantellata, un'altra usata come attrazione a pagamento a "Gorkij Park", l'ultima unico esemplare ad aver





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 3 - numero 4 1/12/2011

volato, è stata irreparabilmente danneggiata dal crollo del tetto dell'hangar dove giaceva a Baikonur. (foto nella pagina precedente).

Ebbene si!! anche James Bond ha volato sullo Space Shuttle.

Durante il film **007 OPERAZIONE MOONRAKER**, 007, a bordo di una navetta, assieme ad altre navette affrontano in orbita una flotta di navette nemiche comandate dalla organizzazione criminale di turno, ovviamente Bond salva il mondo e successivamente compie una serie imprecisata di orbite con l'immane Bond/Girl.



Dal Circolo di Osservazione Scientifico tecnologico di MOdena "Il C.O.S.MO"



Buon Natale E Felice Anno Nuovo



Luigi Borghi