



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 5 - numero 1 1/03/2013

EDITORIALE

Le miniere sugli asteroidi.

Fino a poco tempo fa sembrava solo una buona idea per un romanzo di fantascienza, ma oggi, nonostante la paura di **Chelyabinsk**, è diventato un piano industriale. Gli asteroidi sono miniere a cielo aperto di elementi pesanti e rari. Sembrano scomodi da raggiungere, ma è decisamente più facile far transitare grossi carichi da e per gli asteroidi, piuttosto che verso la Luna. È di poche settimane fa la notizia che la DSI (**Deep Space Industries Inc.**) ha svelato il suo piano per sfruttare commercialmente gli asteroidi. Dopo l'annuncio dell'aprile scorso della società **Planetary Resources Inc.** dell'intenzione di iniziare la ricerca di asteroidi da sfruttare commercialmente, oggi è la volta della DSI che ha svelato la sua intenzione di impiantarvi delle miniere.

Per prima cosa prevede di lanciare nel 2015 tre piccoli satelliti chiamati 'FireFly' e dirigerli verso asteroidi prefissati, dove eseguiranno un controllo delle possibilità di sfruttamento di questi corpi celesti. Se tutto andrà come previsto, dopo i FireFly, seguirà un veicolo spaziale leggermente più grande, il DragonFly, da lanciare nel 2017.

La sua missione sarà quella di recuperare del materiale da un asteroide e riportarlo a Terra.

Il piano a lunga scadenza prevede poi l'utilizzo di "fonderie spaziali" che, **utilizzando la tecnologia delle stampanti 3D, possano costruire componenti metallici (da pochi millimetri a parecchi metri), sfruttando il materiale dell'asteroide. Questi particolari saranno poi assemblati localmente per costruire strutture come basi orbitanti o navi spaziali** (vedi figura in alto).

I fondatori della DSI non forniscono cifre su quanto potrà costare il progetto ma affermano che le tecnologie richieste sono già disponibili adesso. Non è dato sapere neanche quale sarà la fonte di energia. Potrebbe essere di origine nucleare, vista l'enorme quantità richiesta per il processo di fusione.

Indubbiamente un programma ambizioso e c'è da scommettere che se l'investimento a lungo termine è realizzato con finanziamenti privati il risultato non mancherà.

Spero solo che a fronte di questa nuova corsa all'eldorado, si stabiliscano anche, a livello globale, regole tali per cui non andiamo a inquinare anche lo spazio (come già stiamo facendo con i rifiuti orbitanti).

L'ONU dovrebbe farsi carico di questo problema ed in fretta, perché già l'asteroide 2012 DA14, di

circa 45 metri di diametro, passato a meno di 22.000 km dalla Terra il 15 febbraio, è stato valutato circa 200 miliardi di dollari dalla stessa Depp space. Quindi il business c'è e l'eldorado sta per cominciare.

Il presidente Luigi Borghi.

e-mail: borghiluigi23@gmail.com



Immagine artistica dello sfruttamento

In Breve

Domande impossibili

di Leonardo Avella

Nuova rubrica

Pag 2

Astronautica

di Luigi Borghi

Ascensore spaziale, si fa sul serio?

Pag 2

Extraterrestri

di Luigi Borghi

Alla ricerca di alieni.

Pag 5

Astronautica

di Luigi Borghi

Il sistema di salvataggio di Galileo.

Pag 8

La NASA entra nella missione Euclide.

Pag 11

Eris ed il modello di Hajdukovic.

Pag 12

Storia dell'astronautica

di Davide Borghi e Ciro Sacchetti.

(con la collaborazione di Edward Chistov)

Il razzo N1 (H-1)

Pag 14

Storia

di Franco Villa.

La nascita del sistema metrico decimale.

Pag 23

Micro/Nanotecnologia

di Benedetta Marmioli.

I processi additivi.

Pag 30

Domande impossibili

di Leonardo Avella.

Le risposte.

Pag 37



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Le domande impossibili (domanda)

di Leonardo Avella

Eccoci arrivati al terzo appuntamento della nostra rubrica.

In questo numero torniamo alla tradizione delle domande rigorose, scientifiche ma che vi assicuro nascondono non poche sorprese. La domanda di questo numero è la seguente:

Quanto dura un secondo?

Buona lettura della rivista, **la risposta al solito nelle ultime pagine.**

Ascensore spaziale, si fa sul serio?

di Luigi Borghi

Tutte le volte che, nelle varie serate o corsi di astronomia, parlo di questa bizzarra idea, trovo sempre qualche scettico che si mette a ridere. È più che comprensibile! Andare nello spazio con un ascensore sembra credibile quanto vuotare il mare con un cucchiaino. In effetti se si pensa alla tecnologia attuale degli ascensori, sembra impossibile ma non è così!

La LiftPort (un compagnia privata nello stato di



Washington, fondata nel 2003 da **Michael J. Laine**) sogna un ascensore lunare **entro il 2020.**

La società sta progettando di inviare un ascensore spaziale sulla Luna entro i prossimi dieci anni. Il progetto si chiama Lunar Space Elevator Infrastructure (LSEI) e dovrebbe essere un semplice modello che dimostri la fattibilità dell'impresa.

Lo LSEI verrebbe lanciato dalla Terra con un normale razzo pesante che lo farebbe arrivare al punto Lagrangiano fra la Terra e la Luna (dove gli effetti gravitazionali dei due corpi celesti si annullano). Da qui il veicolo farebbe calare il cavo verso la Luna da una distanza di circa 55.000 km fino a toccare la superficie lunare ed ancorarsi.

Nello stesso tempo un altro cavo verrebbe fatto salire (o scendere) verso la Terra, con un contrappeso, per una distanza di circa 195.000 km. **L'obiettivo della LiftPort è, al momento, quello di raccogliere fondi per un totale di circa 3 milioni di dollari per eseguire uno studio di fattibilità completo per la missione lunare.**

La LiftPort ha perseguito negli anni scorsi il progetto di un'ascensore spaziale che partisse dalla Terra ma, data la complessità ed i costi ancora proibitivi, ha deciso di tentare prima un più semplice ascensore lunare. La LiftPort ha costruito diversi modelli in scala funzionanti di veicoli che possono scorrere lungo un nastro teso per alcune decine di metri verso il cielo ed ha partecipato ai concorsi che sono stati lanciati dalla NASA per lo sviluppo di tecnologie spaziali alternative.

Se il sistema funzionasse **si potrebbe raggiungere la Luna e tornare a costi di 100 volte inferiori a quelli attuali.** Senza contare che diverrebbe possibile lo sfruttamento minerario del nostro satellite naturale.

La scelta della Luna come primo round potrebbe sembrare più complicato ma non lo è.

La Luna offre innumerevoli vantaggi:

- la gravità è un sesto,
- non c'è atmosfera, quindi non ci sono problemi di forze (il vento) che tenderebbero a far spostare il cavo ancorato al satellite.
- non c'è il pericolo di atti vandalici o terroristici, che oggi incidono parecchio sui costi dei grandi progetti.

Sicuramente sarà un progetto a lungo termine che richiederà sforzi ingegneristici ed economici colossali, ma visto il business che si sta preconfigurando sulla Luna è probabile che i grandi investitori spuntino come funghi.



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 5 - numero 1 1/03/2013

Ci sono due punti sincroni con la superficie lunare dove potrebbe essere posizionato l'ascensore che sono stabili: i punti di Lagrange L_1 e L_2 .

L_1 (dal lato della Luna rivolto verso la Terra) si trova a 56.000 km dalla superficie. In questo punto, la forza di gravità e quella centrifuga sono in equilibrio, e fino a che il sistema rimane bilanciato, rimarrà stazionario.

Entrambi questi punti sono sostanzialmente più lontani dalla superficie lunare dei 36.000 km che ci sono dalla Terra all'orbita geostazionaria. Inoltre, la parte del sistema composta dal cavo che si estende in basso verso la Luna dovrebbe essere bilanciata dal cavo che si estende al di sopra del punto di equilibrio, e la lenta rotazione della Luna implica che l'estremità superiore del cavo dovrebbe trovarsi ad una distanza molto maggiore dell'estremità del cavo nel sistema dell'Ascensore terrestre.

Per sospendere un kilogrammo di cavo o di carico appena sopra la superficie della Luna richiederebbe 1.000 kg di contrappeso, 26.000 km oltre L_1 . (un contrappeso minore su un cavo più lungo, esempio: 100 kg ad una distanza di 230.000 km; - oltre metà della distanza tra la Terra e la Luna - avrebbe lo stesso effetto di bilanciamento). Senza la gravità terrestre ad attrarlo, un cavo ancorato per esempio su L_2 anziché L_1 richiederebbe 1000 kg di contrappeso ad una distanza di 120.000 km dalla Luna.

Ma qual'è la tecnologia innovativa che oggi permette di pensare ad un progetto così arduo?

Basta guardare i numeri di questo progetto.

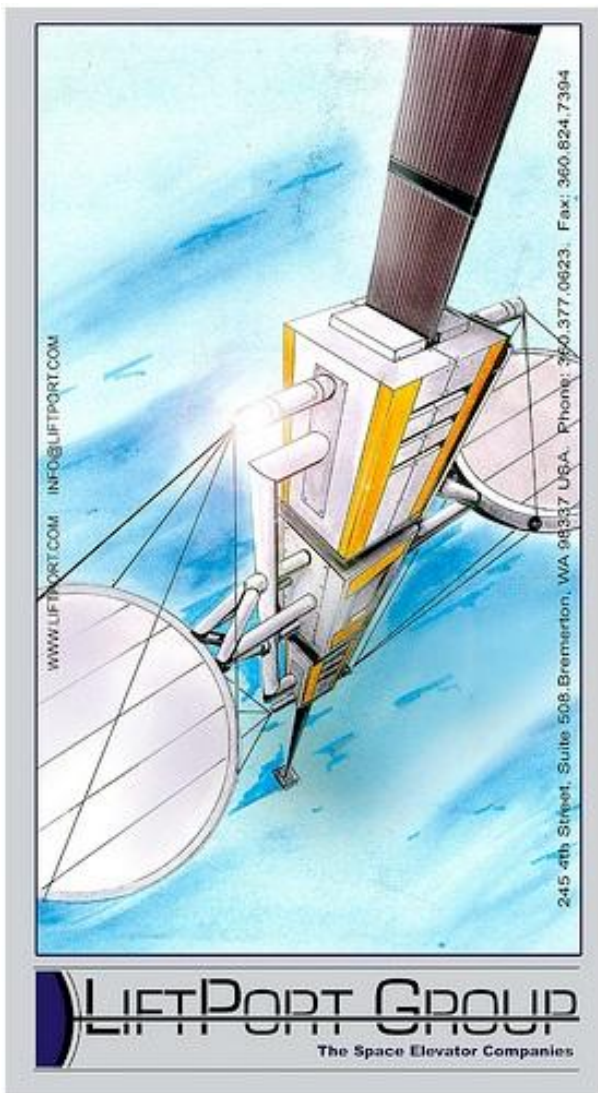
- 55.000 km di cavo verso la Luna
- 195.000 km di cavo verso la Terra.

Se pensassimo di utilizzare del cavo di acciaio, come negli ascensori tradizionali, diciamo con un peso di circa 40 kg al metro, ci troveremo a dover "appendere" nello spazio qualche cosa come oltre 10 milioni di tonnellate di massa, solo per i cavi (non è tutto peso, ma solo massa).

Cosa che farebbe risultare troppo piccolo il cavo, costringendo a sceglierne uno molto più grosso, quindi molto più pesante, pertanto una continua rincorsa impossibile da risolvere.

La tecnologia giusta è legata ai NANOTUBI di CARBONIO. Una fibra sintetica costituita da nanotubi di carbonio sarebbe la più resistente mai realizzata. È stato calcolato che un nanotubo ideale avrebbe una resistenza alla trazione 100 volte più grande di quella di una barretta d'acciaio ma con un peso 6 volte minore. Se le proprietà di resistenza vengono rapportate alla densità del materiale (la cosiddetta resistenza specifica), allora possiamo affermare che il nanotubo è il miglior materiale che l'ingegneria abbia prodotto. Inoltre va ricordato che i nanotubi non sono solamente resistenti alla rottura per trazione, ma sono anche molto flessibili, e possono essere piegati ripetitivamente fino a circa 90° senza rompersi o danneggiarsi.

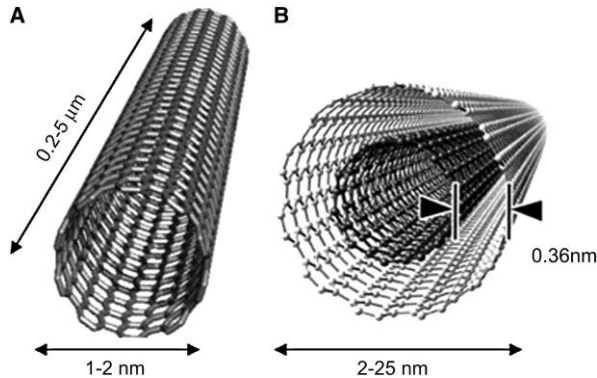
Quindi con questa tecnologia, che però non è ancora matura e non si riesce ancora ad ottenere una produzione di quantità industriali ed a costi contenuti, si risolve la altrimenti impossibile equazione peso/lunghezza.





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

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 5 - numero 1 1/03/2013

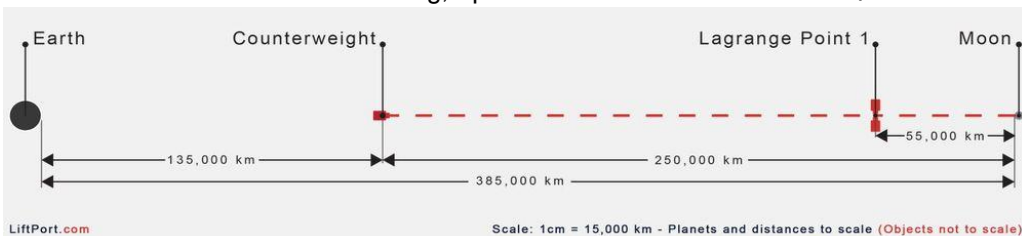


Abbiamo già detto che parliamo di massa e non di peso, perché la parte di cavo che "cade" verso la Terra è influenzata da una gravità crescente ma con non arriva mai ad 1g, perché si

giorno, di notte, con la luna piena o con i quarti di Luna, sempre!! A circa 135.000 km da terra.

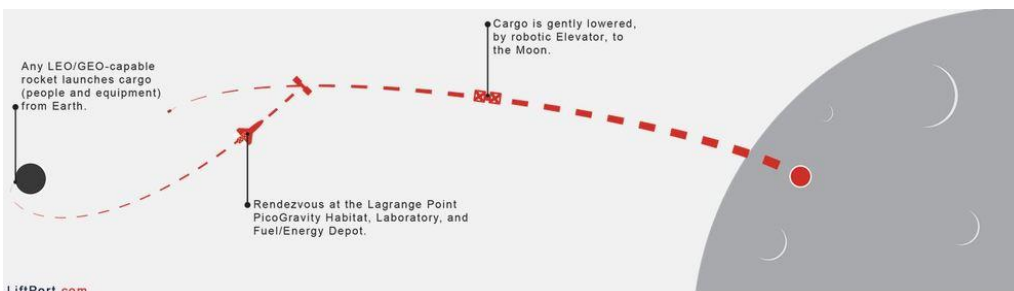
Con una architettura di questo genere è evidente che non sarà possibile ancorare l'altro capo alla Terra, perché diventerebbe un gomito di cavo nel giro di un giorno. È una scelta dovuta alla maggior semplicità. Se si ancorasse sulla Terra ed il contrappeso nello spazio, avremmo un sistema comodo per mettere in orbita satelliti o costruire attrezzature complesse in orbita perché il carico e scarico avviene a Terra come su un ascensore, ma saremmo sincronizzati con la Luna solo una volta ogni 28 giorni.

L'ancoraggio sulla Luna invece ci pare la soluzione giusta per portare carichi da e per il nostro satellite, perché saremmo sincronizzati con essa sempre. Mentre la sincronizzazione con



un determinato meridiano terrestre avverrebbe comunque una volta al giorno.

La conclusione è che se la tecnologia andrà avanti serviranno tutti e due gli approcci.



fermerebbe a oltre 100.000 km dalla superficie terrestre. I 55.000 km di cavo verso la Luna invece risentono di un peso crescente verso la Luna che arriva però a solo un sesto di quella terrestre a contatto con il suolo.

Il calcolo si complica parecchio per il fatto che tutto il sistema è in "tensione". Da un lato del cavo c'è l'ancoraggio sul suolo lunare e dall'altro c'è un contrappeso (un asteroide o qualche cosa di massa consistente) che ruota sincrono con la Luna, ma ad una distanza ben maggiore di quella di equilibrio, cioè a circa 250.000 km di distanza dalla superficie lunare. Ciò provoca quindi una forza centrifuga che tenderebbe a far perdere il contrappeso nello spazio, ma non accade perché è trattenuto dal cavo che quindi resta in tensione. Dal punto di vista terrestre, se un ipotetico osservatore potesse vedere questo contrappeso, dovrebbe guardare verso la Luna e lo vedrebbe sempre nel bel mezzo della sua immagine. Di



Per maggiori informazioni:

<http://liftport.com/Tour/LiftPortTour.htm>

<http://www.pa.msu.edu/cmp/csc/nanotube.html>



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 5 - numero 1 1/03/2013

Alla ricerca di alieni.

di Luigi Borghi

Ma come è possibile che, dopo che si sa per certo che nella sola via Lattea esistono milioni, se non miliardi di pianeti simili alla Terra, non si siano ancora trovati gli alieni?

Nonostante il grande numero di pianeti abitabili che devono esistere nell'Universo, è estremamente probabile che non entreremo mai in contatto con alcuna civiltà extraterrestre. Se ne facciano una ragione coloro che, anche nel nostro Parlamento, chiedono di prendere sul serio il fenomeno UFO. Direi che abbiamo altri problemi decisamente più seri e tristemente più urgenti!



I primi avvistamenti (di pianeti extrasolari, non di UFO) sono avvenuti il 5 ottobre 1995, ad opera di Michel Mayor e Didier Queloz, dell'Osservatorio di Ginevra. Quel giorno i due scienziati annunciarono di avere scoperto il primo pianeta extrasolare nella storia, di massa paragonabile a quella di Giove, attorno alla stella 51 Pegasi.

Da allora sono stati individuati quasi mille pianeti extrasolari che orbitano intorno a stelle relativamente vicine a noi (< di 600 anni luce).

Le tecniche usate sono diventate sempre più sofisticate e precise e si è riusciti ad osservare anche pianeti relativamente piccoli, della dimensione della Terra.

Poi, spinti dalla voglia di trovare una nuova terra promessa, nel marzo 2009 fu lanciato da Cape Canaveral il satellite Kepler, realizzato dalla NASA, con l'obiettivo di accelerare la scoperta di pianeti extrasolari di dimensione terrestre.

Kepler si è dato da fare in una piccola porzione di cielo ed ha scoperto che è normale che ci siano stelle circondate da pianeti, come nel caso del

nostro sistema solare. Non è una eccezione come si pensava.

Gli scienziati che studiano i dati di Kepler, lo scorso anno hanno annunciato la scoperta del primo pianeta di dimensione terrestre che orbita intorno alla sua stella in una fascia considerata di abitabilità.

Secondo recenti valutazioni statistiche realizzate dallo Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, il 17% delle stelle della nostra galassia ha un pianeta di una dimensione simile a quella della Terra.

Ora considerando solo la nostra galassia formata da circa cento miliardi di stelle, significa che potrebbero esserci 17 miliardi di pianeti di dimensioni simili a quelle della Terra. Alcuni di questi troppo vicini alle proprie stelle e, come nel caso di Mercurio per il nostro sistema solare, temperature superficiali molto elevate e acqua completamente evaporata, quindi prospettive di abitabilità e di formazione della vita ridotte a zero.

In ogni caso, se le statistiche sono corrette, **nella sola Via Lattea, è possibile che ci siano centinaia di milioni di pianeti extrasolari di dimensione terrestre nella fascia di abitabilità e quindi nelle condizioni di ospitare la vita.**

Un numero straordinariamente elevato che gli astronomi non immaginavano fino a pochi anni fa. È mai possibile che con una tale quantità di pianeti simili alla Terra non ci siano vite extraterrestri in contatto con noi?

Sì, è possibile, anzi estremamente probabile.

Bisogna ricordarsi che le distanze tra le stelle, anche quelle più vicine, sono straordinariamente elevate, dell'ordine dei milioni di miliardi o addirittura dei miliardi di miliardi di chilometri, e che non è possibile superare la velocità della luce, di soli trecentomila chilometri al secondo. Queste due condizioni non consentono di immaginarsi un contatto diretto e rendono letteralmente impossibile un viaggio interstellare, sia per noi sia per eventuali probabili alieni.

L'altro limite fortissimo è la **finestra temporale** della nostra civiltà e, con tutta probabilità, anche di quella degli eventuali extraterrestri.

Qualsiasi cosa nell'Universo nasce, vive e muore. Una stella, un pianeta, una specie animale, un essere umano, una civiltà. Tutto intorno a noi ha un ciclo che, necessariamente, termina con la morte o l'estinzione.



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Nel caso dell'Uomo, le prime tracce di ominidi risalgono a circa 2 milioni di anni fa ma quelle dell'homo sapiens moderno sono di 150 mila anni fa.

Il primo satellite artificiale realizzato dall'uomo ha lasciato la crosta terrestre poco più di cinquanta anni fa.

Quanto ci vorrà ancora prima che la nostra civiltà si estingua? Mille? Centomila anni? Difficile prevederlo ma sicuramente, se continueremo a gestire così male il nostro pianeta, anche molto prima. In un arco temporale così breve rispetto alla durata dell'Universo è praticamente impossibile, o per meglio dire altamente improbabile, che due civiltà nate casualmente su due pianeti nella nostra galassia si incontrino.

Avranno vissuto in finestre temporali differenti e non avranno avuto modo di scambiarsi neppure un messaggio.

La sproporzione fra la dimensione spaziale e quella temporale dell'Universo era stata già colta da **Enrico Fermi**, il quale diede il nome a un paradosso riguardante la possibilità di stabilire dei contatti con entità aliene.

Ne abbiamo parlato parecchio nelle nostre serate dedicate alla vita extraterrestre. Noi ed i probabili alinei siamo troppo distanti nel tempo e nello spazio, e poi non è detto che, qualora ci fosse una portata di mano una intelligenza aliena, essa abbia voglia e capacità di mandarci messaggi.

Eppure gli ufologi, senza portare alcuna prova certa, sostengono che ci sono stati già molti contatti con civiltà aliene e che sono stati fatti molti avvistamenti di oggetti non identificati, i cosiddetti UFO, che potrebbero essere navi spaziali provenienti chissà da quale pianeta lontano.

A me (e non solo) **sembra quanto meno bizzarro che una civiltà extraterrestre, dopo aver affrontato un viaggio massacrante durato forse molte decine di migliaia di anni, arrivi sulla Terra e non si palesi in maniera evidente.**

La verità è che non sono mai arrivati!

Le fantasie degli ufologi sono alimentate, come spesso accade, da una buona letteratura e filmografia di fantascienza. Cerchiamo però di non confondere questo con la scienza.

Questa confusione è addirittura recentemente approdata in Parlamento dove, secondo notizie che devo dire onestamente meritano una verifica più severa, due nostri Onorevoli, entrambi laureati ed il primo addirittura in Fisica, hanno

presentato il 20 dicembre scorso una interrogazione a risposta scritta (Atto Camera 4-19252 presentata da xxxxxxxxxx giovedì 20 dicembre 2012, seduta n.737). Non pubblichiamo i nomi perché non vogliamo attribuire il fatto a nessun partito politico. Chi è interessato può visitare il sito:

http://banchedati.camera.it/sindacatoispettivo_16/showXhtml.Asp?idAtto=64706&stile=6&highLight=1

Il testo di questa interrogazione ha provocato molte reazioni tra la stampa scientifica perché fa riferimento ad esempi e testimonianze che appartengono più alla civiltà degli ufologi che a quella degli scienziati.

Rivolgendosi, infatti, ai Ministri della Difesa e degli Esteri italiani, i due deputati si rifanno ad una notizia, già da tempo smentita a tutti i livelli, che presso l'ONU sarebbe stato costituito un organismo denominato Unoosa diretto dall'astrofisica malese Mazlan Othman con il fine di accogliere gli extraterrestri.

A questo proposito vi invito a **rileggere l'editoriale della nostra rivista nel numero 4 del 2010**. L'argomento lo avevamo già trattato e già allora avevamo affermato che la Othman aveva smentito.

L'interrogazione **cita il Premier russo Medvedev, sicuramente a conoscenza di segreti indicibili, già documentati dal film «Men in Black»!** Non mancano riferimenti a Ronald Reagan, Winston Churchill, Jimmy Carter che, a detta degli interpellanti, hanno avuto frequenti contatti con gli extraterrestri o erano stati messi a conoscenza di nascoste verità da parte dei servizi segreti dei loro Paesi. **Obbligatorio un riferimento all'Area 51 e al disco volante di Roswell.**

Insomma: un insieme di affermazioni non comprovate che si concludono con la domanda **“se il Governo intenda reperire elementi anche sul piano internazionale sull'argomento esposto, come ad esempio l'esistenza dell'Area 51, se l'Italia disponga e dove di eventuali strutture delle Forze armate o di altri Corpi dello Stato dediti allo studio del fenomeno ufologico”.**

Ora io, a questo punto faccio un paio di considerazioni:

- 1) Nella grave situazione in cui versa l'Europa tutta, e l'Italia in particolare, non riesco ad immaginare parlamentari italiani occupati a prepararsi e preparare le Istituzioni all'arrivo degli alieni.



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

- 2) Un minimo di sana letteratura e preparazione scientifica sull'argomento prima di presentare una interrogazione parlamentare sarebbe il minimo che dovrebbe fare un nostro rappresentante pagato decine di migliaia di euro al mese, con il rischio di far perdere tempo ad altri come lui.

Gli studiosi di UFO sono persone che analizzano fenomeni che apparentemente non hanno una spiegazione scientifica e quasi sempre arrivano a concludere che sono frutto di un abbaglio, un fenomeno naturale poco noto, un aereo militare ancora segreto, un satellite artificiale, Giove o altro corpo celeste, suggestione di massa o spesso anche semplici e ben architettate bufale.

Io capisco questi studiosi che spendono il loro tempo su un argomento interessante ed intrigante come quello degli UFO, ma che ora ci si debba mettere anche il governo lo trovo veramente eccessivo!

Credo che i parlamentari in questione abbiano preso, a mio avviso molto ingenuamente, per buone queste notizie che girano su internet, senza preoccuparsi di fare qualche verifica.

Dobbiamo farcene una ragione: nonostante i miliardi di Terre in giro per la nostra galassia (e chissà in quante altre), siamo con tutta probabilità destinati ad essere una civiltà isolata in un Universo smisuratamente grande.

Ringrazio *Emilio Sassone Corsi* dal cui articolo rilevato su internet (UAI e INAF), ho estratto parte di questi contenuti che ovviamente condivido pienamente.

Luigi Borghi.



Il sistema di salvataggio di Galileo supera la prima prova spaziale

di Luigi Borghi



Può sembrare dispersivo, costoso ed inutile la proliferazione di sistemi integrati di rilevamento posizione satellitare, dal momento che il GPS americano funziona benissimo ed è ormai utilizzato a livello mondiale da tutti i paesi del mondo. Dopo il **GPS** abbiamo visto la nascita del **Glonass** russo, del **Galileo** europeo del **Beidou** (poi nel 2020 sarà **COMPASS**) cinese e del **IRNSS** indiano. Ci sono "rumors" di sviluppo anche di un sistema iraniano.

La ragione principale che ha spinto questi paesi a sviluppare un proprio sistema è sicuramente legata al fatto che il GPS americano è stato progettato, sviluppato e soprattutto pagato dal budget del Pentagono, che poi è stato reso disponibile per uso civile, prima in una forma a precisione volutamente limitata e poi "sbloccata" da Clinton durante il suo primo mandato. Quindi l'origine militare ha fatto temere che in caso di

crisi internazionale l'esercito USA decida di "chiudere i rubinetti" e lasciare tutti quanti letteralmente "disorientati". Situazione possibile, anche se ritengo remota ed improbabile per diverse ragioni, ma si sa che un governo o un paese libero non può vincolare la sua sicurezza agli umori di un generale o di un presidente di un paese straniero.

Ma un'altra ragione, non meno importante, della proliferazione di questi sistemi, a mio avviso, è legata alla continua innovazione tecnologica che consente a questi nuovi sistemi performance sempre più significative. Questo è vero anche per il GPS, perché i satelliti che vengono sostituiti (un satellite GPS ha una vita media di circa sette anni) sono naturalmente continuamente aggiornati.

Questo articolo focalizza l'attenzione su una performance particolare della nostra rete europea.



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Il 23 gennaio scorso è stato acceso per la prima volta il sistema di ricerca e recupero (SAR - Search and Rescue) di Galileo che ha mostrato di funzionare bene. Con la sua attivazione è iniziata la fase di espansione della rete Cospas-Sarsat che permette di portare aiuto in aria ed in mare ai vascelli in difficoltà. Il secondo paio di satelliti del sistema di navigazione Europeo Galileo (lanciati assieme lo scorso 12 ottobre) sono i primi della costellazione che ospitano i ripetitori del sistema di salvataggio SAR.

Questi strumenti possono captare i segnali di emergenza in UHF emessi da aerei e navi in difficoltà ed anche da individui, e poi li ritrasmettono all'autorità locali permettendo così il recupero ed il salvataggio.

Una volta che i satelliti hanno raggiunto la loro quota orbitale di 23.222 km è iniziata la rigorosa campagna di test. Il turno di accendere il ripetitore SAR a bordo del terzo satellite Galileo è giunto il 17 gennaio. *"In questo momento la nostra maggiore occupazione è quella di controllare che il trasmettitore non sia stato danneggiato dal lancio,"* spiega l'ingegnere SAR dell'ESA, Igor Stojkovic. *"Il primo giorno è stato occupato con l'accensione del ripetitore ed il controllo che le temperature ed i profili di consumo energetico fossero nei limiti fissati. Il giorno dopo abbiamo inviato un segnale al ripetitore utilizzando l'antenna UHF del Centro Redu dell'ESA in Belgio, e poi l'abbiamo captata in risposta con la nostra antenna in banda L."* L'antenna di Redu è di 20 metri di diametro (foto sopra a destra), in modo che il segnale ritrasmesso fosse captato con grande accuratezza, fuori dal rumore di fondo. *"Abbiamo potuto misurare con precisione la potenza, il tempo impiegato a rinviarci il segnale e così via,"* aggiunge Igor.

Ulteriori test più approfonditi seguiranno per completare la prova di questo nuovo tipo di SAR in orbita. Questo sistema internazionale è stato utilizzato per le operazioni di ricerca e recupero



per oltre tre decenni permettendo di salvare quasi 31.000 persone durante questo lasso di tempo. Cospas è l'acronimo Russo per 'Space System for the Search of Vessels in Distress' mentre Sarsat per 'Search and Rescue Satellite-Aided Tracking'.

Le stazioni di Terra - conosciute come Local User Terminal - determinano la sorgente della chiamata di emergenza utilizzando i segnali ritrasmessi dai satelliti partecipanti al progetto, ed allertano le autorità locali.

Fondata dal Canada, dalla Francia, dalla Russia e dagli Stati Uniti il sistema Cospas-Sarsat vede ora 43 fra Paesi ed organizzazioni partecipanti.

E' iniziato con la sistemazione di apparecchiature su satelliti di orbita bassa i quali, a causa del loro veloce movimento orbitale permettono per l'effetto Doppler di rilevare i segnali di emergenza. Il loro svantaggio è dato dal loro campo di vista che è relativamente piccolo.

Il sistema è poi stato installato sui satelliti in orbita geostazionaria che vedono continuamente un terzo del globo ma, dato che non si muovono relativamente al suolo, non possono localizzare il segnale direttamente. I ripetitori SAR installati su questi due satelliti Galileo sono i primi della classe 'MEOSAR' che combinano una larga porzione di vista con l'abilità di determinare rapidamente la posizione. **I satelliti Galileo sono anche i primi con la capacità di inviare messaggi attraverso il loro sistema di navigazione, assicurando chi è in pericolo che l'aiuto sta arrivando.**



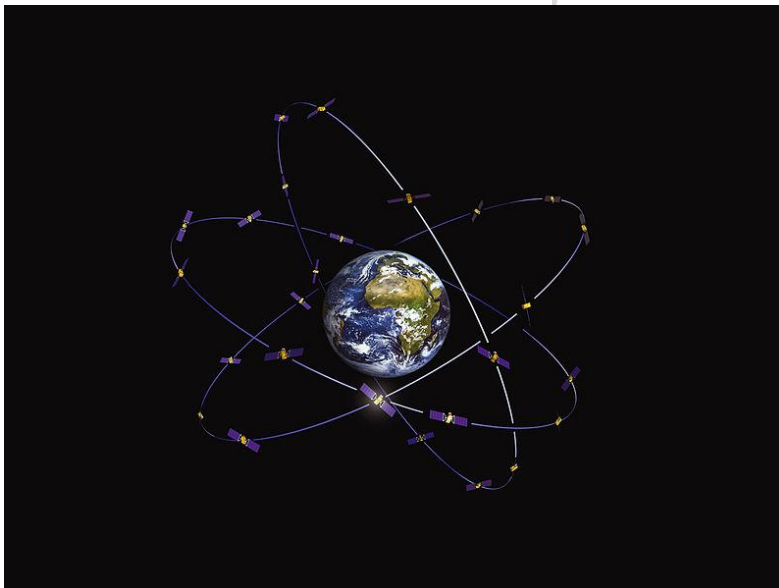
Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 5 - numero 1 | 1/3/2013

Un'ulteriore vantaggio del nuovo sistema MEOSAR è che richiede minori infrastrutture di terra - solo tre o quattro terminali sono sufficienti per coprire tutto il territorio Europeo. La prima unità di ritrasmissione SAR è stata costruita dalla Mier Comunicaciones Spagnola che ha assemblato assieme un ricevitore ed un'antenna trasmittente sviluppata dalla compagnia spagnola Rymsa (foto a destra). Il carico utile SAR del quarto satellite Galileo verrà attivato per i test nelle prossime settimane. Ulteriori test completi verranno svolti in primavera utilizzando un sistema dedicato con base al centro di controllo Cospas-Sarsat Francese di Tolosa. L'unità in questione può simulare multipli messaggi di soccorso in modo che il sistema possa identificare la posizione e ritrasmettere come previsto. Ulteriori apparecchi SAR seguiranno questi primi due in orbita con il lancio dei successivi satelliti Galileo con Final Operational Capability. Nell'illustrazione (Credit:Cospas-Sarsat) come funziona il sistema Cospas-Sarsat.



Fonte : ESA



Rappresentazione artistica del gruppo di satelliti Galileo



La NASA entra nella missione Euclide dell'ESA

di Luigi Borghi

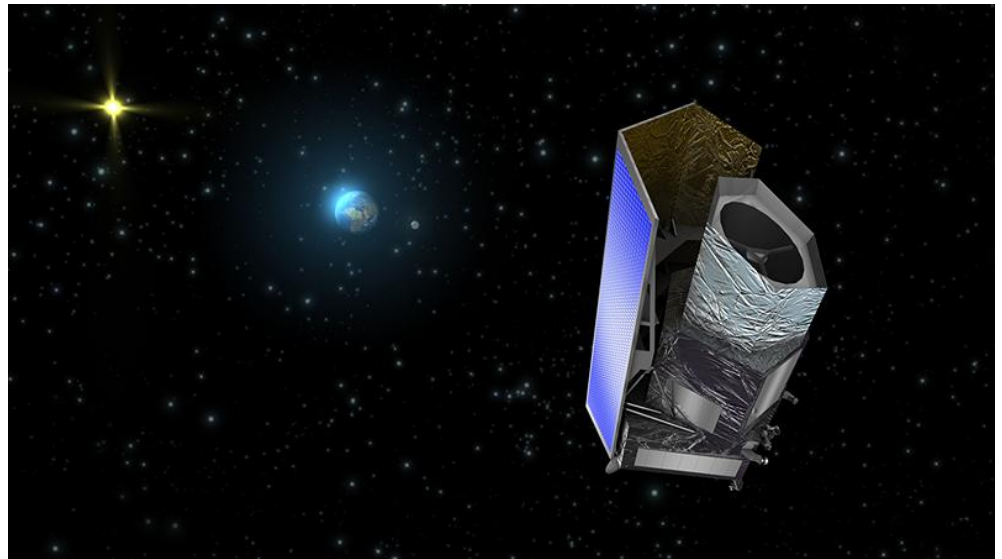
Chi segue il mondo dell'astrofisica sa che la teoria della materia oscura, enucleata per giustificare lo strano comportamento della periferia delle galassie che non rispettano la legge di Keplero e la teoria dell'energia oscura enucleata per giustificare l'accelerazione dell'espansione dell'universo, sono ad oggi teorie ben lontane ancora da una dimostrazione scientifica galileiana.

Stiamo parlando di una ambiguità che riguarda circa il 95% della materia ed energia dell'intero universo. Non è una lacuna da poco! È quindi comprensibile l'attenzione di tutto il mondo scientifico su questo tema.

Per colmare questo "buco" dell'astrofisica, scienziati di tutto il mondo si agitano parecchio ma è indubbio che l'aiuto di strumentazione "spaziale" ad-hoc possa servire allo scopo. A questo proposito, il 24 gennaio, la NASA ha deciso di collaborare con l'ESA per la missione Euclide, un telescopio spaziale destinato a studiare il mistero cosmologico della materia e dell'energia oscura. **Euclide verrà lanciato nel 2020 per trascorrere sei anni facendo la mappatura della posizione e misurando la forma di oltre 2 miliardi di galassie sparse in oltre un terzo del cielo.** Studierà l'evoluzione dell'universo, la materia e l'energia oscura che influenzano la sua evoluzione in modi che sono poco conosciuti. Il telescopio verrà lanciato in orbita attorno al punto Terra-Sole di Lagrange chiamato L2 (foto in alto).

Il punto lagrangiano è una posizione dove la forza gravitazionale di due grandi masse, il Sole e la Terra in questo caso, si equivalgono precisamente ed un piccolo oggetto, come il veicolo spaziale Euclide, può mantenere una posizione stazionaria relativa dietro la Terra come vista dal Sole.

"La NASA è molto orgogliosa di poter contribuire alla missione dell'ESA per comprendere uno dei più grandi misteri scientifici dei nostri tempi," ha detto John Grunsfeld, amministratore associato



per la Direzione Missioni Scientifiche della NASA presso la sede centrale di Washington.

La NASA e l'ESA hanno recentemente firmato un accordo che prevede il ruolo della NASA in questo progetto.

La NASA contribuirà con 16 sensori infrarossi allo stato dell'arte e quattro sensori di riserva per uno dei due strumenti scientifici previsti per Euclide. *"La missione Euclide dell'ESA è progettata per sondare una delle questioni più fondamentali della moderna cosmologia, e diamo il benvenuto al contributo della NASA in questa importante impresa, la più recente nella lunga storia di cooperazione nella scienza spaziale fra le nostre due agenzie,"* ha detto Alvaro Giménez, Direttore dell'Esplorazione Scientifica e Robotica dell'ESA. Inoltre la NASA ha nominato tre team scientifici americani per un totale di 40 persone per l'Euclide Consortium.

Questa è un'aggiunta ai 14 scienziati USA che già lavorano alla missione. L'Euclide Consortium è un gruppo internazionale composto da 1.000 membri che supervisioneranno lo sviluppo degli strumenti, gestiranno le operazioni scientifiche ed analizzeranno i dati.

Euclide mapperà la materia oscura nell'Universo. La materia come noi la conosciamo - gli atomi che compongono il nostro corpo, ad esempio - sono solo una frazione della materia totale dell'Universo. Il resto, circa l'85%, è materia oscura consistente in particelle di tipo sconosciuto. La materia oscura venne ipotizzata per la prima volta nel 1932, ma non è mai stata osservata direttamente. Viene chiamata materia oscura perché non interagisce con la luce.



La materia oscura interagisce con la materia ordinaria attraverso la gravità e tiene assieme le galassie come un collante invisibile. Mentre la materia oscura tiene la materia assieme, l'energia oscura spinge l'Universo ad accelerare.

In termini totali del contenuto di massa-energia dell'Universo, l'energia oscura domina. Si sa ancora meno dell'energia oscura di quanto si sappia della materia oscura. Euclide utilizzerà due tecniche per studiare l'Universo oscuro, entrambi prevedono la misurazione esatta di galassie lontane miliardi di anni luce. Le osservazioni daranno le migliori misurazioni di quanto è cambiata l'accelerazione dell'Universo nel tempo, fornendo nuovi indizi sull'evoluzione ed il destino del cosmo.

Per ulteriori informazioni su Euclide visita: <http://www.nasa.gov/euclid>, <http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=102> e <http://www.euclid-ec.org/>

E per restare in tema di materia ed energia oscura:

Eris: il posto dove gettare materia e energia oscura?

Secondo un nuovo modello cosmologico, lo studio della gravità quantistica potrebbe venir effettuato nel sistema Eris-Disnomia e potrebbe portare all'inutilità del lato oscuro dell'universo

Giunge a ciel sereno un articolo dal titolo affascinante: "*Can observations inside the Solar System reveal the gravitational properties of the quantum vacuum?*". Possiamo davvero trovare nel nostro Sistema Solare le caratteristiche fondamentali che il vuoto detiene dal punto di vista gravitazionale? L'autore dell'articolo apparso su *Astrophysics and Space Science* a novembre scorso, di nome **Dragan Haidukovic**, è convinto di sì, ma non si tratta soltanto di questo. Se la sua teoria fosse valida, **potremmo accompagnare alla porta i modelli basati su energia oscura e su materia oscura, insieme al progetto Euclid pianificato dall'ESA e partecipato dalla NASA descritto**

nella pagina precedente.

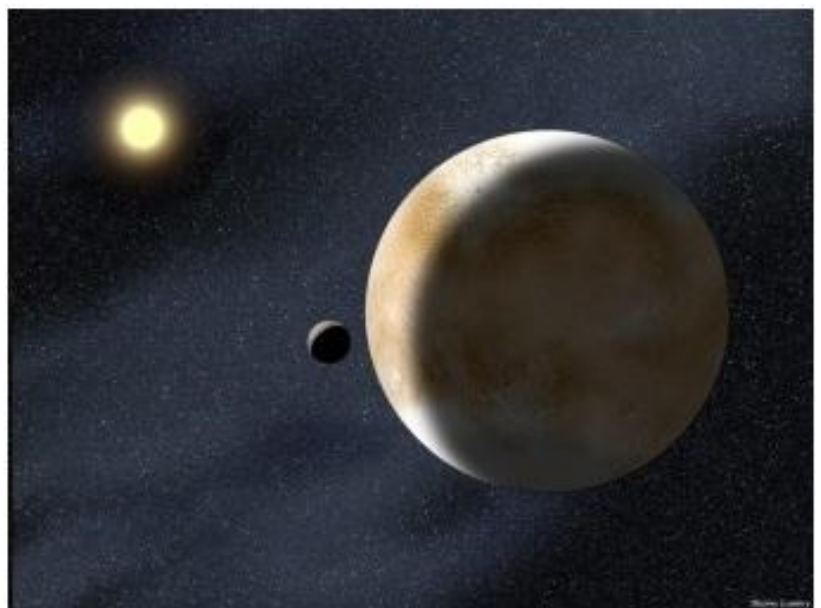
Andiamo per gradi.

Sappiamo dalla fisica quantistica che il vuoto cosmico in realtà non è vuoto, visto che consiste in un ribollire continuo di particelle di materia e antimateria che nel giro di un infinitesimo di secondo nascono e si annichilano a vicenda, dando vita a particelle talmente effimere in durata da essere considerate virtuali.

L'ipotesi avanzata da Dragan dà molta importanza a queste particelle visto che durante la loro esistenza, seppur brevissima, queste esibiscono - a suo dire - cariche gravitazionali opposte, una attrattiva e l'altra repulsiva, un po' come le cariche elettriche.

Secondo il "**modello di Hajdukovic**", se queste particelle e antiparticelle nascono in uno spazio già permeato da un campo gravitazionale, **potrebbe avere origine un campo gravitazionale secondario che potrebbe spiegare la discrepanza tra la massa della materia ordinaria delle galassie e la loro rotazione troppo veloce nelle zone più periferiche.**

Ad oggi, per spiegare l'elevata velocità delle zone più esterne delle galassie si ricorre alla materia oscura, senza il cui effetto gli strati più esterni verrebbero a staccarsi dalla galassia vagando nello spazio. L'esistenza di un campo gravitazionale secondario eliminerebbe la necessità di questa materia oscura. Non basta: le cariche gravitazionali opposte spiegherebbero anche la Legge di Hubble per la





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 5 - numero 1 | 1/3/2013

quale le galassie si allontanano con velocità di espansione direttamente proporzionale alla distanza, e quindi l'accelerazione dell'universo con buona pace per l'energia oscura.

La teoria è senz'altro affascinante, ma come si potrà mai provare una cosa del genere? Serve una zona abbastanza lontana da centri di massa tale da non risentire della relatività generale ma abbastanza vicina da poter effettuare misurazioni molto precise in un arco di tempo ragionevolmente breve.

Impresa impossibile, a prima vista, ma lo stesso Hajdukovic ha rintracciato la zona proprio al confine del Sistema Solare.

Eris è il pianeta nano che, scoperto ad ottobre del 2003, ha provocato la caduta di Plutone da pianeta a pianeta nano. Intorno ad **Eris** è stato scoperto un satellite nel 2003, al quale è stato dato il nome di **Disnomia** ed avente un diametro di circa 500 chilometri. Secondo Hujdukovic, lungo l'orbita di Eris si incontrano le condizioni ideali, a qualche miliardo di chilometri dal Sole, per verificare gli effetti della gravità quantistica. I conti sono già stati fatti e sfruttano il meccanismo di precessione che già consentì, applicato a Mercurio, di testare la Relatività Generale di Einstein: **in assenza di gravità quantistica, la**

precessione dell'orbita di Disnomia misurerebbe 13 arcosecondi ogni secolo mentre in presenza di gravità quantistica ad alterare i calcoli newtoniani il moto di precessione diverrebbe di -190 arcosecondi ogni secolo.

I calcoli ci sono, la sfida è aperta: ora occorre vedere come e con quali strumenti sia possibile effettuare la misurazione di un effetto così debole in un arco di tempo accettabile.

Fonte: MEDIA INAF

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10509-012-1303-3#page-1>

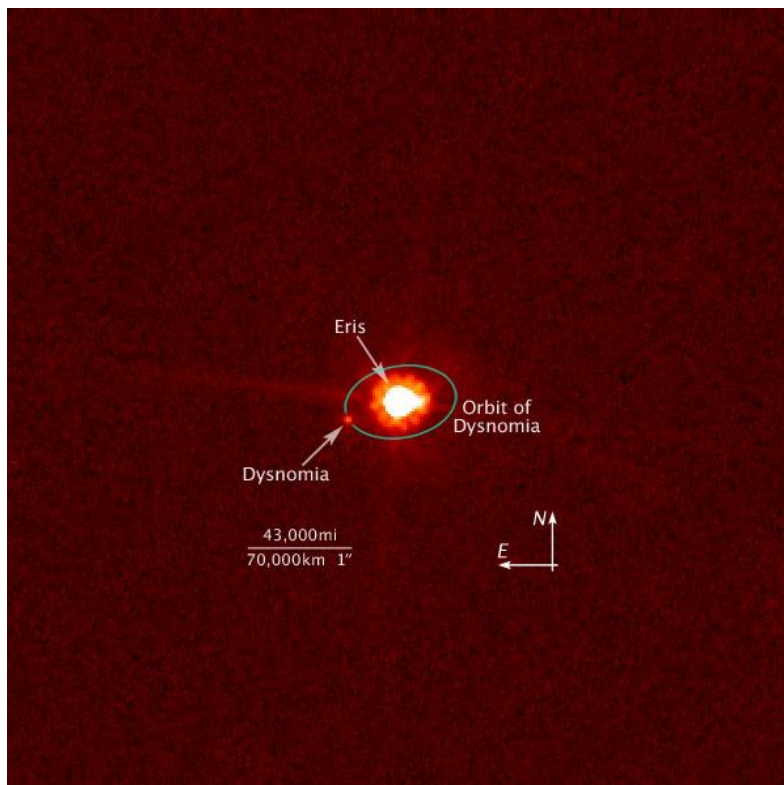
Eris (nome ufficiale 136199 Eris) è il più grande pianeta nano conosciuto del sistema solare, e l'oggetto conosciuto più massiccio che ruota attorno al Sole oltre l'orbita di Nettuno. La sua massa è infatti del 27% superiore a quella di Plutone. Si tratta di un oggetto ghiacciato orbitante nel sistema solare esterno.

Ha un'orbita molto eccentrica che lo porta da una distanza minima dal Sole di 5,6 miliardi di km ad una massima di 14,6 miliardi (quest'ultima circa il doppio della distanza massima di Plutone dal Sole).

Eris appartiene al disco diffuso ed è il più grande fra gli oggetti trans-nettuniani. Originariamente soprannominato il Decimo Pianeta dagli scopritori, dalla NASA e dai media, l'oggetto è stato classificato come un pianeta nano dall'IAU nella stessa occasione - l'assemblea generale del 24 agosto 2006 - in cui l'organismo ha promulgato definitivamente la definizione ufficiale di pianeta.

Eris compie un giro intorno al Sole ogni 557 anni terrestri, ha un diametro medio di circa 2326 km, una densità approssimata di 2.52 kg per decimetro cubo e compie un giro su se stesso (il giorno di Eris) in circa 8 ore.

Disnomia invece ha un diametro di circa 350 km e si trova in un'orbita distante circa 37.000 km che compie in circa 16 giorni.





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 5 - numero 1 | 1/3/2013

lanciatore N1, solo dopo aver scartato un approccio di assemblaggio del razzo in orbita terrestre, che avrebbe comunque richiesto la costruzione di un potente razzo ad-hoc.

Il N1 era il piu' grande di tre progetti proposti: il N2 era piu' piccolo ed inteso a competere con il UR-200 di Chelomei, mentre il molto piu' piccolo N3, avrebbe rimpiazzato il famoso R-7 di Korolev. Alla fine il UR-200 viene selezionato dai militari come vettore per testate nucleari (ICBM) e il R-36 di Yangel come vettore pesante, mentre Korolev sviluppera' anche la versione Molniya (per orbite fortemente ellittiche con funzioni di spionaggio sul Nord America) del R-7.

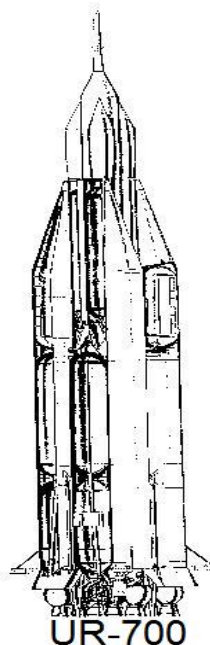


Dal 1958, inoltre, Korolev, lavorava anche alla propulsione nucleare, dove reattori nucleari racchiusi in contenitori cilindrici, lavoravano a temperature di 3000C per scaldare il propellente e cosi' espellerlo ad altissima velocita'. Tre varianti furono prese in considerazione, per essere poi abbandonate nel 1959, quando divento' evidente che la propulsione chimica poteva dare rendimenti non molto diversi, con meno costi di sviluppo e maggiore sicurezza. La propulsione nucleare rimane pero' in voga, fra i progettisti sovietici, per l'ultimo stadio del N1, fino agli anni 1961-63.

Nel 1964, consapevole che l'impegno da parte della NASA a portare un Americano sulla Luna si sta tramutando in un temuto sorpasso alla supremazia Sovietica nello spazio e osteggiato dalla rivalità di Vladimir Chelomei, altro progettista di spicco, un indomito Korolev spinge il premier Nikita Krushev a siglare il via al programma per lo sviluppo del suo razzo, non più per orbitare intorno alla Luna, ma per farvi scendere un cosmonauta presumibilmente entro la fine del 1968. Nome del programma: **N1-L3**. (In alcuni articoli viene citato come N1-LZ a causa della similarita' fra il numero 3 e la lettera Z, "3" appunto, in cirillico).

Krushev però non si limita solo a questo progetto: parallelamente da' il via ad un secondo programma lunare riprendendo in mano quello appena abbandonato da Korolev, e assegnando proprio al suo rivale Chelomei l'obiettivo di un volo circumlunare con un razzo UR-500/L1 senza scartare la proposta dello stesso Chelomei del mega razzo UR-700. Nome del programma di Chelomei: **LK-1**. Questo approccio doppio porta i due progettisti ad una conflittualità deleteria per lo svolgimento dei due programmi.

Tutto questo fino alla caduta di Krushev nell'ottobre 1964.



Vista la situazione, Korolev, con il dichiarato intento di scalzare dalla scena Chelomei, pressa fortemente il governo, il quale nell'ottobre 1965, cancella il programma NK-1 e lo assegna a lui con il vincolo di dover utilizzare una navicella Soyuz modificata, spinta da un razzo Proton progettato proprio da Chelomei. Nuovo nome del programma: **L-1 ZOND** (sonda). La data per il primo volo attorno alla Luna è fissata per la fine del 1967, proprio in occasione del 50° anniversario della Rivoluzione d'Ottobre.

L'N1 vede la luce indubbiamente sotto una cattiva stella: il programma lunare diviso in due sottoprogrammi paralleli, l'N1-L3 per lo sbarco sulla Luna e L-1 (denominato anche programma



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Zond) per il volo circumlunare, portano ad uno spreco di risorse in termini di denaro e ricerca tecnica. Inoltre la poca esperienza nella realizzazione di razzi lanciatori di grandi dimensioni determina enormi ritardi sul programma N1.

Il numero eccessivo di ugelli dovuto alla scarsa spinta individuale, porta a complessi intrecci di tubi; la logistica prevede lo smontaggio del razzo prima del trasporto in treno, per poi rimontarlo a Baikonur, infine i modi vibrazionali indotti dalle turbine e dai motori sulla struttura non sono simulati a priori. Tutti fattori che rendono estremamente fragile il sistema complessivo,



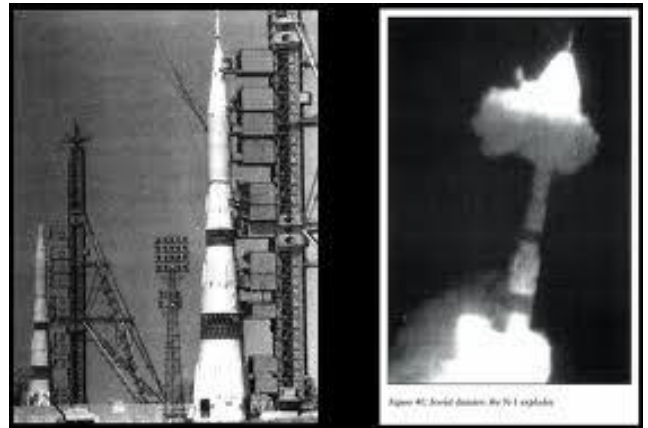
soprattutto il primo stadio.

Oltre ai fattori puramente tecnici, un ulteriore fronte interno mina i rapporti tra Korolev e Valentin Glushko, il più importante progettista di motori a razzo dell'URSS, con la conseguente interruzione definitiva della collaborazione tra i due dovuta anche a forti risentimenti personali. Korolev ritiene Glushko responsabile della sua detenzione nel Gulag di Kolyma (a Nord della Kamchatka), e del fallimento del suo primo matrimonio.

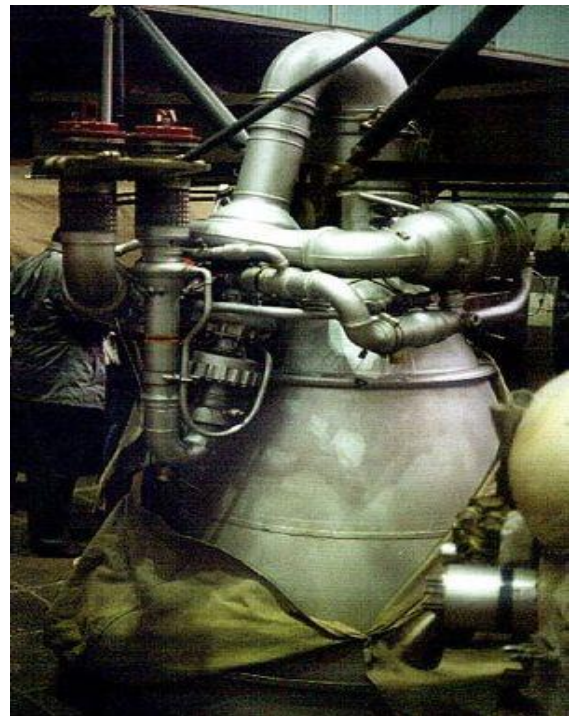
Glushko considera invece Korolev arrogante, spocchioso, e incline ad occuparsi di settori non di sua competenza, come appunto i motori del razzo. Glushko in particolare si rifiuta di lavorare con la miscela Kerosene RP-1/LOX, insistendo invece sulla miscela (più tossica) UDMH/N2O4, già usata con successo sugli ICBM militari.

Korolev decide allora di coinvolgere Nikolay Kuznecov, progettista di motori aeronautici senza alcuna esperienza di motori a razzo, un vero salto nel buio, e come se non bastasse nel Gennaio del 1966 Sergej Korolev muore!

Il duro colpo si somma a tutte le altre difficoltà che il progetto ha subito e il Politburo decide di assegnare l'intero programma a Vasilij Pavlovich Mishin, braccio destro di Korolev e uomo di grande esperienza in fatto di costruzione di razzi vettori.



Viene ordinata la costruzione di una decina di esemplari di N1, ma il ritardo sugli Americani comincia ad essere preoccupante e la fretta di ridurre il gap muta in corsa sfrenata ad occhi chiusi. Il programma subisce una forte accelerazione, le prove a terra dei motori vengono completamente cancellate, scelta che risulterà fatale in seguito per l'affidabilità. L'obiettivo è battere sul tempo a tutti i costi gli Stati Uniti in questa sfida.





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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Il programma lunare Sovietico è per alcuni versi simile a quello Americano, ma restano alcune differenze peculiari: il razzo N1 è alto 105 metri, misura simile o di poco superiore al Saturn-V.

Il N1 inizialmente nasce per scopi militari nel 1960 e poi si pensa ad un suo impiego per il trasporto di una navicella con equipaggio, inizialmente capace di trasferire in orbita terrestre un payload (carico utile) di 70 tonnellate, avrebbe dovuto arrivare fino a 90 tonnellate grazie ad una modifica ai motori, ed è proprio in questi ultimi che si racchiude l'elemento di maggiore criticità che porterà ad incappare in numerosi problemi tecnici.

Il N1 e' un lanciatore a tre stadi dalla forma conica, a differenza del suo diretto rivale dotato di 5 potentissimi ed affidabili motori F1 nel primo stadio e non riuscendo i sovietici ad avere motori sufficientemente potenti, sono costretti ad utilizzare nel primo stadio un numero altissimo (30) di propulsori NK-15 (si veda figura nella pagina precedente in basso) ideati da Kuznecov. Questo e' probabilmente il principale fattore a minare l'affidabilità del N1.

Il Saturn-V ha all'attivo 13 lanci riusciti su 13, mentre il N1 ne fallisce 4 su 4, con la perdita di due payloads. La potenza stimata dell'N1 era di 1,43MN ognuno, per un totale di 43 MN, che supera i 33.7MN del Saturn-V, facendo del primo

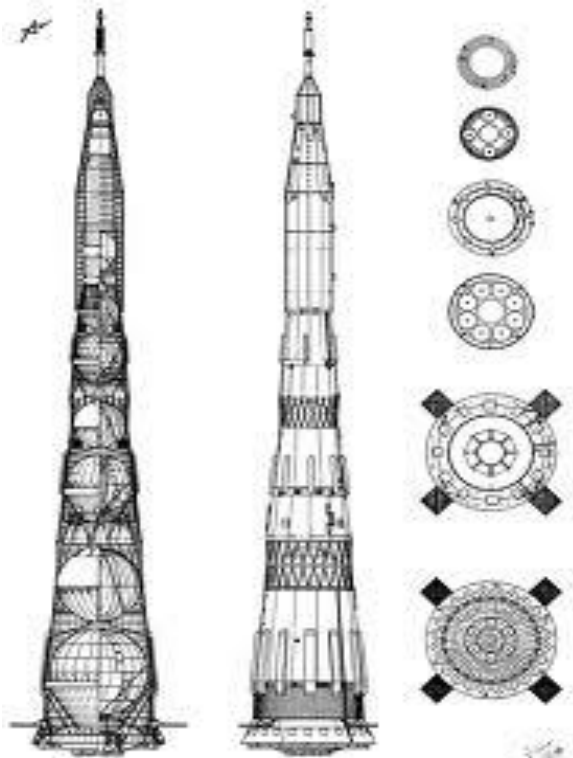
stadio del N1 il piu' potente mai realizzato nella storia.

Gli ugelli del primo stadio sono disposti ad anelli concentrici in cui nell'anello esterno ve ne sono alloggiati ben 24 e i restanti 6 nell'anello centrale. Tra i due anelli è previsto il passaggio d'aria: ciò oltre a dare un elemento di stabilità, fa risparmiare carburante.

Il secondo stadio è dotato di 8 motori NK-43 e nel terzo 4 motori NK-39, tutti alimentati da ossigeno liquido e kerosene, totalizzando un peso finale pari a 2750 tonnellate circa.

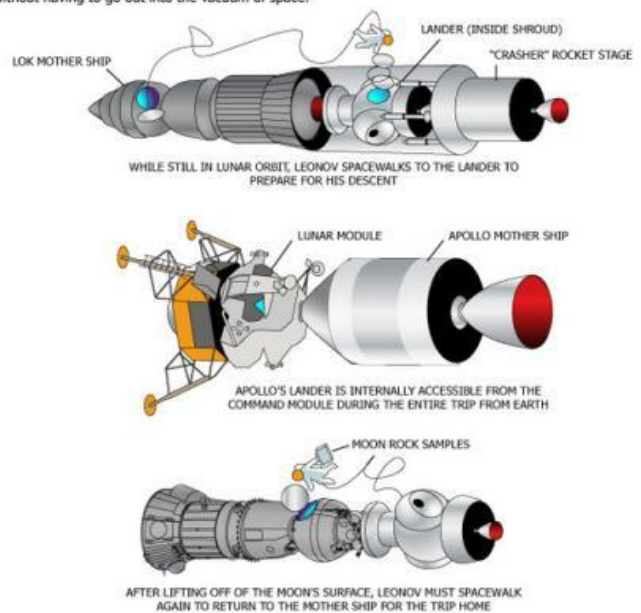
L'esperienza Americana con l'idrogeno liquido gli fornisce invece la confidenza di realizzare gli stadi superiori con idrogeno ed ossigeno liquido come propellente, riducendone il peso e aumentando il carico utile.

Come è ancora oggi procedura standard per altri lanciatori Russi (al contrario degli Americani che assemblano in verticale), il razzo N1 viene assemblato in posizione orizzontale in un hangar di assemblaggio sito a Baikonur in Kazakistan e trainato da ben quattro locomotori, viene lentamente trasportato sulla rampa di lancio e lì issato da un insieme di argani di dimensioni ciclopiche. Se vedere il Saturn-V in posizione



PERILOUS JOURNEY INTO HISTORY

The Soviet plan was more complex than Apollo, requiring more rocket stages and having less margin for error. The lone cosmonaut who would descend to the surface had to don a spacesuit and travel outside the ship to board the landing vehicle. On the cozier Apollo ship, astronauts could access the lunar lander without having to go out into the vacuum of space.



SOURCE: NASA, FEDERATION OF AMERICAN SCIENTISTS, "CHALLENGE TO APOLLO" BY ASIF SIDDIQI
http://www.fas.org/spp/eprint/indroos_moon1.htm
<http://history.nasa.gov/SP-4408pt1.pdf>
<http://history.nasa.gov/SP-4408pt2.pdf>

KARL TATE, SPACE.com

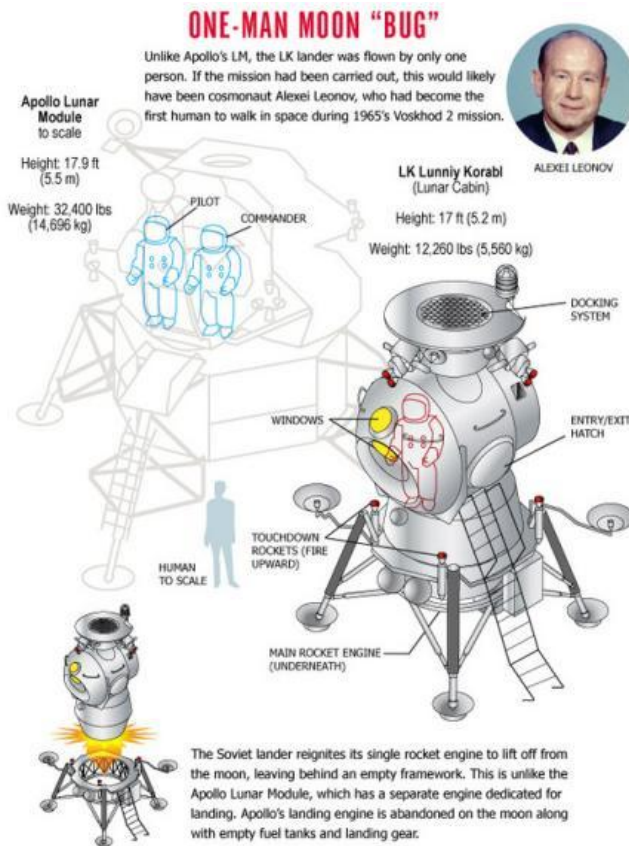


Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 5 - numero 1 | 1/3/2013

verticale alloggiato sul Crawler avanzare verso la rampa 39a doveva essere una esperienza emozionante, possiamo però solo immaginare cosa volesse dire vedere 105 metri di N1 coricati muoversi nel cosmodromo di Baikonur verso la rampa Ba LC-110R.

LEM attraverso il condotto che collega il CM con il loro modulo lunare, per i Sovietici la cosa non è altrettanto semplice: il modulo LK è posto dietro il complesso LOK e non vi è alcun condotto di collegamento tra i due moduli, perciò la missione prevede che all'immissione nell'orbita lunare, i due Cosmonauti indossino le tute spaziali.



Il payload posto in cima a questo bestione, racchiude l'insieme degli elementi principali del programma Lunare Sovietico, così formati: la navicella **LOK 6** (Lunnyi Orbital'niy Korabi) derivata direttamente da una Soyuz composta da un modulo di servizio, un modulo orbitale, un modulo di rientro ed infine il modulo lunare **LK** (Lunnyi Korabi) agganciato dietro, ultimo elemento il **Block-D** composto da un motore per le manovre durante il volo.

La parola Block in russo sta in realtà per Stadio del razzo, e la D è la quinta lettera dell'alfabeto russo, così come il Block-D era il quinto stadio del N1.

A differenza dagli Americani, il progetto Sovietico si avvale dell'impiego di solo due Cosmonauti, di cui solo uno poteva scendere sul suolo lunare. Altra differenza tra i due programmi è che se gli Americani possono comodamente raggiungere il

Rispettivamente, quello che resta nel modulo orbitale LOK, indossa una tuta di tipo Orlan, antenna delle tute utilizzate sulle stazioni SALJUT, sulla MIR e sulla ISS, mentre l'altro Cosmonauta che scenderà sulla Luna indossa invece una tuta di tipo Krechet studiata per EVA sul suolo lunare.

A questo punto viene depressurizzato il modulo orbitale, viene aperto il portello esterno e il pilota del LOK si sporge fino a metà busto per aiutare il pilota del modulo lunare LK a compiere un'EVA che lo porti ad entrare nel modulo. Compiuta questa operazione i due Cosmonauti, ora divisi, ripressurizzano i rispettivi moduli e procedono alla separazione del LK dalla nave madre LOK, mentre il pilota del modulo orbitale inizia la serie di orbite in attesa che il compagno faccia ritorno dalla superficie.

Il comandante del modulo lunare pilota ora un veicolo che per alcuni versi assomiglia molto al



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

LEM Americano, ma dimensionato per una sola persona. In più nella fase iniziale della discesa si avvale della spinta del modulo Block-D già utilizzato per tutte le manovre necessarie durante il viaggio Terra-Luna e per l'immissione in orbita.

Nella fase finale il Block-D viene espulso e si schianta sulla superficie lunare mentre il LK compie la fase finale di allunaggio frenata dai motori di bordo. Posatosi dolcemente sulla superficie lunare, il Cosmonauta ora può depressurizzare il LK e aprire il portello per la storica passeggiata.

Per le prime missioni lunari era stata pensata una EVA di poche ore, al massimo quattro. In questo lasso di tempo bisogna assolvere a svariati compiti tra cui piantare la bandiera Sovietica e sugli attenti ascoltare il discorso del Premier Breznev, sistemare una serie di strumenti scientifici, una telecamera e non era esclusa anche la presenza di un rudimentale rover monoposto ricavato da un rover Lunokhod. Questi rover erano infatti stati studiati, inizialmente, proprio per essere guidati da un Cosmonauta; ed erano anche iniziate le selezioni dei possibili Cosmonauti fra i carristi militari, considerati i più idonei a guidare il rover.



Compiuta una breve perlustrazione e raccolto polvere e rocce lunari, il Cosmonauta ritorna a bordo del modulo LK e come per il LEM lo stadio di discesa viene utilizzato come rampa di lancio per il modulo di risalita che, raggiunta l'orbita, compie il Rendez-vous con il LOK, ma questa volta muso contro muso. Quindi viene nuovamente compiuta tutta l'operazione di

depressurizzazione con successiva EVA per raggiungere il LOK con il sacchetto dei campioni lunari, pressurizzato il LOK (un'ultima volta), e viene rilasciato lo stadio di risalita del LK.

Il LOK inizia la fase di rientro verso la Terra e, giunti in prossimità del nostro pianeta, i Cosmonauti si trasferiscono nel modulo di rientro sulla Terra lasciando le tute nel modulo orbitale che viene abbandonato.

Inizia ora il rientro nell'atmosfera a bordo del modulo di rientro e protetti dallo scudo termico. Lo splash-down nell'oceano indiano ed il recupero da parte di un unità navale Sovietica segnano la fine della eventuale missione.

All'inizio del 1967 i primi Cosmonauti assegnati al volo circumlunare iniziano l'addestramento specifico con simulazioni di ammaraggio nel Mar Nero. Nei primi mesi del 1968 un gruppo di altri venticinque Cosmonauti inizia l'addestramento per lo sbarco sulla Luna.

Tra questi spiccano il nome di Alexei Leonov e Oleg Makarov: questa sarebbe stata la coppia destinata al primo storico volo sulla Luna, in cui Leonov era il Cosmonauta scelto per pilotare il modulo LK e sbarcare sul suolo selenico.

Il 2 Marzo 1968 ha ufficialmente inizio il **programma L-1** con l'invio della ZOND4 che effettua con successo un volo circumlunare ma senza equipaggio a bordo.

Da questo momento in poi si pensa di poter inviare un equipaggio entro la fine dell'anno battendo di fatto gli USA che hanno in previsione l'invio dell'Apollo 8 per un volo circumlunare con equipaggio nel Dicembre 1968, ma alcuni problemi nella fase di rientro costringono Mishin a posticipare questa data.

Quando lo storico volo di Apollo 8 porta Borman, Lovell e Anders ad orbitare intorno alla Luna, il Politburo decide (alla buonora) che non ha più senso mantenere in vita il progetto L-1 ZOND, cancellandolo a favore del programma N1.

Ora l'Unione Sovietica concentra tutte le sue risorse verso il progetto più ardito: battere gli Stati Uniti nella corsa alla Luna.

Ma anche per l'N1-L3 le cose non si mettono bene.

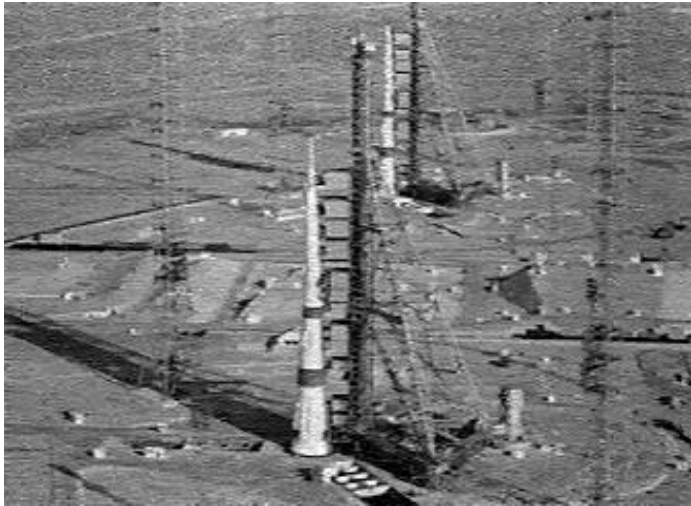


Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 5 - numero 1 | 1/3/2013

Il primo prototipo, dopo anni di ritardi ed una messa a punto a dir poco grossolana dell'intero sistema, viene assemblato e trasportato sulla rampa di lancio Ba LC-110R nel Febbraio 1969, al lancio tutti e trenta i motori del primo stadio si avviano regolarmente e lentamente il razzo decolla, ma dopo soli 70 secondi tutti i motori si spengono causando il tremendo schianto del razzo al suolo.

Si cerca di correre ai ripari e Mishin, credendo di aver risolto tutto e di poter ancora mandare sulla Luna un equipaggio Sovietico prima degli Americani, riesce a far assemblare ben due razzi N1 disposti per il lancio ambedue rispettivamente sulle rampe Ba LC-110L e Ba LC-110R.



Lo spettacolo dei due torreggianti mostri pronti per il lancio a poche centinaia di metri di distanza, e' surreale e accattivante.

Due settimane prima del lancio dell'Apollo 11, il N1 effettua la seconda prova di lancio senza equipaggio. Se avesse avuto successo si sarebbe proceduto con un successivo lancio circumlunare di tipo L1 con Leonov, per poi procedere con lo sbarco lunare con missioni L3, prima di una sonda automatica, poi di un Lunokhod e infine di un cosmonauta.

Il 3 Luglio l'N1-5L decolla, ma ad appena 200 metri di altezza un guasto alle pompe del propellente causa l'esplosione dell'intero razzo che ricadendo sul poligono di Baikonur causa danni per milioni di rubli e sancisce la definitiva sconfitta dell'URSS nella corsa alla Luna. Si stima che l'esplosione sia stata di 7 Kton di TNT, di fatto la piu' grande esplosione artificiale non-

nucleare della storia, comparabile con l'esplosione di una piccola bomba atomica a fissione (l'esplosione di Little Boy su Hiroshima e' stata di 16Kton).

Con l'intento di arrivare comunque a posare un piede Sovietico sulla Luna, il programma prosegue dopo una modifica al sistema di decollo, che lo porta ad avere una traiettoria inclinata così da portarsi lontano dall'area di lancio in caso di avaria.

Il razzo N1-L6 il 26 Giugno 1971 decolla, ma a 51 secondi dal lancio, il nuovo sistema di navigazione fa perdere il controllo del razzo che, roteando su se stesso vorticosamente, si disintegra. L'ultimo tentativo risale 23 Novembre 1972.

Il decollo dell'N1-L7 avviene con successo, ma a 107 secondi dal lift-off un incendio, guarda caso proprio alla sezione motori del primo stadio, causa l'esplosione dell'ultima speranza di arrivare sulla Luna per l'Unione Sovietica.

Appena finita la Guerra Fredda, alcuni resti dei due N1 mai lanciati venivano ancora ritrovati nei paraggi di Baikonur, usati come hangar, garage per auto o copertura per il bestiame. I razzi vennero infatti deliberatamente smantellati nel tentativo di coprire il fallito programma lunare Sovietico. Fino alla Glasnost.

Sono sopravvissuti alla distruzione, nonostante gli ordini contrari, anche 150 motori, e negli anni '90 del XX secolo 36 di questi sono stati venduti alla americana Aerojet General per 1.1MLN \$ ognuno, insieme alla licenza di produrli in serie.





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 5 - numero 1 | 1/3/2013

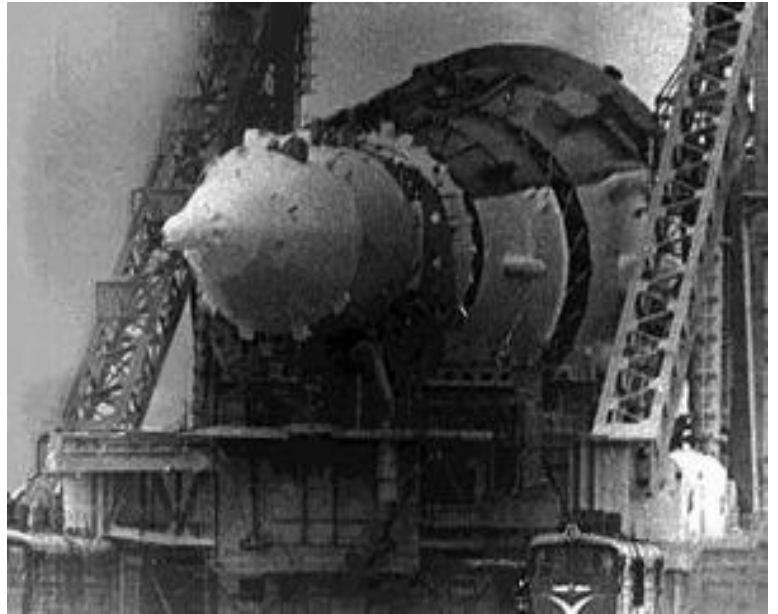
La Aerojet li usera' poi per la propulsione dei razzi giapponesi J-1 e J-2.

In Russia, invece, 70 motori verranno riutilizzati per un nuovo progetto, che verra' poi congelato. Infine l'attuale progetto del razzo americano Antares, prevede due motori NK-33s russi (simili a quelli del primo stadio del N-1) come propulsione del primo stadio.

Una modalità dispersiva nel mettere in piedi un progetto di tali proporzioni, lotte intestine per il potere, la corsa sfrenata per recuperare i ritardi e anche una dose di sfortuna ha fatto sì che il progetto URSS di conquista della Luna fallisse.

La cortina di ferro terrà nascosta tutta la faccenda per tanti anni.

Ma proviamo ad immaginare se ci fossero riusciti: diverse soluzioni tecniche erano al pari di quelle Americane quindi, al di là del riuscire a vincere la corsa alla Luna, **forse oggi avremmo stazioni lunari permanenti da ambedue i blocchi, magari un programma congiunto per la colonizzazione della Luna, e forse l'Apollo-Soyouz non avrebbe avuto luogo in orbita terrestre, ma bensì con una stretta di mano, anzi di guanto, sul suolo lunare.**





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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Bibliografia:

- 1- [http://en.wikipedia.org/wiki/N1_\(rocket\)](http://en.wikipedia.org/wiki/N1_(rocket))
- 2 - <http://www.youtube.com/watch?v=m79UO4HOQmc>
- 3 - <http://www.youtube.com/watch?v=Ux4TrOEhh0c>
- 4 - http://www.metacafe.com/watch/239925/russian_moon_rocket_disaster/
- 5 - <http://www.russianspaceweb.com/n1.html>
- 6 - <http://www.astronautix.com/lvs/n1.htm>
- 7 - <http://spacebookspace.wordpress.com/category/pollo/>
- 8 - <http://www.space.com/10763-soviet-moon-rocket-infographic.html>
- 9 - <http://astrotopia.net/tag/slider/>
- 10 - <http://www.russianspaceweb.com/3d.html>
- 11 - <http://articles.janes.com/articles/Janes-Space-Systems-and-Industry/Proton-Russian-Federation.html>
- 12 - <http://www.russianspaceweb.com/proton.html>

PS: mentre chiudiamo l'articolo arriva la risposta del nostro amico e socio de Il COSMo, Edward Chistov, che negli anni del N1 lavorava al Centro di Controllo Lunare di Evpatoria.

Edward conferma che esistevano tre tipi di missioni lunari: le L1, che prevedevano l'orbita lunare senza sbarco, le L3 con due cosmonauti e un Lunokhod per lo sbarco lunare, e infine le E8, a cui ha partecipato in prima persona, ovvero le missioni con rover Lunokhod controllato in remoto.

Il razzo 8K82 (anche conosciuto come UR500 e ora chiamato Proton) era usato per le L1 e le E8, mentre il N1 (Edward lo chiama H1, in russo) era quello previsto per le L3, di cui conferma i quattro lanci falliti.

Gli chiediamo anche cosa sarebbe seguito ad un eventuale successo nel lancio sovietico del Luglio 1969. Chistov dice che non erano comunque pronti a lanciare due cosmonauti a breve verso la Luna. La gara alla Luna era già persa. Il programma avrebbe mandato infatti prima Leonov attorno alla Luna con una missione L1, che fra l'altro dice che era in ritardo causa problemi ai razzi Proton. Solo poi, ci sarebbe stata una missione L3 automatica per lo sbarco lunare di un modulo di riserva, seguita da una missione per sbarcare un rover Lunokhod, e solo allora ci sarebbe stata la missione abitata con due cosmonauti, di cui uno sarebbe sbarcato vicino al Lunokhod e al modulo di riserva, in modo da poterlo usare per il ritorno in caso di problemi.

Infine mette in luce il fatto, controcorrente, che molte funzioni critiche nelle missioni americane erano lasciate agli astronauti, mentre in quelle sovietiche erano spesso automatizzate.



LA NASCITA DEL SISTEMA METRICO DECIMALE.

di Franco Villa.

La Rivoluzione Francese fu un periodo di radicale sconvolgimento sociale, politico e culturale originato dalle nuove idee di libertà ed uguaglianza. La "Dichiarazione dei diritti dell'uomo e del cittadino", emanata nel 1789 e alla base delle costituzioni moderne, ispira ancora oggi il pensiero delle democrazie occidentali.

L'Accademia delle scienze di Parigi, nella quale erano presenti scienziati di notevole livello, vide il fiorire di nuove idee e nuove scoperte nel campo delle scienze. Nel 1795 vi fu, di storica importanza, l'istituzione del **Sistema Metrico Decimale**.

La necessità di adottare opportune unità di misura, con i relativi campioni, era già sentita ai tempi di Tolomeo, di Euclide e di Pitagora, i quali, per le loro osservazioni astronomiche o geometriche, ne lamentavano la mancanza. Tuttavia fu solo nel XVII secolo, con l'avvento del metodo sperimentale per opera di Galileo, che venne sottolineata la necessità di disporre di unità di misura unificate in sostituzione dell'enorme numero in uso nei diversi paesi, che rendeva pressoché impossibile qualsiasi confronto dei risultati ottenuti dai ricercatori di diversa nazionalità nell'osservazione dello stesso fenomeno fisico.

Nel XVIII secolo le unità di misura differivano non solo da nazione a nazione ma anche al loro interno. Questa diversità ostacolava la comunicazione e il commercio, impediva una razionale amministrazione dello Stato e rendeva arduo il lavoro di ricerca degli studiosi. Si stimava che, sotto la veste di circa ottocento nomi, l'Ancien Régime nascondesse l'impressionante numero di duecentocinquanta diverse unità di peso e di misura. Campioni di queste unità erano normalmente riprodotte o mortasate sui muri all'esterno delle chiese o nelle piazze dei mercati.

A Modena, ai piedi della statua della "Bonesma", nel lastrone di marmo che faceva da piedistallo, erano scolpite le unità di misura mercantili in uso nel XIII-XIV secolo: il passo, il braccio, la forma dei mattoni e dei coppi, le mine da biada e la misura delle suole delle scarpe. La pertica, data la sua lunghezza, era incisa sul pilastro delle scale d'accesso del Palazzo del Comune. Quando la statua fu spostata e il piedistallo distrutto alcune misure furono riportate all'esterno

del Duomo, nella parte absidale centrale, dove sono tuttora.

I Cahiers de doléances

In Francia, le assemblee elettorali, rappresentanti la nobiltà, il clero e il popolo, avevano la possibilità di far pervenire al re le proprie doglianze e aspettative tramite i "cahiers de doléances" (quaderni delle lamentele), introdotti dal re nel 1788. Da tempo vi era la richiesta di uniformare le misure regionali basandosi sui parametri delle città sedi di mercati.

Nel 1789 la nobiltà rinunciò a tutti i privilegi legali compresa l'autorità sui pesi e sulle misure. Da quel momento in poi un fiume di proposte affluì dai membri delle associazioni culturali di provincia, dagli ingegneri e da cittadini entusiasti. Circa centoventotto Cahiers regionali, trentadue della nobiltà e anche diciotto del clero chiedevano uniformità. Infine, migliaia di Cahiers locali avevano fatto eco alla richiesta di "una legge, un re, un peso e una misura".



Misure mercantili mortasate nel muro esterno del Duomo di Bergamo

La Commissione dei Pesi e delle Misure

Nel febbraio del 1790 fu presentata all'Assemblea Nazionale la prima proposta di riforma metrica per l'adozione dei parametri parigini in tutta la nazione.



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Fu una richiesta di uguaglianza, come le tante che diedero origine alla Rivoluzione.

L'Assemblea costituì la Commissione dei Pesi e delle Misure, della quale fecero parte scienziati del calibro di Marie-Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, marchese di Condorcet, Antoine-Laurent Lavoisier, Pierre-Simon Laplace, Jean-Charles de Borda e Adrien-Marie Legendre.

L'incarico assegnato alla commissione era quello di fissare le unità di misura e i campioni delle grandezze fondamentali di lunghezza e massa.

Un mese dopo, nel marzo del 1790, Charles-Maurice de Talleyrand, ex vescovo ed assoluto dominatore della politica estera francese, presentò all'Assemblea la proposta preferita dagli scienziati.

Anziché ottenere l'unità di misura dalla storia o da un decreto reale, egli chiese di trarla dalla natura, in modo che fosse valida per tutta l'umanità.

Solo una misura avente origine dalla natura, egli dichiarò, poteva essere eterna, perché solo un simile parametro poteva essere recuperato nel caso in cui la sua espressione fisica avesse risentito delle offese del tempo.

I requisiti che deve presentare un buon campione sono la precisione, l'accessibilità, la riproducibilità e l'invariabilità.

La necessità di disporre di campioni rigorosamente invariabili e riproducibili spinse i primi studiosi di metrologia a ricercare tra le caratteristiche della Terra qualcosa che si prestasse allo scopo. Da sottolineare l'idea di democraticità associata alla misura: tutti dovevano poter riprodurre il campione di misura.

Nel 1791 l'Accademia delle Scienze di Parigi, su suggerimento della commissione, adottò come unità di lunghezza il **metro**, definito come la decimillesima parte di quadrante di un particolare meridiano terrestre passante nei pressi di Parigi; la stessa unità sarebbe servita come base per la misura di superfici e di volumi.



La linea meridiana di San Petronio a Bologna

Il **grammo** fu definito, provvisoriamente nel 1793 e definitivamente nel 1799, come la massa di un centimetro cubo di acqua distillata, pesata nel vuoto, alla temperatura della sua massima densità (3,98 °C). Nel 1795 fece la sua comparsa il chilogrammo, come suo multiplo. Successivamente venne adottato come unità di capacità o di volume il **litro**, ovvero il volume di un kilogrammo di acqua distillata a 3,98 °C, che risultò essere pari a 1,000028 dm³.

Era nato in questo modo, istituito con decreto legge del 7 aprile 1795, il **Sistema Metrico Decimale**. Poiché le suddette unità non erano di uso pratico, nacque la necessità di costruire per alcune di esse un campione materiale disponibile in laboratorio. Nel 1799 venne costruito da N. Fortin un regolo di platino di sezione rettangolare (25,3 mm x 4 mm) chiamato successivamente "metro legale o degli archivi", la cui distanza tra le facce estreme venne assunta pari a 1 m alla temperatura di fusione del ghiaccio a pressione atmosferica. Tale campione risultò però lievemente più corto di circa 0,1-0,2 mm, con una

precisione di circa 10-20 μm , poiché tale era la precisione consentita dalle macchine capaci di lavorare facce parallele.



Orologio che riporta sia la datazione tradizionale sia quella decimale, con le ore da 100 minuti, basata sul sistema repubblicano

Si pensò di applicare il sistema decimale anche ad altre unità di misura: l'angolo retto di 100° e il giorno di 10 ore di 100 minuti di 100 secondi. Sistemi poi falliti, sia perché contro le consuetudini, sia per la necessità di sostituire gli strumenti di misura: sarebbe stato necessario cambiare tutti gli orologi!

La storia del metro La storia del metro ha aspetti particolari ed avventurosi. Il termine "metro" fu coniato nel 1675 da Tito Livio Burattini, che fece il primo tentativo di definizione basandosi sulla lunghezza di un pendolo che batte il secondo: il periodo di un pendolo di tale lunghezza è, infatti, 2,006 s. Si può osservare come le aste degli orologi a pendolo abbiano lunghezze di circa 25 cm (con un'oscillazione di un secondo) o 100 cm (in cui un secondo è la durata invece di mezza oscillazione). Questa definizione non è soddisfacente in quanto dipendente da un'altra unità di misura (il secondo) e dalla località, cioè dalla latitudine e dall'altitudine del luogo. Il meridiano invece è lo stesso in ogni punto della terra, e tutti ne hanno uno: spesso si trova tracciata sul pavimento di

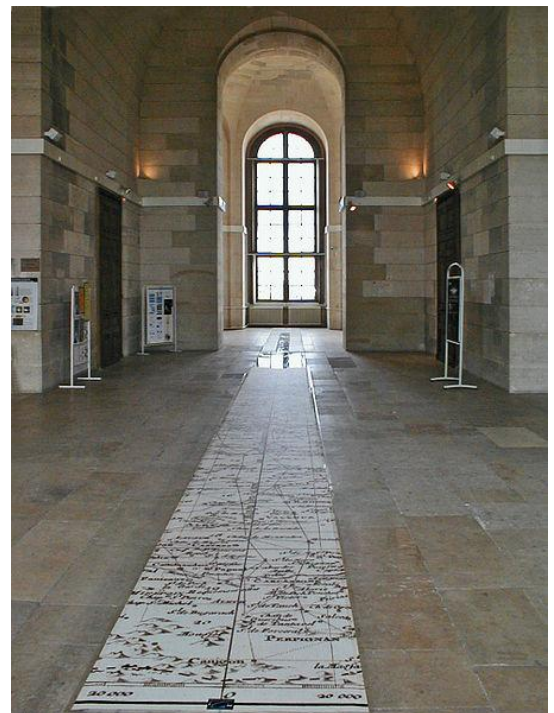
edifici pubblici, come chiese o logge, la linea del meridiano locale.

Il meridiano di Parigi era già stato misurato da César-François Cassini a metà del XVIII secolo ma non si ritenne la misura sufficientemente precisa. Nel 1792, quindi, la Commissione affidò a due astronomi, Jean-Baptiste-Joseph Delambre, erudito cosmopolita, e François-André Méchain, accorto e scrupoloso, il compito di misurarlo nuovamente.

Gli astronomi utilizzarono la triangolazione geodetica, da due secoli il metodo dei cartografi per effettuare rilevamenti topografici. Un elementare teorema di geometria afferma che:

"noti i tre angoli di un triangolo, e la lunghezza di un lato, si può calcolare la lunghezza degli altri due lati".

Perciò è sufficiente misurare tutti gli angoli di una serie di triangoli, disposti lato contro lato come in una catena, e la lunghezza di un solo lato per calcolare le lunghezze di tutti i lati (poiché ogni coppia di triangoli ha in comune almeno un lato).



Sala del meridiano, detta sala Cassini: il meridiano di Parigi

Per la misura degli angoli gli astronomi si servirono del "circolo a riflessione" nuovissimo

strumento di alta precisione inventato dal cavalier Jean-Charles de Borda, uno dei colleghi più anziani dell'Accademia. Egli era il più importante studioso di fisica sperimentale ed un esperto capitano di vascello. Il circolo a riflessione fu costruito da Etienne Lenoir, abilissimo costruttore francese di apparecchiature scientifiche.

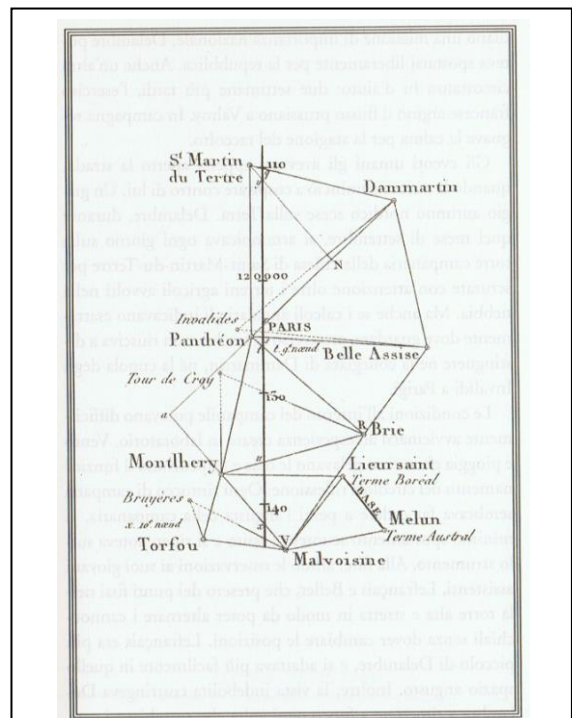


Circolo a riflessione secondo Borda di E. Lenoir Parigi, fine XVIII sec. di un piede di diametro. Questo circolo porta una graduazione in 720 parti, ognuna delle quali è suddivisa in tre. I due nonii, che sono situati, uno all'estremità dell'alidada che porta il cannocchiale e il piccolo specchio, l'altro all'estremità dell'alidada del grande specchio, servono a dare la ventesima parte dell'ultima suddivisione del Circolo.

Nel giugno del 1792, durante gli ultimi giorni della monarchia francese, mentre la rivoluzione elettrizzava il mondo con le sue promesse di uguaglianza, i due astronomi partirono verso due direzioni opposte: Delambre parti da Parigi dirigendosi verso nord, mentre Méchain, si diresse verso sud. Entrambi lasciarono la capitale su una carrozza appositamente costruita e fornita degli strumenti scientifici più sofisticati allora disponibili, accompagnati da un assistente esperto. La loro missione consisteva nel misurare quella parte dell'arco meridiano passante per Parigi compresa tra Dunkerque e Montjuich (presso Barcellona), vertici superiore ed inferiore di una catena di triangoli di territorio.

I due astronomi dovevano prima individuare una serie di stazioni di osservazione sopraelevate,

che potevano essere assimilate ai vertici dei triangoli (campanili, torri di fortezze, ampie cime collinari e piattaforme appositamente costruite), in modo che ogni vertice fosse visibile da almeno altre tre stazioni, così da formare una catena di triangoli che coprisse il meridiano. Quindi, si spostavano da una stazione all'altra, misurando le distanze angolari tra ogni stazione adiacente. Per poter effettuare misure anche di notte si servirono di segnali luminosi proiettati con apposite parabole. Infine, dopo aver coperto di triangoli tutto il territorio comprendente il meridiano da nord a sud, dovevano misurare la lunghezza di uno solo dei lati, mettendo in fila dei regoli per diversi chilometri, con la quale poi avrebbero calcolato la lunghezza di tutti i lati dei triangoli collegati e quindi la distanza fra i vertici inferiore e superiore della catena. Dalla conoscenza della loro latitudine, con una semplice proporzione, si poteva poi calcolare la lunghezza del meridiano.



Triangolazione geodetica attorno a Parigi

Per compiere l'impresa Delambre e Méchain dovettero affrontare ogni sorta di difficoltà.

Avevano preventivato di terminare entro un anno e invece impiegarono sette anni! Percorsero



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

strade e sentieri impervi, usufruirono spesso di sistemazioni di fortuna al freddo e con difficoltà di approvvigionamento.

Ci furono anche problemi con gli abitanti dei villaggi, che li credevano stregoni o spie monarchiche, rivoluzionarie o di paesi stranieri: dopo la caduta della monarchia, infatti, tutti i paesi europei si erano coalizzati e avevano dichiarato guerra alla Francia per restaurare il regime precedente.

I due astronomi si trovarono spesso sulla linea del fronte. Méchain fu fatto prigioniero e trattenuto per due anni in Spagna, dove ebbe anche un grave incidente. Riuscì poi a fuggire attraverso l'Italia e a raggiungere la Francia. In tutti questi anni Delambre e Méchain mantennero il contatto fra loro e con l'Accademia; le lettere che si scambiavano impiegavano molti giorni per giungere a destinazione. Chissà come potevano trovare il destinatario!

Nel settembre del 1798, con la determinazione della lunghezza del lato di base durata oltre un mese, si concluse la serie di misurazioni. Furono poi necessari alcuni mesi per terminare i calcoli.

Che la terra è schiacciata ai poli era già noto, ma la si riteneva simmetrica.

La grande precisione delle misure effettuate mostrò invece la sua irregolarità: i meridiani non sono tutti uguali!

Nel 1799 la commissione stabilì la misura definitiva del metro correggendo quella provvisoria e fece costruire da Lenoir, in platino puro, quattro campioni identici lunghi un metro. Il campione definitivo presentava uno scarto di solo 1µm. Il 22 giugno 1799 la barra definitiva, il metro legale, fu presentata alle camere francesi nel corso di una solenne ed imponente cerimonia. Nessuno fece menzione dell'inattesa scoperta dell'eccentricità della terra.

Malgrado l'impegno del governo, il popolo francese non accettò le nuove misure e ci vollero anni perché prendessero piede in Francia e nel mondo.



Loggia di fronte al Duomo di Bergamo. Orologio solare costruito nel 1798 dal Sac.Giovanni Albrici che indica il passaggio del sole al meridiano. Sono visibili lo gnomone e l'analemma che descrive la posizione del Sole nei diversi giorni dell'anno.

Nel 1804 Méchain morì di malaria mentre stava ancora cercando di allargare le sue misurazioni alle Baleari. Due anni dopo Delambre scoprì un errore nelle misure di Méchain, ma ormai il metro era la barra di metallo conservata negli Archivi Nazionali! I matematici continuarono per anni ad esaminare i dati raccolti dai due astronomi nei sette anni di misure. Legendre applicò ad essi per la prima volta il metodo dei minimi quadrati creando le basi, assieme a Johann Carl Friedrich Gauss, della "teoria degli errori".

Durante il periodo Napoleonico Delambre assunse numerose cariche importanti tra cui "segretario permanente della Accademia reale delle Scienze". Nel 1814 fu ripristinata la monarchia ma Delambre mantenne il suo incarico e continuò nelle sue ricerche producendo molte opere di Astronomia e Matematica. Nel 1822 morì e fu sostituito da Jean Baptiste Joseph Fourier, altro importante fisico e matematico.



Il kg campione campione di massa è costituito da un cilindro di platino e iridio di 39 cm di altezza e diametro, che si avvicina il più possibile al decimetro cubo di acqua distillata, è conservato presso il BIPM di Sèvres

La Conférence générale des poids et mesures

Il 20 maggio 1875, durante la Convenzione del Metro, i rappresentanti di 17 Paesi si impegnarono alla ricerca di un comune criterio di costruzione di un insieme di campioni delle varie grandezze il più possibile precisi e accessibili. Fu istituita la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) collegata al Bureau international des poids et mesures (BIPM).



Il metro campione, conservato presso il BIPM di Sèvres, è costituito da una sbarra lunga 120 cm di una lega di 90% di platino e 10% di iridio, inattaccabile da parte di agenti corrosivi, sulla quale sono incisi due gruppi di tre righe vicinissime: la distanza tra le incisioni centrali dei due gruppi fu assunta uguale a 1 metro alla temperatura di 0 °C. La forma della sbarra, con sezione trasversale ad X contenuta in un quadrato di lato 20 mm, fu studiata in modo che fosse minima la flessione per effetto del peso. Per evitare effetti di dilatazione termica, il campione è conservato in ambiente termostatico a 20 °C. Il campione presenta un errore massimo di 0,2 µm.

Si decise di mantenere il metro legale già esistente, senza più alcun riferimento alle caratteristiche geometriche del nostro pianeta, perdendo così la caratteristica di riproducibilità. Fu realizzato un nuovo campione del metro, indicato con la sigla M, di cui vennero costruite nel 1889 trenta copie distribuite ai vari paesi. Il n.6 venne assunto come prototipo internazionale del metro e, con il n.13 e il n.19 è, da allora, custodito nei sotterranei del BIPM, istituito nel padiglione di Breteuil a Sèvres, presso Parigi. Nel 1889, con la prima CGPM, furono stabilite le unità, la terminologia e le raccomandazioni del Sistema internazionale, e nacque il "Sistema MKS", che comprendeva solo le unità fondamentali di lunghezza (metro), massa (kilogrammo) e tempo (secondo).

Come campione di massa fu costruito un cilindro di platino e iridio, che si avvicinava il più possibile al decimetro cubo di acqua distillata, anch'esso conservato presso il BIPM di Sèvres. Nel 1884 furono prodotte 40 repliche di questo campione, poi distribuite ai vari paesi nel mondo. Il campione di massa è l'unico che rimane ancora



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

sotto forma di oggetto fisico. Secondo uno studio della Newcastle University oggi pesa 10 μ g in più rispetto allo standard della sua introduzione. È in avanzata fase di studio il progetto di collegare il kg al numero di Avogadro.

Nel 1946 si aggiunse l'unità di misura della corrente elettrica, l'ampere, ottenendo il "Sistema MKSA", anche chiamato "Sistema Giorgi", in onore del fisico che ne aveva proposto l'inclusione.

Nel 1954, la 10^a CGPM, aggiunse il kelvin (temperatura) e la candela (intensità luminosa) come unità di misura fondamentali.

Nel 1960 la 11^a CGPM definì il nuovo metro campione (metro ottico):

"1650763,73 volte la lunghezza d'onda nel vuoto della luce rosso-arancione del ⁸⁶Kr". Così finalmente il metro diventò riproducibile.

Nel 1961 si sancì la nascita del **Sistema internazionale (SI)**.

Nel 1967 la 13^a CGPM sostituì la storica definizione di secondo ("1/86400 del giorno solare medio") con il secondo del Tempo atomico internazionale nel Sistema Internazionale con "la durata di 9192631770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli dello stato fondamentale dell'atomo di ¹³³Cs". Oggi ci sono orologi atomici che arrivano ad una precisione di 10⁻¹⁶.

Nel 1971 la 14^a CGPM aggiunse la mole fra le unità fondamentali di questo sistema, completando l'insieme delle sette unità di misura attuali.

Nel 1983, con la 17^a CGPM, si concluse (per ora) la storia del metro.

Poiché la teoria della relatività afferma che la velocità della luce nel vuoto è costante, tenendo conto della necessità dell'Astronomia che il suo valore non cambi, la CGPM stabilì per definizione il valore esatto della velocità della luce nel vuoto: $c=299792458$ m/s

Come conseguenza, il metro diventò unità di misura derivata dal secondo, definita con la stessa precisione: "il metro è la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in 1/299792458 di secondo".

È interessante notare che sarebbe molto razionale definire la velocità della luce $c=1$, numero puro. In questo modo il metro scomparirebbe e anche la lunghezza si misurerebbe in secondi. Ricordando poi l'equazione di Einstein $E=mc^2$, anche massa ed energia avrebbero la stessa unità di misura!

Ma questa è un'altra storia.

Bibliografia:

- La misura di tutte le cose, Ken Adler (RCS Libri)
- DIZIONARIO E MANUALE DELLE UNITA' DI MISURA di Michelangelo Fazio Ed. Zanichelli
- Wikipedia

Le Micro/nanotecnologie: Processi additivi

Di Benedetta Marmioli

Nel presente articolo continuerò a descrivere i processi additivi.

Epitassia

L'epitassia è una tecnica ampiamente utilizzata sia nell'ambito delle nanotecnologie che della microelettronica. È infatti l'unico metodo affidabile per la crescita di cristalli di elevata qualità per molti materiali semiconduttori.

L'epitassia consiste nella deposizione di strati sottilissimi di materiale cristallino su un substrato, anch'esso cristallino, che ne indirizza la crescita e ne determina le proprietà strutturali. Il termine epitassia deriva dal greco: *epi* significa *sopra*, *taxis* vuol dire *in modo ordinato*. Per molte applicazioni tecnologiche, è importante che il materiale depositato su un substrato cristallino abbia un'orientazione ben definita rispetto al substrato stesso.

Lo spessore dello strato epitassiale può variare dalla frazione di nanometro a centinaia di micron. Se il materiale epitassiale è lo stesso del substrato si parla di *omeoepitassia*, quando il materiale epitassiale è chimicamente differente dal substrato si ha l'*eteroepitassia*.

Le tecniche epitassiali sono molte. Tra le più comuni, l'*epitassia da fase liquida* (LPE, dall'inglese *Liquid Phase Epitaxy*) permette di crescere strati epitassiali molto spessi, mentre l'*epitassia da fasci molecolari* (MBE, dall'inglese *Molecular Beam Epitaxy*) e la *deposizione di vapori chimici con precursori metallorganici* (MOCVD, dall'inglese *Metal-Organic Chemical Vapour Deposition*) permettono un controllo dello spessore dei materiali dell'ordine del singolo strato atomico e sono adatte a crescere spessori relativamente sottili, fino a pochi micron.

Lo schema di un processo di crescita epitassiale MBE è riportato nella figura 1.

L'epitassia è utilizzata nei processi di fabbricazione di dispositivi a base di silicio per realizzare *transistor a giunzione bipolare* (BJT) e CMOS. Quella dei transistor a giunzione bipolare è una tipologia largamente impiegata nel campo dell'elettronica analogica, principalmente per amplificatori e interruttori. Il BJT è costituito da tre strati di materiale semiconduttore drogato, solitamente silicio, in cui lo strato centrale ha drogaggio opposto agli altri due, in modo da formare una doppia giunzione p-n.

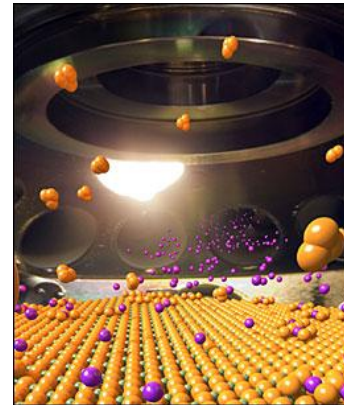


Figura 1. Schema rappresentante l'interno di una camera per la crescita epitassiale MBE ed il processo di sintesi. Copyright Brookhaven National Laboratory (USA)

Un'immagine di un BJT di potenza è riportata nella figura 2.



Figura 2. BJT di potenza.

Il CMOS (acronimo di *complementary metal-oxide semiconductor*) si utilizza in elettronica per la progettazione di circuiti integrati.

Un esempio di sensore CMOS è riportato in figura 3.

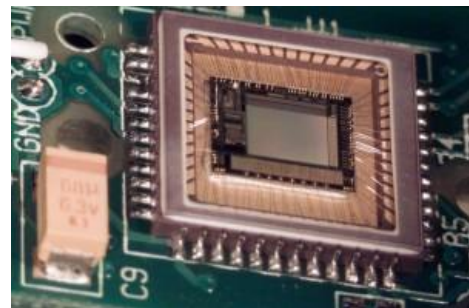


Figura 3. Sensore basato su tecnologia CMOS.

L'epitassia è particolarmente importante per i semiconduttori tipo l'arsenuro di gallio.

Tra i parametri di processo da controllare ci sono entità e uniformità della resistività e dello



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

spessore del materiale depositato, la pulizia e la purezza della superficie, l'atmosfera nella camera di deposizione, la diffusione degli eventuali elementi droganti negli altri strati di materiale, le imperfezioni nel processo di crescita e la protezione delle superfici durante la fabbricazione e la manipolazione.

Un esempio di film di carburo di silicio depositato per crescita epitassiale è riportato in figura 4.

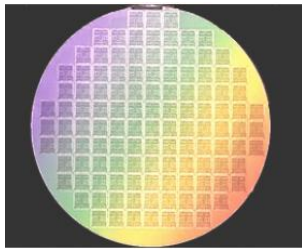


Figura 4. Film di Carburo di Silicio depositato per crescita epitassiale.

Atomic Layer Deposition (ALD)

La deposizione di strato atomico è una tecnica di basata sull'utilizzo sequenziale di un processo fisico in fase gas. La maggioranza dei processi di ALD usa due reagenti chimici, chiamati *precursori*. I precursori reagiscono con la superficie su cui viene depositato lo strato atomico singolarmente e in modo sequenziale ed autolimitante. Il film sottile viene depositato esponendo la superficie ai precursori ripetutamente. Si parla di processo autolimitante perché la quantità di materiale depositato per ogni ciclo di reazione è costante. I substrati su cui viene depositato il film possono avere diversa composizione. Vista la autolimitazione del processo, è possibile crescere film con un controllo dello spessore su scala atomica.

La chimica coinvolta nei processi ALD è simile alla CVD vista nello scorso articolo, ma nel processo ALD la reazione è spezzata in due semi-reazioni ed i precursori vengono tenuti separati durante ognuna delle due. Grazie a questo, la crescita del film può essere controllata fino a 0.1 Å (= 10^{-10} m) per ciclo, per cui lo spessore totale del film, dipendente solo dal numero di cicli, è controllato in modo semplice ed accurato.

Per tenere separati i due precursori si soffia un gas inerte (di solito azoto o argon) dopo ognuno dei precursori.

Al contrario di quello che avviene per la CVD, c'è almeno bisogno di omogeneità nel flusso dei

precursori, per cui è più facile depositare film su ampie superfici e su larga scala in modo altamente riproducibile. Inoltre è semplice realizzare film multistrato composti da differenti materiali con basso livello di impurezze. In caso di substrati sensibili, si può anche abbassare la temperatura di deposizione.

Per tutti questi motivi il metodo ALD diventa un processo attraente per la fabbricazione dei circuiti integrati di nuova generazione.

Purtroppo però l'ALD è lenta, perché durante un ciclo si deposita solo una frazione di un singolo strato. Ultimamente, miglioramenti nel processo hanno fatto sì che sistemi commerciali siano in grado di produrre film di 100 nm di spessore in meno di un'ora. Quindi un processo su larga scala potrebbe consentire di produrre alcuni wafer al minuto. Fortunatamente, i film necessari per i circuiti integrati di nuova generazione sono molto sottili.

Tanti materiali possono essere depositati tramite ALD. Sfortunatamente il silicio, il germanio, il nitruro di silicio, parecchi ossidi ed alcuni metalli che sarebbero tecnologicamente importanti non possono essere depositati con questa tecnica in modo economicamente vantaggioso.

Bisogna anche prestare parecchia attenzione ad evitare residui di impurezze lasciate dai precursori. Infatti il loro contenuto dipende dal completamento delle reazioni chimiche.

L'ALD è vista come una tecnica potenziale per l'utilizzo in microelettronica. In particolare se ne sta studiando l'impiego per depositare ossidi ad alta permittività, dielettrici capacitivi, materiali ferroelettrici, metalli e nitruri per elettrodi e connessioni.

Uno schema del processo ALD è riportato in figura 5 nella pagina successiva.

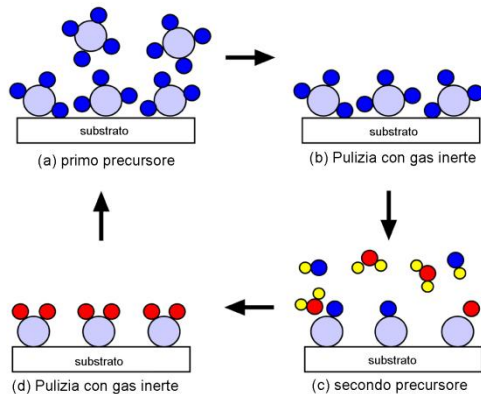


Figura 5. Schema del processo ALD. (a) Reazione di deposizione tramite il primo precursore. (b) Rimozione del primo precursore residuo tramite insufflaggio di un gas inerte (c) Reazione di deposizione tramite il secondo precursore. (d) Rimozione del secondo precursore residuo tramite insufflaggio di un gas inerte.

In figura 6 è riportato l'interno di una camera per ALD contenete wafers su cui è stato depositato Al_2O_3 .

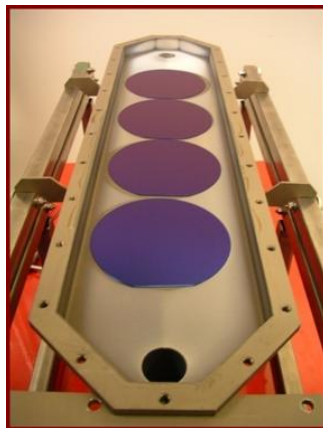


Figura 6. Interno di una camera ALD in cui sono conenuti wafers su cui e' stato depositato Al_2O_3 . Copyright Planar Systems.

Le tecniche descritte finora vengono principalmente utilizzate per depositare film sottili. Passo ora a descrivere un processo ampiamente imiegato per la crescita di microstrutture in metallo a seguito della litografia e dello sviluppo: l'elettrodeposizione.

Per rinfrescare un po'la memoria riporto in figura 7 lo schema del processo completo di litografia e sviluppo. A tale schema ho aggiunto i passi finale

di elettrodeposizione ed eliminazione del resist che consentono di ottenere le microstrutture in metallo.

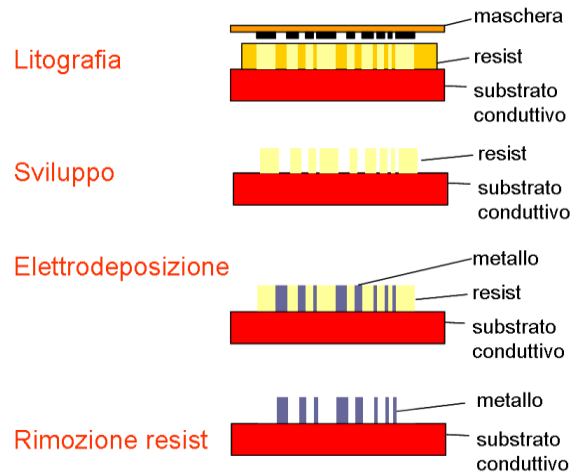


Figura 7. Schema del processo di litografia, sviluppo, elettrodeposizione di metallo all' interno del resist ed elimiazione finale dello stesso al fine di ottenere microstrutture in metallo.

Elettrodeposizione

In un processo di litografia, sviluppo ed elettrodeposizione, l'elettrodeposizione è il passo più delicato del processo, perché dalla qualità delle strutture che ne derivano dipende fortemente quella del prodotto finale. Inoltre non esiste ancora una trattazione teorica completa che tenga conto degli innumerevoli parametri in gioco nel caso dell'elettrodeposizione in cavità strette e profonde. Spesso si utilizzano relazioni semiempiriche o curve di calibrazione ricavate sperimentalmente. Per questo lo stretto controllo della composizione e della struttura del deposito è ancora una sfida aperta. E' importante cercare di comprendere a fondo i principi che stanno alla base dei fenomeni di trasporto di massa e della distribuzione della corrente, per riuscire ad implementare l'elettrodeposizione di microstrutture anche a livello industriale.

L'elettrodeposizione consiste nel depositare il metallo su un substrato elettricamente conduttivo negli spazi tra le strutture di resist. Per far ciò si sfrutta l'elettrolisi di una soluzione salina del metallo o dei metalli da depositare, in cui il metallo è presente in forma cationica cioè con carica positiva (M^{+n}) dove M = metallo.

I metalli più comunemente utilizzati sono oro (Au), rame (Cu), cromo (Cr), nichel (Ni) e le sue leghe.

Utilizzando tale tecnica si potrebbero anche depositare film magnetici.

Uno schema del funzionamento del processo è mostrato in figura 8.

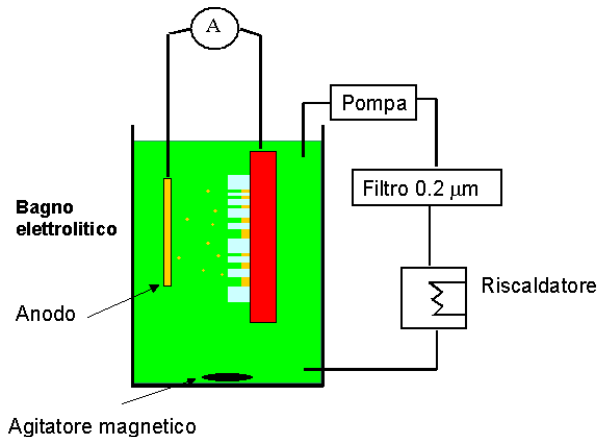
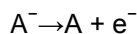


Figura 8. Schema del processo di elettrodeposizione.

Il bagno elettrolitico è costituito da due elettrodi immersi nella soluzione salina. Uno dei due funge da anodo, l'altro da catodo. Il catodo è costituito dallo stesso campione da crescere, opportunamente collegato al sistema di alimentazione. Quando una differenza di potenziale è fornita dall'esterno, gli ioni carichi negativamente presenti in soluzione, detti *anioni*, migrano verso l'anodo, carico positivamente, mentre quelli carichi positivamente, detti *cationi*, migrano verso il catodo, carico negativamente. Le specie cationiche che arrivano al catodo sottraggono elettroni (definiti col simbolo e) al catodo. L'azione di sottrarre elettroni è detta *riduzione*. Le specie cationiche nel bagno elettrolitico riducendosi danno origine al deposito metallico secondo la seguente reazione:



All'anodo si ha invece la reazione di *ossidazione* (cioè della cessione di elettroni) della specie chimica con la più alta tendenza all'ossidazione presente in soluzione secondo la reazione:



L'elettrolisi può essere condotta a potenziale applicato costante, nel qual caso si ha una diminuzione della corrente nel corso del processo, oppure a corrente costante. In questo ultimo caso la differenza di potenziale applicata fra i due elettrodi viene aumentata automaticamente nel corso dell'elettrolisi da un generatore di corrente.

E' molto importante poter controllare la velocità di deposizione del metallo, perché essa influisce sia sulla durata del processo, sia sulla qualità del materiale finale. Poiché la velocità di deposizione di un metallo è proporzionale alla densità di corrente sul catodo, l'elettrolisi condotta a corrente costante consente una maggiore riproducibilità del processo di crescita.

Le strutture che si possono crescere possono avere aree molto diverse, che vanno da poche decine di nm^2 a qualche centinaia di mm^2 , quindi, a parità di corrente di elettrolisi, avranno densità di corrente molto diverse e velocità di crescita differenti. Per questo motivo, quando la superficie totale da riempire è ridotta, in parallelo al campione viene collegato un secondo elettrodo che funge anch'esso da catodo, detto *catodo di riferimento*. Esso ha una superficie di deposizione definita e molto superiore a quella di ogni struttura depositabile nel bagno. In tal modo non si dovrebbero avere grosse variazioni di velocità di crescita in funzione della dimensione delle strutture, perché è l'area del catodo di riferimento che determina la velocità di crescita.

Ogni bagno elettrolitico necessita di una calibrazione in termini di spessore cresciuto in funzione del tempo di crescita. Per controllare lo spessore del metallo depositato occorre conoscere la superficie della struttura da crescere, che può essere calcolata misurando l'area dei disegni della maschera.

Se le strutture hanno alto rapporto di forma (che ricordo essere il rapporto tra l'altezza o la profondità delle strutture e la loro minima dimensione laterale), l'elettrodeposizione è resa più difficoltosa perché il ricircolo dell'elettrolita diventa difficile. Infatti, gli ioni metallici vengono condotti sulla superficie di deposizione all'interno del resist per convezione, diffusione e deriva degli ioni dovuta al campo elettrico applicato. La *convezione* è un tipo di trasporto (in questo caso di materia) causato da un gradiente di pressione e dalla forza di gravità caratterizzato da moti di circolazione interni al fluido. La *diffusione* è un tipo di trasporto di massa dovuto ad un gradiente di concentrazione.



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

Se il bagno viene agitato (come comunemente accade), questo aiuta la circolazione nelle parti superiori della struttura. Tuttavia, l'entità di questo trasporto convettivo forzato decresce con l'aumentare del rapporto di forma, rendendolo irrilevante se quest'ultimo supera il valore di 3 o 4. Così resta solo la convezione naturale dovuta alla forza ascensionale associata alla forte diminuzione degli ioni metallici in seguito alla deposizione.

Affinchè il processo sia condotto appropriatamente, occorre prestare attenzione alle seguenti esigenze:

- Deve essere garantita la conduttività elettrica al fondo delle strette cavità tra le pareti di resist (non ci devono essere quindi residui di polimero).
- La densità di corrente deve essere molto bassa
- E' consigliabile impiegare la corrente impulsata per meglio raggiungere e riempire i fori ed ottenere un'elettrodeposizione uniforme. Inoltre con la corrente impulsata si può lavorare ad una densità di corrente media più elevata. La durata dell'impulso di corrente (*On time*) deve essere inferiore al tempo impiegato dalla concentrazione delle specie per andare a zero. Il tempo di rilassamento in cui la corrente viene tolta (*Off time*) deve essere superiore a quello necessario ai prodotti di reazione per diffondere di nuovo nella soluzione.
- Si deve esercitare un rigoroso controllo della composizione, della temperatura e del pH del bagno elettrolitico, da cui dipendono fortemente la velocità del processo e la morfologia delle strutture finali elettrodepositate. Il *pH* è una scala di misura dell'acidità o della basicità di una soluzione. Esso solitamente assume valori compresi tra 0 (acido forte) e 14 (base forte). Al valore intermedio di 7 corrisponde la condizione di neutralità, tipica dell'acqua pura a 25 °C. Variazioni del pH del bagno elettrolitico possono portare ad una cattiva morfologia del metallo ed alla generazione di idrogeno.
- Spesso occorre inserire sostanze chimiche particolari dette *wetting agents* per avere la completa bagnabilità della struttura di resist

che è fondamentale per evitare la presenza di difetti. Poiché i *wetting agents* si decompongono durante il processo, e le sostanze che ne derivano possono portare a formazione di bolle, vengono periodicamente rimossi dai bagni mediante opportuni sistemi di filtrazione.

- L'elettrolita deve essere privo di impurità (per esempio dovute a polvere, fanghi anodici, decomposizione dell'elettrolita o dei suoi additivi) per evitare la formazione di difetti e bolle nel metallo elettrodepositato. Infatti, le impurezze possono cambiare le proprietà del materiale e costituire centri di nucleazione di bolle di idrogeno, che ostacolano localmente la deposizione.
- La velocità di crescita deve essere uniforme.

Nel caso di elettrodeposizione di leghe metalliche occorre considerare la distribuzione della corrente parziale di ciascuna specie.

I principali problemi che si presentano sono i seguenti:

- I tempi necessari per elettrodeporre strutture con elevato rapporto di forma o con spessore superiore ai 100 micron sono molto lunghi (giorni).
- Ci sono limitazioni nel fenomeno di trasporto delle specie reattive perché l'elettrolita nelle cavità è quasi stagnante anche se il bagno elettrolitico viene agitato vigorosamente.
- La velocità di deposizione locale varia con le dimensioni della struttura da riempire e con la geometria su macro-scala dell'insieme delle strutture. Questo porta a sovracrescite in alcune zone e sottocrescite in altre.
- La distribuzione della corrente nella singola struttura varia nel tempo a causa del cambiamento di forma dell'elettrodo.
- Quando il substrato è scarsamente conduttivo, si possono creare differenze di potenziale nell'elettrodo parallele all'interfaccia con l'elettrolita. Esse influiscono sulla distribuzione della corrente.
- In un processo di crescita vincolato dalla diffusione delle specie, la superficie della struttura in metallo è spesso rugosa e diventa più instabile all'aumentare della velocità di crescita.

Associazione Culturale "Il C.O.S.MO." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 pag: 34 di 40

Questa rivista, le copie arretrate, i suoi articoli e le sue rubriche, non possono essere duplicati e commercializzati. È vietata ogni forma di riproduzione, anche parziale, senza l'autorizzazione scritta del circolo "Il C.O.S.Mo". La loro diffusione all'esterno del circolo è vietata. Può essere utilizzata solo dai soci per scopi didattici. - Costo: Gratuito sul WEB per i soci - Arretrati: Disponibili e gratuiti sul WEB per i soci.

Quando la velocità di crescita è elevata, si incrementa anche la formazione di idrogeno che provoca difetti. Quindi all'aumentare della densità di corrente c'è una severa degradazione della morfologia della superficie. Queste disuniformità possono essere evitate riducendo la velocità di deposizione e quindi l'intensità di corrente, però a discapito della durata del processo, che viene ulteriormente allungata.

- Nei fori tra le strutture si possono avere inclusioni di bolle nel deposito. Esse provocano la formazione di vuoti e non si ha più uniformità della crescita.

La qualità del processo influisce fortemente sulle proprietà del materiale e della struttura finale.

Un esempio di crescita di metallo (in questo caso nichel) che presenta difetti e' riportata in figura 9.



(a)



(b)

Figura 9. Esempi di palette di una microturbina in nichel che presenta difetti. (a) Visione laterale che evidenzia la presenza di fori. Inoltre le palette si sono staccate dal substrato a causa di mancanza di adesione. (b) Visione dall'alto che evidenzia il profilo palare che invece risulta perfetto.

La durezza del materiale depositato può essere influenzata da cambiamenti della densità di corrente, della temperatura dell'elettrolita, dalla presenza di impurezze, di sostanze organiche e di additivi.

Per esempio, nel caso del nichel la rigidità delle strutture elettrodepositate è di solito inferiore a quella del metallo formato in altro modo. Invece la resistenza a rottura è nettamente superiore.

Quasi tutti gli elementi metallici fabbricati mediante elettrodeposizione si trovano in uno stato di tensione interna che, a vantaggio di un aumento di durezza, può però portare a distorsioni geometriche ed influenzare la resistenza a fatica, quella alla corrosione e l'adesione al substrato.

Le caratteristiche dei metalli elettrodepositati dipendono fortemente dall'ambiente nella immediata vicinanza del catodo. L'aumento della corrente entro certi limiti permette di ottenere depositi costituiti da grani fini, ma se cresce troppo si ha un'inversione di tendenza. La temperatura favorisce la diffusione degli ioni, diminuendo l'impovertimento che porta alla rugosità del deposito. Però causa anche un incremento della velocità di crescita dei nuclei cristallini ottenendo una granatura grossolana del deposito. La presenza di additivi favorisce la crescita di una struttura a grana fine ma, essendo essi assorbiti facilmente dalla superficie dei grani, può infragilire la struttura. Insomma, la scelta dei parametri ottimali è sempre difficile e cambia per ogni tipo di struttura. Spesso occorrono mesi per mettere a punto il processo ed innumerevoli test pratici per avere il risultato migliore.

Una volta completata l'elettrodeposizione, prima di eliminare il resist occorre lappare le strutture per garantire la planarità delle superfici.

Riporto nelle figure seguenti alcuni esempi di microstrutture ottenute tramite litografia, elettrodeposizione ed eliminazione del resist (che di solito avviene per attacco chimico del polimero con sostanze aggressive).



Figura 10. Microturbina in rame.



Il C.O.S.Mo. NEWS

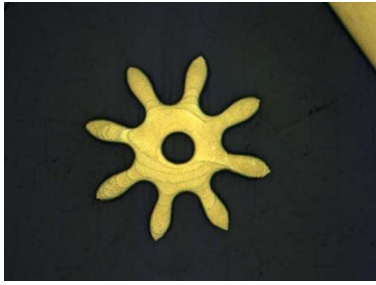


Figura 11. Microingranaggio in oro. Copyright KIT (Karlsruhe Institute of Technology).

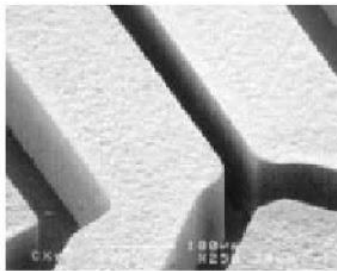


Figura 11. Giunzione per microdispositivo a radiofrequenza in oro.

Bibliografia

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/Epitaxy>.
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_layer_deposition.
3. http://it.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_a_s_emiconduttore.
4. Benedetta Marmioli, *Correlazioni tra il processo di produzione, la microstruttura e le proprietà di materiali per la previsione del comportamento di manufatti in esercizio*, tesi di dottorato (2004).
5. http://morenojoseali.blogspot.it/2010_05_01_archive.html

Le domande impossibili

Di Leonardo Avella

Come al solito la semplicità della domanda è quasi sconcertante. E che diamine? Chi non ha un orologio al polso o in casa? Un secondo è evidentemente l'unità di tempo pari all'intervallo tra uno scatto ed il successivo della lancetta dei secondi di un qualunque orologio da polso! All'ingegnere D.O.C. basterà questa risposta. D'altronde sappiamo tutti che gli ingegneri sono molto pragmatici e tendono ad accontentarsi di approssimazioni, come abilmente raccontato dalla barzelletta delle pecore scozzesi:

Un matematico, un ingegnere ed un fisico, mentre attraversano la Scozia, vedono una pecora nera dal finestrino del treno.

L'ingegnere dice: - Aha, le pecore scozzesi sono nere! -

- Hmm... - dice il fisico - Io penso che in Scozia alcune pecore siano nere.-

- No - dice il matematico - possiamo solo affermare che in Scozia esiste almeno una pecora e che almeno un lato di questa è nero! -

<http://amate.altervista.org/amen/ingmatfis.htm>

Ma ignoriamo per un attimo il pensiero semplice dell'ingegnere ed addentriamoci nel modo di pensare più rigoroso del fisico. Un' idea potrebbe essere quella di prendere la durata di un giorno, dividerla in un certo numero di parti uguali ed ottenere così la definizione di secondo. Dopotutto ci hanno insegnato a scuola che un giorno dura esattamente 24 ore, ovvero 1.440 minuti, quindi stiamo parlando di 86.400 secondi.

Semplice no? Eh beh, non proprio.

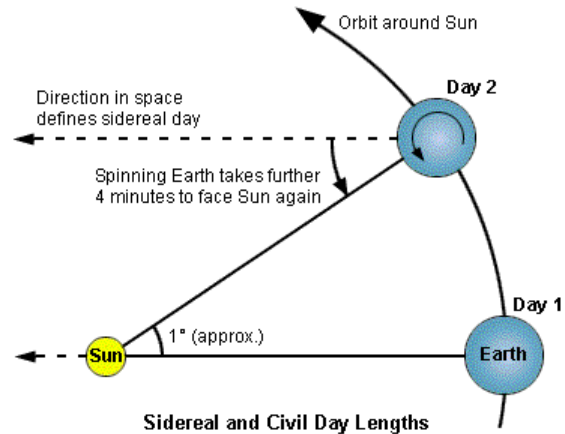
Cosa è esattamente un giorno? Un giorno è il tempo che ci mette la terra a fare un giro su se stessa. Ma come facciamo a definire quando il nostro pianeta ha completato esattamente una rotazione su se stessa? Ma certo! Ci vuole un sistema di riferimento! Sono sicuro che molti prenderebbero come riferimento proprio il sole.

Altri però (probabilmente matematici) potrebbero obiettare che è molto meglio avere come riferimento le stelle fisse, e qui cominciano i problemi.

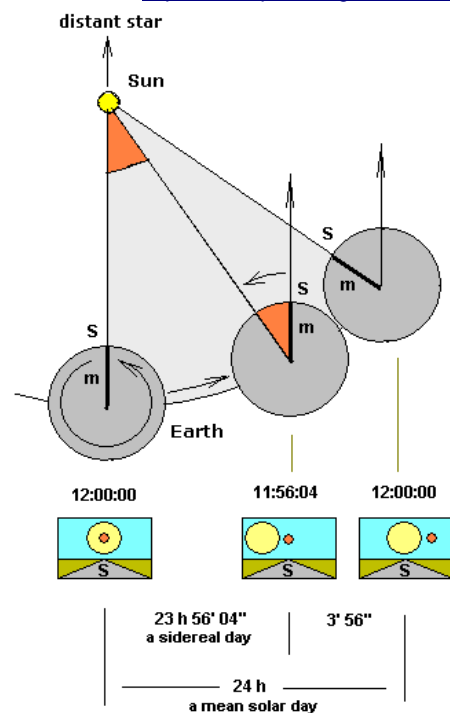
Se usiamo un cronometro e prendiamo come riferimento il sole scopriamo che la terra compie un giro su se stessa nelle classiche 24 ore (giorno solare), ma se prendiamo come riferimento le stelle (giorno sidereo) alla terra bastano circa 4 minuti in meno per compiere il suo giro su se stessa (per l'esattezza un giorno sidereo dura 23 ore, 56 minuti e 4,1 secondi).

Il motivo di tale differenza è ben descritto dalla immagine qui sotto.

<http://burro.cwru.edu/Academics/Astr306/Coords/coords.html>



La terra oltre a girare su se stessa gira anche intorno al sole. http://en.wikipedia.org/wiki/Sidereal_time



Per rivedere le stelle nella stessa posizione del giorno prima mi bastano 23 ore, 56 minuti e 4,1 secondi, mentre per rivedere il sole esattamente nella stessa posizione devo aspettare che la terra ruoti ancora un po' (di circa un grado). Abbiamo così che un anno è composto mediamente da 365,25 giorni solari, ma che lo stesso anno è composto anche da 366,25 giorni siderei.



Il C.O.S.Mo. NEWS

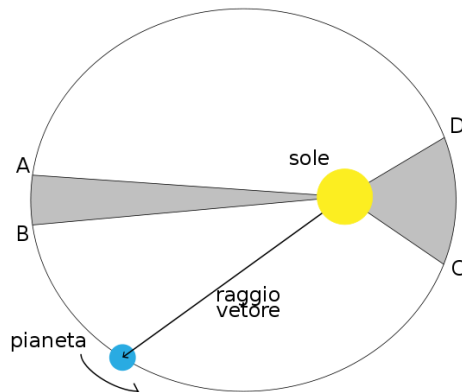
Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 5 - numero 1 | 1/3/2013

Quindi riassumendo: abbiamo trovato che un giorno dura 86.400 secondi ma anche 86.164,1 secondi; e che un anno dura 365,25 ma anche 366,25 giorni! Il bello è che sono tutte misure giuste, dipende solo dal sistema di riferimento che usiamo.

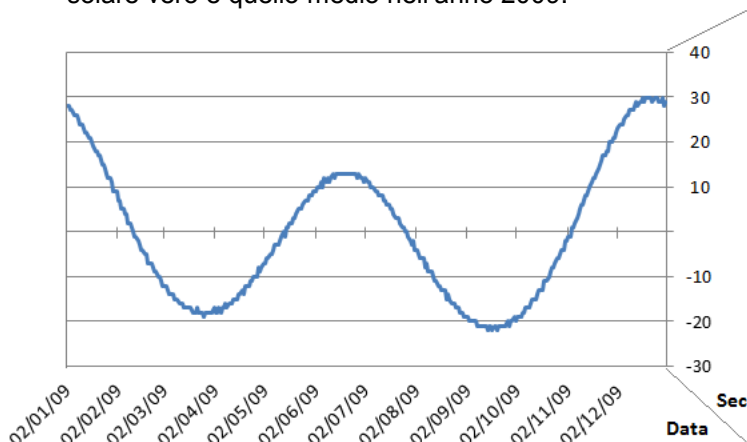
Tutto qui? Purtroppo no, quindi se avete mal di testa prendete un'aspirina, riposatevi un attimo e solo dopo riprendete la lettura.

Sappiamo che l'orbita della terra non è perfettamente sferica: è ellittica. Sappiamo anche che quando la terra è vicina al perielio (ovvero il punto della sua orbita più vicino al sole) la sua velocità di rivoluzione è maggiore (seconda legge di Keplero) rispetto a quando è all'afelio.

http://it.wikipedia.org/wiki/Leggi_di_Keplero



Con il nostro solito cronometro potremmo facilmente rilevare questo effetto. Se ci mettessimo a misurare il tempo del giorno solare vero osserveremmo che si scosta durante l'anno fino a 30 secondi dal valore medio di 86.400 secondi! Nel grafico sotto si può vedere la differenza di durata (in secondi) tra il giorno solare vero e quello medio nell'anno 2009.



http://www.pierpaoloricci.it/dati/giornosolarevero_eng.htm

E' evidente che, se quello che si vuole è una maniera stabile ed affidabile per misurare la nostra unità di tempo, aver scelto il giorno solare non è stata proprio una buona idea.

E quindi? E quindi si ricorre ad un escamotage: si considera il "giorno solare medio", ovvero la durata media, calcolata durante un periodo di un anno, del giorno solare.

Benissimo! Finalmente abbiamo trovato un accordo su come misurare il nostro amatissimo secondo. I problemi sono finiti qui? Ancora no purtroppo. ...

Le imperfezioni dell'orbita terrestre ci obbligano ad altre correzioni. Ad esempio a causa delle maree la rotazione terrestre rallenta, e la durata del giorno solare medio aumenta di circa 1,7 ms ogni secolo, quindi ad esempio l'anno 2000 è durato circa 621 millesimi di secondo in più del 1900.

Che fare allora? Bisogna standardizzare!

Nel 1955 ci fu il primo tentativo di standardizzare la definizione di secondo. L'IAU (International Astronomical Union) lo definì come la 31.556.925,9747 parte dell'anno tropico medio 1900. In questo modo, fissando il 1900 d.C. come anno di riferimento, si risolveva il problema della dipendenza del secondo standard dall'anno di misurazione e dal moto della terra.

Con l'aumentare della precisione richiesta e la necessità di definire qualcosa di riproducibile si passò nel 1967 a definire il secondo con l'atomo di cesio come "la durata di 9.192.631.770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio-133".

Adesso che siamo in possesso di uno strumento precisissimo per la misura del tempo e che abbiamo standardizzato e pubblicizzato il suo valore (detto anche IAT – International Atomic Time) dobbiamo premurarci che questo non si discosti troppo da quello astronomico (detto anche GMT – Greenwich Mean Time). Dopo tutto siamo abituati ad avere il sole che sorge alla mattina e tramonta alla sera. Se lasciassimo andare alla deriva le differenze tra i due sistemi di misurazione, tra qualche tempo potremmo trovarci il sole che sorge alle 3 del pomeriggio e che tramonta alle 3 di notte.

Ma come si fa? Semplice, si replica quello che succede nell'anno bisestile solo che invece di



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

aggiungere un giorno aggiungiamo ogni tanto dei "leap seconds", anche detti secondi intercalari.

http://it.wikipedia.org/wiki/Secondo_intercalare

Il primo secondo intercalare è stato inserito nel 1972 e da quel momento in media ogni anno e mezzo è stato inserito un secondo intercalare.

Dal primo gennaio 1988 il compito di mantenere sincronizzati gli orologi atomico e astronomico (che oggi si chiamano rispettivamente UTC e UT1) spetta all'International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS).

Dal 1972 ad oggi (27 gennaio 2013) è stato necessario aggiungere 25 secondi. Detto in altre parole, in quarant'anni ci sono stati 25 minuti di 61 secondi!

L'ultimo secondo intercalare è stato aggiunto il 30 giugno 2012 ed in pochi probabilmente sanno che ha provocato parecchi grattacapi.

Alcuni esempi? Il primo luglio 2012 Qantas Airlines e Virgin Australia vissero momenti di totale caos in Australia con cancellazioni e ritardi di svariati voli aerei.

http://www.theregister.co.uk/2012/07/02/leap_second_crashes_airlines/

Le due compagnie aeree infatti si appoggiavano ai servizi di prenotazione di Amadeus, e dato che i loro servers smisero di funzionare per circa un'ora, le compagnie aeree furono costrette a fare il check-in manualmente

http://www.amadeus.com/airlineit/solutions/sol_1altea_Isuite_1full.html

Non solo le compagnie aeree subirono dei ritardi, ma colossi come Mozilla, StumbleUpon, Yelp, LinkedIn, Foursquare, e Reddit ebbero alcuni servers colpiti dal bug legato all'inserimento del secondo intercalare e si trovarono a fronteggiare dei disservizi.

Successive analisi hanno rilevato che tutti i server colpiti avevano un comune denominatore: il sistema operativo Linux.

Ma Linux non è un sistema operativo nuovo, e chi lo ha scritto ha pensato a come gestire, tramite il protocollo NTP, aggiustamenti ben più grandi di un secondo (ad esempio tramite l'opzione -g che serve ad applicare aggiustamenti temporali maggiori della "panic threshold").

<http://linux.die.net/man/8/ntp>

Nota: NTP (Network Time Protocol) è un protocollo che usano i computer per tenere l'orario di sistema sempre aggiornato. In pratica il computer chiede l'ora via rete ad un server dotato di un orologio atomico precisissimo. Quest'ultimo risponde con l'ora ed il computer aggiusta il suo orologio interno di conseguenza.

A questo punto sorge spontanea una domanda: perché allora non ci sono stati problemi in passato, ad esempio nell'aggiustamento precedente avvenuto il 31 dicembre 2008?

Indagando meglio si scopre che i problemi ci furono anche nel 2008. In seguito a questi problemi fu consigliato agli amministratori di sistema di aggiornare il kernel di Linux almeno alla versione 2.6.29 che conteneva una patch che avrebbe risolto i problemi di deadlock verificatisi nel 2008.

https://bugzilla.redhat.com/show_bug.cgi?id=479765

Nota: Il deadlock è una situazione in cui due o più processi si bloccano a vicenda aspettando che uno esegua una certa azione (es. rilasciare il controllo su una risorsa come un file, una porta input/output ecc.) che serve all'altro e viceversa.

<http://it.wikipedia.org/wiki/Deadlock>

Nel 2012 però il blocco fu causato non da deadlock ma da un problema diverso, che provocava un utilizzo della CPU del 100%.

https://bugzilla.redhat.com/show_bug.cgi?id=836803

<http://lwn.net/Articles/504744/>

Il bug coinvolgeva stavolta un timer del kernel denominato hrtimer (high resolution timer). Nei sistemi Linux affetti dal bug l'orologio di sistema

hrtimer	syst. clock
13:59:56	13:59:56
13:59:57	13:59:57
13:59:58	13:59:58
13:59:59	13:59:59
14:00:00	13:59:60
14:00:01	14:00:00
14:00:02	14:00:01

non è riuscito ad aggiornare il timer hrtimer. Si è venuta a creare una situazione in cui il tempo memorizzato all'interno di hrtimer è un secondo avanti rispetto a quello di sistema (ad esempio in un dato istante per

hrtimer sono le 14:00:02 mentre per il tempo di sistema sono le 14:00:01).

Prendiamo quindi una applicazione che gestisce le prenotazioni online degli aerei: ha bisogno di risposte in tempi rapidi, inferiori al secondo,



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 5 - numero 1 | 1/3/2013

altrimenti annulla la prenotazione richiesta e rende disponibile il posto prenotato ad altre agenzie di viaggio nel mondo.

Nel nostro caso il software legge dall'orologio di sistema il momento in cui è arrivata la richiesta di prenotazione, e verifica da hrtimer il momento della risposta dell'applicativo. Dato che i timers sono sfasati l'applicazione penserà sempre che è passato più di un secondo tra l'istante della richiesta e la risposta.

Ma un secondo è un tempo troppo alto, quindi l'applicazione provvederà subito ad interrogare nuovamente il sistema.

Anche questa richiesta fallirà; il risultato è una valanga di richieste che portano l'occupazione della CPU al 100% rendendola di fatto inutilizzabile.

Google già dal 2006 (in seguito ad alcuni disservizi seguiti al leap second del 31 dicembre 2005) aveva intuito la portata delle problematiche relative all'inserimento del secondo intercalare.

<http://googleblog.blogspot.it/2011/09/time-technology-and-leaping-seconds.html>

Invece di inseguire aggiornamenti di kernel e bug fixes, che possono non risolvere il problema o portarne altri di sconosciuti, aveva adottato un approccio che definirei al contempo pragmatico, astuto e smalzato.

Gli ingegneri di Google si sono chiesti:

"Se il compito dell'NTP è quello di aggiustare continuamente e leggermente il tempo di sistema (compito peraltro svolto egregiamente) e dato che i problemi si manifestano solo con aggiustamenti rilevanti, perché non iniziare deliberatamente ad eseguire piccoli aggiustamenti di orario già alcune ore prima del leap second?"

Il risultato sarebbe stato avere uno sfasamento tra UTC ed UT1 per qualche ora (sfasamento sempre inferiore al secondo), ma una perfetta sincronizzazione senza problemi al momento giusto.

In pratica a Google non interessava eliminare i bug ma "si accontentava" di mantenere costantemente condizioni che non li facessero manifestare.

La strategia del "leap smear" (salto spalmato) ha funzionato perfettamente, dimostrando ancora una volta la genialità delle persone di Google e la loro capacità di pensare fuori dagli schemi.

Se sia opportuno inserire i secondi intercalari in futuro, o addirittura mantenere allineati UTC ed UT1, è una questione ampiamente dibattuta.

L'ultima volta che se ne è parlato è stato nel gennaio 2012, ad una assemblea dell'ITU. Italia, Francia, Messico, Giappone e Stati Uniti furono favorevoli all'abbandono dei leap seconds, mentre Canada, Cina, Germania e Stati Uniti furono contrari. Alla fine fu deciso di non decidere, rimandando ogni decisione al 2015.

http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2012/03.aspx

Personalmente penso che la attuale definizione di secondo basata sugli stati iperfini del cesio sia un po' oscura e sicuramente molto noiosa.

Credo anche che tutte le questioni legate ai movimenti astronomici ed allo sforzo tutto umano di mantenere consistenti e sincronizzati i diversi modi di misurare il tempo siano interessantissime e molto divertenti...

Sono sicuro che d'ora in avanti guarderete la lancetta dei secondi del vostro orologio con un'aria diversa, meno noncurante...

Alla prossima domanda impossibile!

Leonardo Avella