





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

## Per il ciclo "le domande impossibili"

di **Leonardo Avella.**

Ecco quella che vi propongo in questo numero:

### Ha senso farsi congelare poco prima di morire?

Nelle ultime pagine la risposta (in larga parte ispirata al seguente post:

<https://waitbutwhy.com/2016/03/cryonics.html>)

## Programma Lunare Sovietico sotto Korolev

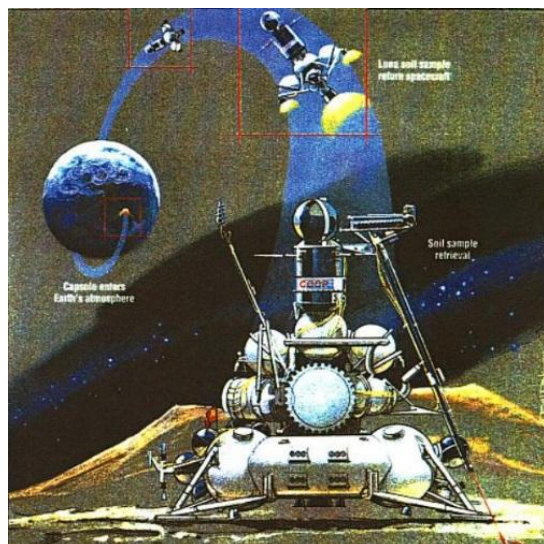
di **Davide Borghi.**

21 Agosto 1976. Surgut, sul fiume Ob, Siberia. Mezzi militari anfibi e una mezza dozzina di elicotteri MIL sono sul posto. Improvvisamente si sente il BANG sonico. Sta rientrando la sonda coi campioni di suolo lunare. Captano il segnale radio, la seguono e la recuperano al suolo. E' il terzo rientro di campioni lunari sovietici. Il primo e' **Luna 16** dal Sea of Fertility, il secondo e' **Luna 20** con un piccolo campione dalle Apollonius Highlands, ma **Luna 24** ha fatto un carotaggio nel suolo selenico.

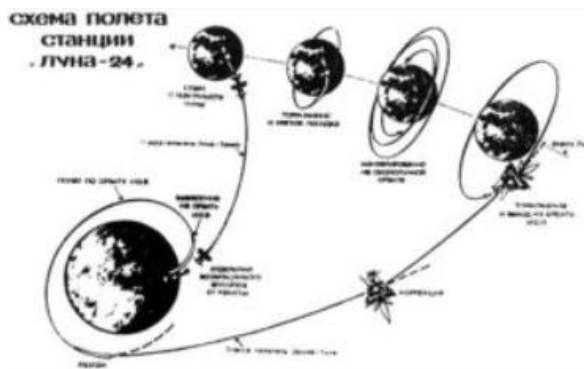
Sarà l'ultima missione lunare sovietica.



**Luna 24 al rientro in Siberia.**



La corsa alla Luna e' ricordata per chi ha vinto e non per chi ha perso, ma i sovietici sono stati i primi a:



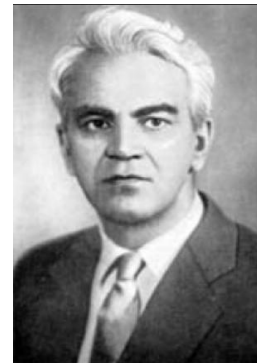
- Mandare una sonda oltre la Luna (1<sup>st</sup> Cosmic Ship)
- Impattare sulla Luna (2<sup>nd</sup> Cosmic Ship)
- Vedere la faccia nascosta (Automatic Interplanetary Station)
- Primo allunaggio morbido (Luna 9)
- Primi rover lunari (Lunokhod 1 e 2)

L'URSS aveva sicuramente la tecnologia per raggiungere la Luna, ed ha anche progettato basi lunari permanenti.

Tutto inizia nel Maggio 1954, in vista dell'Int'l Geophysical Year, quando **Mikhail Tikhonravov**, consultandosi con Valentin Glushko e il matematico **Mstislav Keldysh**, e sollecitato da Sergei Korolev, scrive Report on Artificial Satellite of the Earth. Nel III cap. descrive una missione lunare.



Tikhonravov



e Keldysh





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

Dopo un inizio promettente negli anni '20 con il Gas Dynamics Lab a San Pietroburgo, e perfino un **film di fantascienza con la consulenza di Tsiolkovsky**, la ricerca sovietica e' bruscamente arrestata da un'ondata di purghe staliniane.

Nel 1936 i leaders del programma missilistico sono arrestati e fucilati nel giro di poche ore, **Korolev viene mandato in un gulag**, e Glushko imprigionato per 6 anni.

Con la scoperta dei razzi A-4 (meglio conosciuti come V-2) in Germania, il programma riprende slancio e nel 1953 e' approvato un piano per un missile balistico intercontinentale ICBM. Korolev (OKB-1) realizzerà il vettore R-7, coi motori forniti da Glushko (OKB-456).

Come base di lancio, Kapustin Yar, nel Sud della Russia, era troppo vicino alle stazioni di ascolto americane in Turchia, per cui si sceglie Tyuratam, rinominato Baikonur, per confonderlo apposta con la stazione ferroviaria di Baikonur a 280Km a Nord, in Kazakistan.

Keldysh, ora a capo del prestigioso Institute of Applied Mathematics, introduce i computers nell'industria sovietica.



**Korolev al trasferimento nel Gulag**

1958: dopo l'inatteso entusiasmo mondiale per lo Sputnik, l'URSS approva un ambizioso programma spaziale. Korolev impara che il **Pioneer lunare americano** lancerà il 17 Agosto e **cerca di batterlo sul tempo**. Ne attende il lancio, il Pioneer esplose 77s dopo il lancio, e Korolev puo' riportare il suo R-7 dentro per tests piu' accurati (lo avrebbe superato con traiettoria piu' breve). Lancia il 23 Settembre 1958, ma il R-7 esplose dopo 93s. L'11 Ottobre gli americani ci riprovano con un nuovo Pioneer. Ancora il lancio americano (il III stadio) fallisce. Korolev ha la sua opportunita': lancia il 12 Ottobre, ma esplose

dopo 104s... Avrebbe superato il Pioneer e raggiunto la Luna solo 6h prima degli americani!!! L'investigazione punta il dito contro vibrazioni indotte dall'ultimo stadio di Kosberg. Il tentativo successivo (4 Dicembre) fallisce ancora, anche se facendo progressi.



**Luna 1**

Per scelta dell'ideologo di partito Mikhail Suslov, **solo i successi saranno annunciati**.

Korolev diventa Professor Sergeev, e Glushko Professor Petrovich.

Poi, il 2 Gennaio 1959 ce la fa la **1<sup>st</sup> Cosmic Ship**.

Ha a bordo un rilevatore di gas, campo magnetico, ioni, meteoridi, raggi cosmici. Il 3 Gennaio 1959 rilascia, come previsto una coda di vapore di sodio per renderlo visibile, ma manca la Luna, anche se di poco (6000Km). Viene chiamato **1<sup>st</sup> Cosmic Ship**, per nascondere il fatto che era progettato per colpire la Luna. Solo nel 1963 viene rinominato **Luna 1**.

Seguono gli americani che mancano la Luna con Pioneer 4 di ben 60 mila Km.

Il 13 Settembre la **2<sup>nd</sup> Cosmic Ship (poi Luna 2)** colpisce finalmente la Luna. Non lontano da dove allunera' l'Apollo 15.

**Luna 2** e' una sfera da 156Kg (carico totale 361Kg).

La comunicazione e' su 184MHz (downlink trajectory),

- 20MHz (science data),
- 115MHz (uplink).

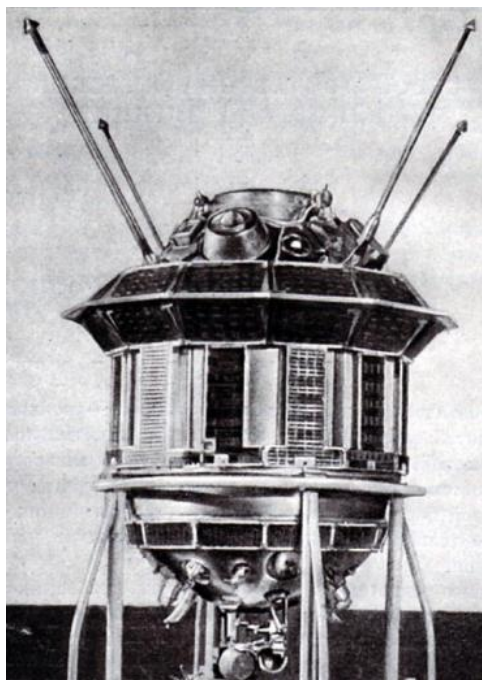


# Il C.O.S.Mo. NEWS

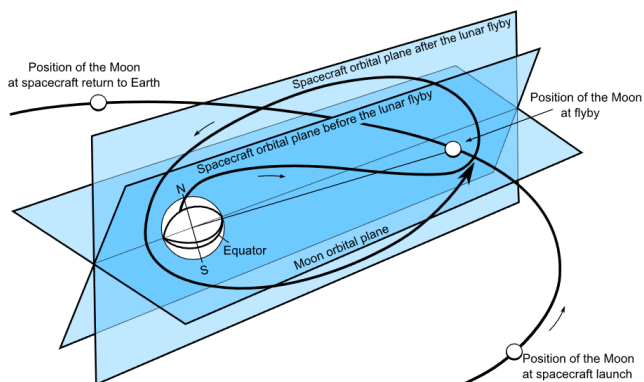
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

Il 4 Ottobre 1959, parte il **Automatic Interplanetary Station (poi Luna 3)**. Prima sonda sovietica basata sui **transistors**. Usa **pellicole di palloni spia americani**, caduti in territorio sovietico, perché note per essere resistenti alle radiazioni. 29 foto sono asciugate, scannerizzate a bordo e spedite a Terra. La qualità delle poche foto recuperate (19 su 29 scattate) è molto bassa. Il rapporto segnale/rumore è molto basso, per cui viene anche imposto il silenzio radio su tutta la zona del Mar Nero.

Alla fine di questa prima sessione gli americani hanno 8 fallimenti e un successo (Pioneer 4 che sorpassa la Luna) e i sovietici 8 fallimenti e 3 successi, ma siccome i fallimenti russi non sono pubblici, la percezione pubblica è di un netto dominio sovietico.



**Luna 3**



**Orbite per flyby col lato nascosto illuminato e tornare sull'URSS.**



**La qualità delle poche foto recuperate è molto bassa.**

L'importanza del discorso di Kennedy del 25 Maggio 1961, non viene inizialmente colta in URSS, che lo considera retorica, e non la mobilitazione di un'intera nazione, cosa che di fatto diventerà. **Fino al 1964 le intenzioni sovietiche non sono chiare.** Krushev, ben cosciente della disparità di fondi, non coglie appieno la sfida.

Kennedy d'altra parte accetta il programma lunare in modo riluttante, spinto dal VP Johnson. E così propone (Giugno 1961 a Vienna) a Krushev una missione congiunta. Ma i russi non rispondono, preoccupati di condividere segreti con gli americani, e di rivelare quanto siano impreparati militarmente.

Nel 1963 gli americani ripetono l'offerta. Stavolta i russi rispondono in modo possibilista. Ma 3 settimane dopo Kennedy viene assassinato, poco dopo aver visitato il nuovo centro spaziale di Houston. Johnson intende investire da solo nello spazio, e lascia cadere la proposta.

Da documenti analizzati solo nel 1991, risulta che **la decisione sovietica di allunare risale al 3 Agosto 1964** (decisione segreta governativa e del partito #655-268).



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



**Kruschev e Kennedy**

Korolev completa il progetto del gigantesco razzo N-1 il 25 Dicembre 1964. E' alto quanto il Saturn V, quasi esattamente, ma usa solo combustibili tradizionali, ossigeno liquido e kerosene, con motori di potenza modesta e con parecchi ugelli. E' pensato prima per EOR (Earth Orbit Rendez-vous) ma poi per LOR (Lunar Orbit Rendez-vous) come per le missioni Apollo.

I concorrenti sono il vettore R-56 di Yangel (OKB-586) e il Proton UR-700 di Chelomei (OKB-52) che usa invece giganteschi motori (RD-270) a UDMH (idrazina, ovvero un propellente ipergolico che non ha bisogno di innesco) sviluppati da Glushko (OKB-456). Il UR-700 (missione diretta verso la Luna) ne ha 8 nel I stadio, 4 nel II e un RD-210 nel III, che puo' lanciare verso la Luna 30ton di carico (comunque significativamente meno del Saturn V americano). Glushko ha sempre creduto molti nell'idrazina, per evitare la complessita' della gestione di propellenti "non-storable", come l'ossigeno liquido che deve essere tenuto a temperature molto basse. Al contrario, Korolev, non si e' mai fidato dei propellenti ipergolici come l'idrazina, a causa della forte tossicita' della stessa. Korolev chiamava l'idrazina il veleno del diavolo. L'esplosione di diversi razzi Proton dopo il lancio in Kazakhstan, provochera', in effetti enormi danni ambientali, e, ovviamente dopo il 1991, il Kazakhstan chiederà milioni di dollari di rimborso alla Russia per questo.

In URSS, al contrario delle aspettative, c'e quindi una accerrima competizione fra Design Bureau rivali (fino al Settembre 1966 quando Mstislav Keldysh finalmente sceglie N-1 per allunaggio e UR-500K per translunar mission), anche dopo la scelta di un progetto, mentre in USA, diverse aziende private partecipano ad un bando, ma poi si sceglie un design (1961-62) e si continua solo

	N-1	R-56	UR-700
Designer	Korolev	Yangel	Chelomei
Bureau	OKB-1	OKB-586	OKB-52
Method	LOR	LOR	Direct ascent
Height	104 m	68 m	74 m
Weight	2,850 tonnes	1,421 tonnes	3,400 tonnes
Moonship	33 tonnes	30 tonnes	50 tonnes
First-stage engines	NK-31	RD-270	RD-270

con quello.



**Chelomei e Keldish**

Cio' crea in Unione Sovietica competizione e acredine fra i vari studi di progettazione, che li porta a litigarsi e, di fatto, dividersi, i gia' scarsi fondi a disposizione. Questo anche per l'incompetenza politica e decisionale di scegliere e poi continuare con un solo programma spaziale per battere gli americani sulla Luna. La sconfitta sara' quindi piu' che altro responsabilita' della politica e non del tutto di tipo tecnico.

Questi sono alcuni dei Design Bureau del Programma Spaziale Sovietico, molti dei quali consultati e/o coinvolti nei diversi progetti lunari





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

russi, e molti di essi in competizione reciproca e con idee diverse:

- **OKB-1** (TsSKB, poi NPO Energia) diretto da **Korolev**.  
Progetta i razzi R-7, Vostok, Voskhod, Soyuz, N-1, Zenit.
- NPO Energomash (**OKB-456**) diretto da **Glushko**.  
Progetta i motori di serie RD1/2/3/4/700 del razzo R-7, i razzi Proton, Zenith, Energia, Atlas.
- Kosberg Bureau (**KBKhA**).  
Stadi superiori del R-7 e Proton.
- Isayev Bureau (KhimMash) (**OKB-2**) diretto da **Isayev**.  
Motori delle sonde.
- Kuznetsov Bureau (**OKB-276**).  
Motori NK-33 del N-1.
- Khrunichev Design Bureau (**OKB-52**) diretto da **Chelomei**.  
Progetta i razzi Proton, Angara, Rockot, e la stazione spaziale Salyut
- NPO Lavochkin (**OKB-301**) diretto da **Babakin**.  
Progetta i rover lunari Lunokhod, e le sonde interplanetarie Venera
- NPO Yuzhnoye (**OKB-586**) diretto da **Yangel** in Ucraina.  
Progetta i Razzi Tsyklon, Zenith, Antares.

Il vettore N-1 compirà 3 tentativi di lancio, tutti falliti, ma di questo parleremo in un altro articolo.

Per effettuare le prime missioni lunari con lander automatici Ye-6 Luna, viene sviluppato il **lanciatore 8K78 (poi Molniya)**.

Il primo e secondo stadio sono di Glushko (OKN-453), il terzo di Kosberg (OKB-154) e il quarto di Korolev (OKB-1).

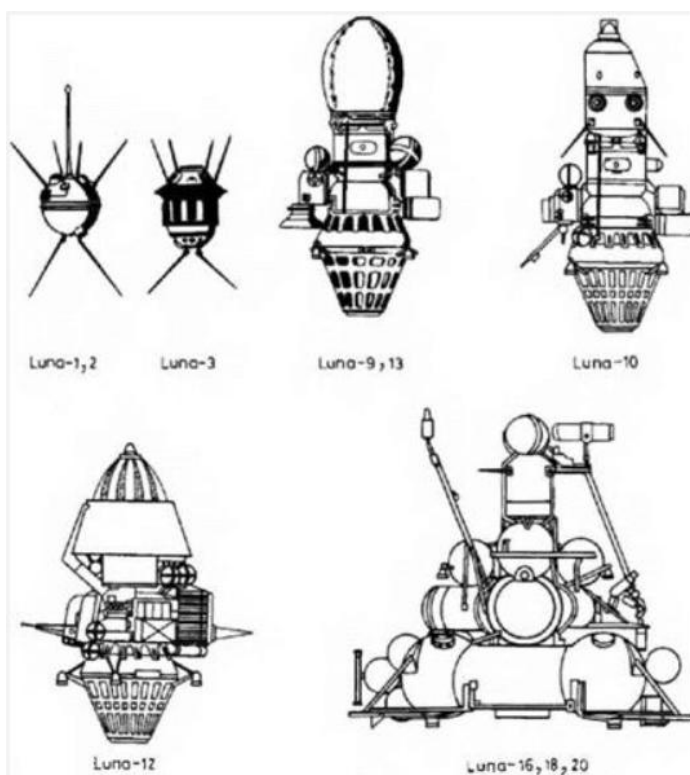
Nell'Ottobre 1960 lancia due sonde verso **Marte**, ma entrambe falliscono.

Nel Febbraio lancia verso **Venere**, e uno riesce.

Altri 3 lanci verso Venere falliscono nel 1962.

Il report americano dell'epoca, di questi fallimenti, viene dai più battezzato come propaganda (visti i tempi di Guerra Fredda), perché nessun paese può testardamente continuare a lanciare nonostante tutti questi fallimenti... Nessun paese tranne l'Unione Sovietica.

Verrà lanciato ben 380 volte, fino al suo pensionamento nel 2010, raggiungendo in alcuni anni egregi livelli di affidabilità.



**Nell'illustrazione in alto: le sonde lunari sovietiche: Luna 1, 2 Ye-1; Luna 3 Ye-2; Luna 9, 13 Ye-6; Luna 10 Yc-6S; Luna 12 Ye-6LF; Luna 16, 18, 20 Ye-8-5**

Dopo una lunga serie di fallimenti di lanci lunari, Sergei Korolev viene chiamato di nuovo a Mosca per rendere conto. Il suo protettore, Krushev, è stato dimesso, e ora al suo posto c'è Leonid Breznev.

Ma a Mosca, Korolev, non arriverà mai.



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



## Un razzo Molniya Lancia la sonda Venera-1

Viene ricoverato in ospedale il 13 Gennaio 1966 per la rimozione di un tumore al colon. Siccome non si fida dei suoi rivali sovietici e, in generale, visti i trascorsi nei Gulag, si fida poco di tanti compagni, **richiede, ed ottiene, che lo stesso Ministro della Sanita', dott. Boris Petrovsky, lo operi.** Durante l'operazione viene trovato un altro

tumore, piu' serio, delle dimensioni di un pugno. Continua l'operazione, si rompe un vaso sanguigno, parte un'emorragia, **il cuore di Korolev, gia' indebolito nei campi di lavoro, cede.** Non riescono a ventilarlo a causa della mandibola fratturata nei Gulag. Il 14 Gennaio viene dichiarato morto.

Il Programma Spaziale Sovietico non sara' mai piu' quello di prima.

Avra' altri progettisti, pianificatori, politici, amministratori e visionari, ma mai tutte queste cose in una sola persona.

Il successore sara' Vasily Mishin, il suo ex braccio destro, ma, per sua stessa amissione, non avra' le doti di Korolev.



**Gagarin e Korolev**

Il Programma Lunare Sovietico continuera' la sua strada, arrivando comunque a notevoli successi, ma senza cogliere l'obiettivo dello sbarco umano sulla Luna. Di questo tratteremo in un altro articolo.

Si puo' solo immaginare cosa sarebbe stato se Korolev avesse vissuto qualche anno in piu'. Uno sbarco lunare sovietico, prima o anche dopo



Proprietà circolo Il C.O.S.Mo.- [www.ilcosmo.net](http://www.ilcosmo.net) - Responsabile Luigi Borghi – Redazione: Consiglio direttivo

# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

quello americano, avrebbe avuto le potenzialità di cambiare completamente la prospettiva del mondo verso la tecnologia sovietica.



*Si riconosce, a destra, a portare il feretro di Gagarin,  
il segretario generale Leonid Breznev.*

## Bibliografia:

[1] Soviet and Russian Lunar Exploration.  
Autore: Brian Harvey.  
Editore: Springer.  
<http://www.springer.com/us/book/9780387218960>

Associazione Culturale "Il C.O.S.MO." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 pag: 8 di 34

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.





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

## Come funziona un razzo? Prima parte: il razzo a combustibile liquido. Di Luigi Borghi.

Diciamo che si può liquidare questa domanda rispondendo che è un motore che brucia un combustibile e ne scaraventa i fumi attraverso un ugello nella parte posteriore del motore stesso. Ciò provoca una spinta in avanti proporzionale all'accelerazione che questi gas hanno subito, provocando una spinta in avanti del motore stesso.

Bene! Il mio articolo potrebbe finire qui! Un po' troppo semplice! Anche perché un lettore attento potrebbe obiettare che anche un'automobile fa la stessa cosa ma non è che va avanti per virtù della spinta che riceve dai gas di scarico!

Quindi farò un trattato articolato che vada ad indagare ed a spiegare in modo comprensibile tutti gli aspetti di un razzo, senza pretendere di prepararvi per la progettazione di un multistadio, ma dandovi la possibilità di comprenderne le difficoltà, le scelte e le caratteristiche.

Per fare ciò dovrei monopolizzare questo numero pertanto conviene diluirlo in diverse puntate.

### Farò un rubrica con la prima puntata su questo numero!

Non so ancora quante edizioni serviranno, ma lo vedremo più avanti.

Diciamo che buona parte delle nozioni che esprimerò in questi articoli sono state estrapolate dal libro di Travis S. Taylor "Introduction to Rocket science and engineering" (in basso) a cui rimando coloro che vogliono approfondire anche l'aspetto matematico, che io limiterò al minimo indispensabile.

Non sarà un'analisi dei vari sistemi di motori a reazione che si sono evoluti nel tempo a partire dalla "Eolipile" del primo secolo ad Alessandria, passando per le esperienze cinesi di fine primo millennio. Andremo subito a vedere come funzionano i razzi moderni, quelli per intenderci che sono il risultato della evoluzione dei padri dell'astronautica moderna: il russo Konstantin Tsiolkovsky e

l'americano Robert Goddard, entrambi, quasi contemporaneamente, senza conoscersi o scambiarsi esperienze, sono arrivati alle stesse conclusioni a fine ottocento.



**Konstantin Tsiolkovsky.**

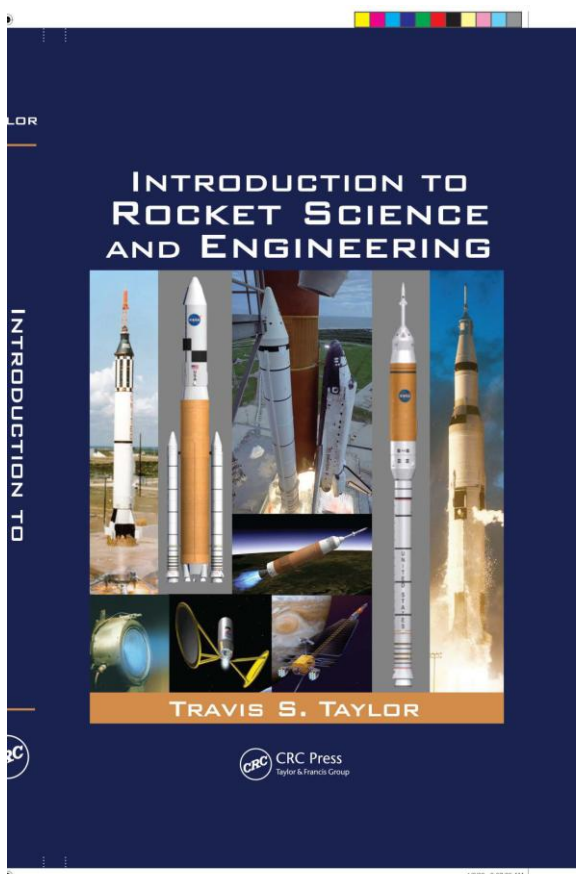
Entrambi bistrattati dall'ambiente scientifico di allora.

Le loro conclusioni hanno fissato le basi dell'astronautica moderna attraverso i veri innovatori che hanno poi messo in pratica le loro scoperte. Due nomi per tutti: il russo Sergei Korolev e il tedesco, naturalizzato poi statunitense Wernher von Braun.



**Robert Goddard**

I due scienziati furono ingaggiati dalle due parti (URSS e USA) per sviluppare missili ICBM (intercontinental Ballistic Missile) per scopi militari.





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

La tecnologia comunque, in buona parte, è la stessa usata per l'esplorazione dello spazio, come vedremo più avanti.



**A sinistra Sergei Korolev ed a destra William Pickering, James Van Allen, and Wernher von Braun (ultimo a destra) che reggono un Explorer 1 (il modello a sinistra è un Jupiter-C)**

Partiamo quindi da lontano cercando di individuare esattamente quali sono tutte le parti e le nomenclature che vengono utilizzate e che concorrono ad ottenere come risultato il lancio di un razzo, sia per uso militare che per uso scientifico-civile.

Nella tabella sottostante vediamo una sintesi significativa di tutto ciò che serve, escludendo

tutte le strutture e le attività di supporto a terra che sono pure innumerevoli e assolutamente necessarie quali la struttura di costruzione del razzo, la torre di lancio, il sistema di rifornimento la sala controllo ed i sistemi di comunicazione ed inseguimento a terra e non ultimo le procedure ed i mezzi di recupero quando necessario.

Di tutto questo non parleremo perché ci concentriamo sul razzo. Partendo dalla tabella sottostante, possiamo distinguere 10 aree di interesse per definire tutti i componenti di un razzo:

**Structure:** la struttura include tutta la meccanica di supporto dei motori, dei serbatoi, le protezioni esterne, l'interfaccia tra i vari sistemi ed i vari stadi e con il carico pagante (Payload).

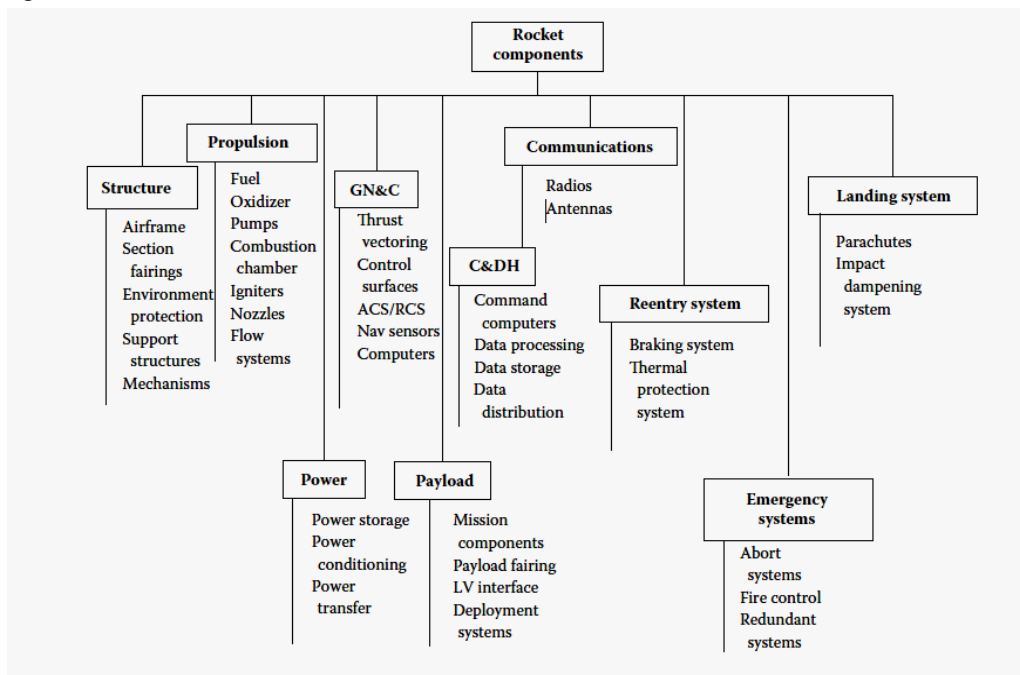
**Propulsion:** tutto ciò che concorre a dare spinta al razzo. Carburante, ossidante, serbatoi alimentazione, pompe, camera di combustione, ugello, raffreddamento, ecc.

**Power:** un razzo ha bisogno di un sistema di distribuzione, generazione ed accumulo di energia per alimentare i sistemi di bordo. Quindi potenza elettrica ed idraulica, distribuzione ed attuatori.

**GN&C:** Guida, Navigazione e Controllo.

Include i sistemi di controllo di attitudine (ACS); i sistemi di controllo delle reazioni (RCS); che a sua volta include il controllo del vettore di spinta (TVC) ed il controllo delle superfici come alette direzionali o frenanti.

Poi abbiamo i sistemi di navigazione che includono le unità di navigazione





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

inerziale (INUs) e gli star trackers, o inseguitori stellari, oltre ovviamente ai computer dove "girano" tutti questi programmi.

**Payload:** Questo è il vero scopo del razzo. Il carico pagante può ovviamente variare tantissimo. Può essere una testata esplosiva, una strumentazione scientifica, un satellite o un equipaggio. Evidentemente ne consegue una strategia diversa di gestione del razzo in funzione del carico.

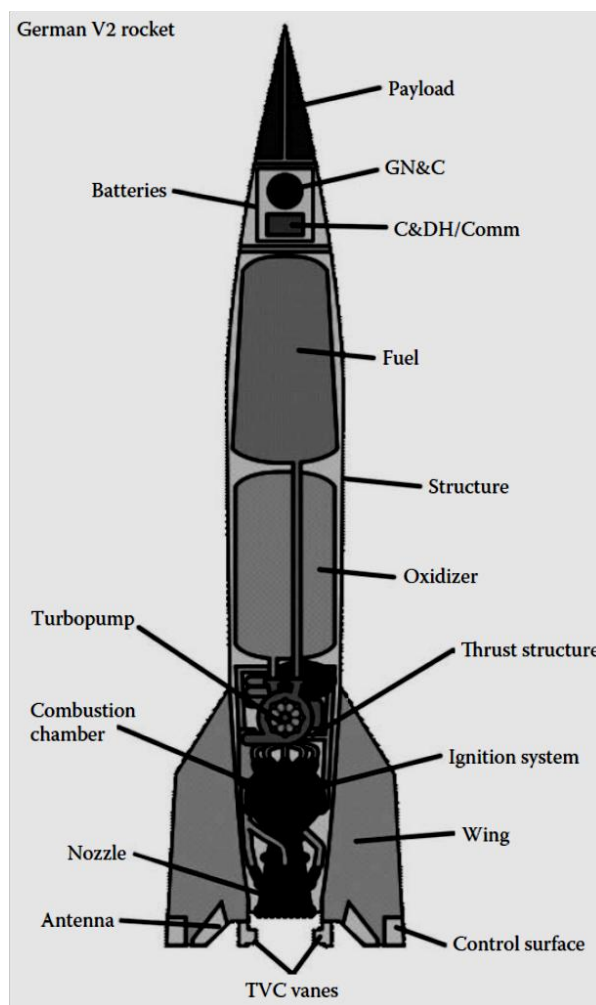
**Command and Data Handling (C&DH):** include i computer di comando del razzo, il processo dei dati, la memoria, i protocolli di distribuzione dei comandi e le infrastrutture necessarie allo scopo.

**Communications (Comm):** Contiene l'hardware delle radio trasmettenti e riceventi, le antenne ad alto e basso guadagno ed i sistemi telemetrici.

**Reentry Systems:** Ovviamente questo sottosistema riguarda solo i razzi che necessitano di rientrare in atmosfera, come ad esempio gli Shuttle della NASA, o i primi stadi del Falcon 9 della SpaceX e degli Shepard della Blue Origin. Ciò include i sistemi di frenaggio i thrusters per le manovre in orbita (OMS), le protezioni termiche per l'attrito con l'atmosfera. Questi sottosistemi sono ovviamente presenti anche nelle "capsule" di rientro come la Soyuz, la Dragon e le prossime Orion o le vecchie Apollo.

**Emergency Systems:** un sottosistema utilizzato solo come protezione del carico pagante nel caso di emergenza durante le prime fasi del lancio. Contiene i sensori per individuare perdite, situazioni di allarme irreversibile o incendi a bordo. Prevede inoltre il sistema di "aborto" che include i razzi di salvataggio ed i bulloni esplosivi atti a proiettare il carico pagante lontano dalla zona di lancio e farlo poi scendere a terra con un paracadute o con gli stessi razzi utilizzati per lo sgancio. Tutte le missioni con astronauti a bordo sono dotate di questo sistema. Anche le capsule cargo DragonX della Space X hanno questo sistema integrato nella capsula stessa.

**Landing Systems:** utilizzato solo per i veicoli che prevedono il rientro in sicurezza del carico, include le alette di controllo in atmosfera, paracadute ed anche razzi di frenata come il Falcon9.



**Sezione di una V2 tedesca alimentata con combustibile liquido, con i gruppi necessari allo scopo, con la tecnologia di allora. Credit: Wikimedia Commons.**

È evidente che, nel caso della V2 non vi era nessuna particolare attenzione al carico perché era una testata esplosiva, né vi erano sistemi di emergenza o di rientro. Purtroppo il rientro aveva altri scopi. La testata esplosiva (warhead) però, aveva uno scudo di protezione per evitare che il calore generato dal rientro (oltre 1000 °C) arrivasse a far detonare l'esplosivo anzitempo. Lo stesso esplosivo era depotenziato proprio per evitare ciò.

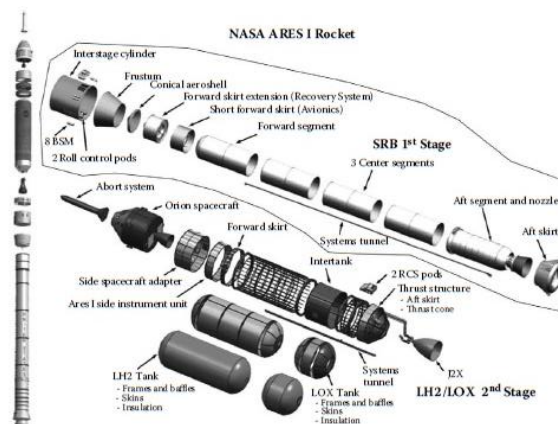
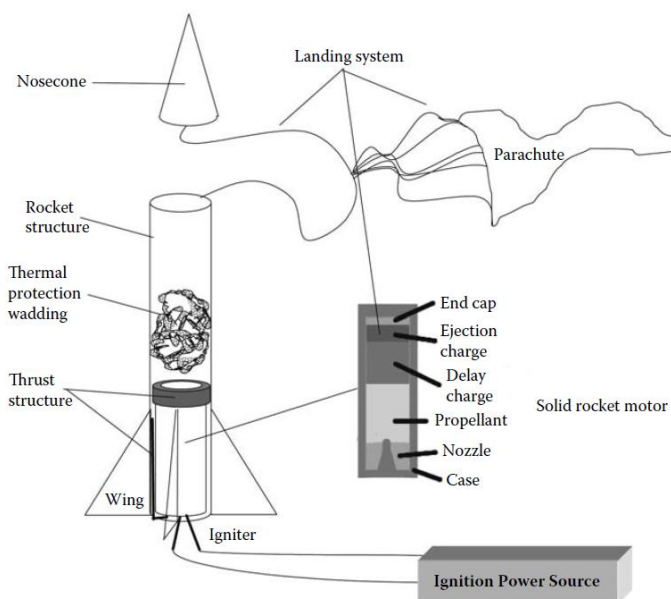
Le V2 usavano una miscela di alcool e acqua come combustibile e ossigeno liquido (LOX). Il motore restava acceso per circa 65 secondi.





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



Come si vede dalla figura la V2 aveva sia il GN&C che i controlli di superficie TVC per ACS. Le alette provvedevano alla stabilità di assetto del veicolo che comunque era puramente balistico.

Per avere una idea della massima semplificazione di un razzo, provvisto pure di sistema di rientro, dobbiamo vedere la figura in alto dove viene rappresentato uno schema a blocchi di un semplicissimo razzo hobbistico. Naturalmente è tutto più semplice perché il razzo è a combustibile solido (quindi non ci sono pompe né serbatoi) e non va a velocità tali da surriscaldare le superfici. Come potete vedere c'è tutto ciò che serve!

Certo che rispetto ad un razzo a combustibile solido come quelli utilizzati come booster per il pensionato Space Shuttle, nonostante funzionino con lo stesso principio ed anche loro debbano rientrare integri a terra, le differenze si vedono bene. Nella figura in alto a destra vediamo una illustrazione dei vari componenti di questi razzi utilizzati come booster dalla varie agenzie spaziali. Una delle differenze fondamentali, per esempio, tra i booster dello Shuttle NASA e quelli dell'Ariane dell'ESA, sta nel fatto che i primi sono provvisti di sistemi di recupero ed i secondi no.

Nella figura sopra vediamo esattamente lo spaccato di un razzo che non verrà mai realizzato perché trattasi del progetto ARES cancellato da

Obama. Ma la struttura comunque è la stessa per tutti quanti.

**Siamo solo all'inizio! Dobbiamo entrare nel merito di molti dei blocchi elencati prima. Se vi ricordate, nei numeri precedenti, abbiamo già parlato approfonditamente del GN&C, del Command and Data Handling (C&DH) e del Communications (Comm) riferiti al progetto Apollo. Cominciamo qui con l'entrare nel merito del pezzo principale: il motore!**

## Come funziona un motore a razzo?

**Di motori a razzo ve ne sono di diversi tipi. Chimici, elettrici, nucleari. Li vedremo tutti!**

Partiamo da quelli chimici, i più utilizzati per diverse ragioni che vedremo. Tra i chimici si distinguono in particolare quelli a combustibile solido e quelli a combustibile liquido. Partiamo da questi ultimi.

## I motori a combustibile liquido.

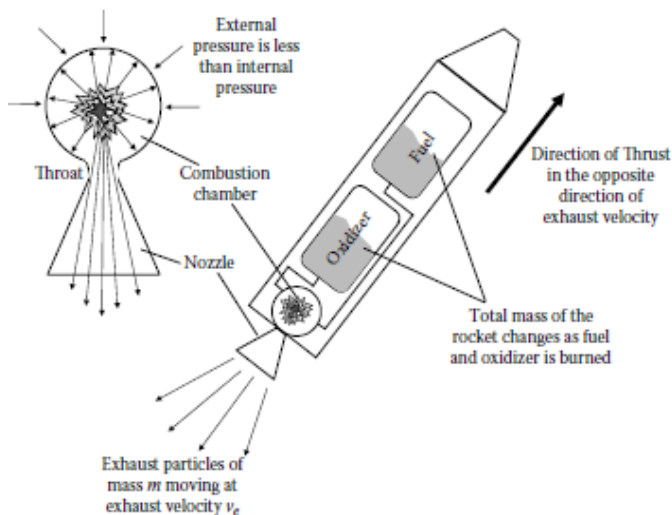
Nella figura della pagina successiva vediamo il funzionamento che si basa sul **terzo principio della dinamica o principio di "azione reazione" o terza legge di Newton.**

L'azione è quella di espellere a forte velocità  $c$  un gas, con una massa  $m$ , e la reazione è quella di provocare una spinta  $F$  nella direzione opposta.



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



Prima di tutto dobbiamo dire che la spinta di un razzo (thrust) si misura in Newton (N) che corrisponde a 0,102 kg. Ovvero **1 kg = 9.80665 N** È la forza propulsiva atta a modificare l'assetto o la velocità del razzo.

Per non complicarci troppo la vita (non dobbiamo progettarli, ricordate?) supponiamo che il razzo sia nel vuoto, che la velocità di espulsione e la massa espulsa dal getto (**ugello o nozzle**) siano costanti avremo che:

$$F = mc$$

Sarebbe più corretto esprimersi così:

$$F = m \, dv/dt$$

dove la forza di spinta  $F$  è data dalla massa del gas espulso  $m$  dall'ugello di razzo nell'unità di tempo per la variazione di velocità nella stessa unità di tempo  $dv/dt$ .

Questa massa altro non è che il residuo della combustione (*exhaust gases*) tra le due componenti (nel caso della figura un razzo a combustibile liquido). Combustione che avviene nella **Combustion chamber**.

L'espulsione avviene attraverso una gola (**Throat**) prima di raggiungere il nozzle.

### Impulso specifico.

Adesso che abbiamo capito come si determina la spinta però non sappiamo ancora nulla di quanto può essere efficiente un razzo per risolvere il problema. Infatti occorre sapere il rapporto tra la spinta  $S$  ed il peso del razzo  $W$  ( $S/W$ ).

**Maggiore è  $S/W$  migliore il razzo**, ma poi entra in gioco l'autonomia, l'accelerazione che voglio ottenere, il peso del carico pagante e l'autonomia.

Chi sceglie il tipo di razzo da utilizzare ha a disposizione soluzioni con grandi spinte per pochissimo tempo o bassissime spinte ma per lungo tempo. La prima soluzione può produrre ovviamente grandi accelerazioni per pochi minuti mentre la seconda invece accelerazioni piccolissime ma anche per mesi.

Per arrivare a definire meglio un determinato tipo di propulsione si utilizza un parametro chiamato Impulso specifico.

**L'impulso specifico ( $I_s$ ) ponderale** del propulsore costituisce uno dei parametri quantitativi e qualitativi più importanti in astronautica ed in propulsione aerospaziale.

È definito come il rapporto tra l'impulso totale e il peso di propellente consumato. Quindi in termini semplici indica quanto un propulsore consuma per fornire una determinata spinta per un determinato tempo. Più è alto l'impulso specifico e meno il propulsore consuma. L'unità di misura, è quindi data da Newton x Secondo / Newton, quindi in secondi.

In estrema sintesi esso qualifica il propulsore esprimendo la capacità di produrre per un determinato tempo una spinta pari al peso (massa) del carburante usato per produrla.

Esistono diversi tipi di  **$I_s$** : sono tutti importanti come per esempio quello del propulsore, che non tiene conto di tutto ciò che sta intorno al razzo per farlo funzionare e quello di sistema che include tutto quanto. Noi qui, per confrontare i vari tipi di razzi, utilizzeremo l'impulso specifico di sistema ( **$I_{sp}$** ), che dipende strettamente dal propellente utilizzato e dal tipo di motore.

### Razzi chimici:

- Propellenti liquidi  $I_{sp} = 300-460$  s (monopropellenti liquidi 250 s, propellenti stivabili 400 s, criogenici 500 s)
- Propellenti solidi  $I_{sp} = 180-260$  s
- Propellenti ibridi  $I_{sp} = 300-350$  s
- LOX-LH2  $I_{sp} = 435$  s

### Razzi elettrici:

- Arcogetti  $I_{sp} = 1000$  s
- Resistogetti  $I_{sp} = 300-400$  s
- Propulsori ionici  $I_{sp} = 3000-5000$  s (teoricamente fino a 100000 s)
- Motori al plasma  $I_{sp} = 10000$  s



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

## Razzi nucleari:

- Fusione  $I_{sp} = 3000$  s
- Fissione  $I_{sp} = 1000$  s

## Gas freddo:

- Gas a CO<sub>2</sub>:  $I_{sp} = 70$  s
- Gas a He:  $I_{sp} = 200$  s
- Gas a Idrogeno:  $I_{sp} = 300$  s

Di seguito invece una tabella dove vengono confrontati gli Isp di modelli correnti di razzi:

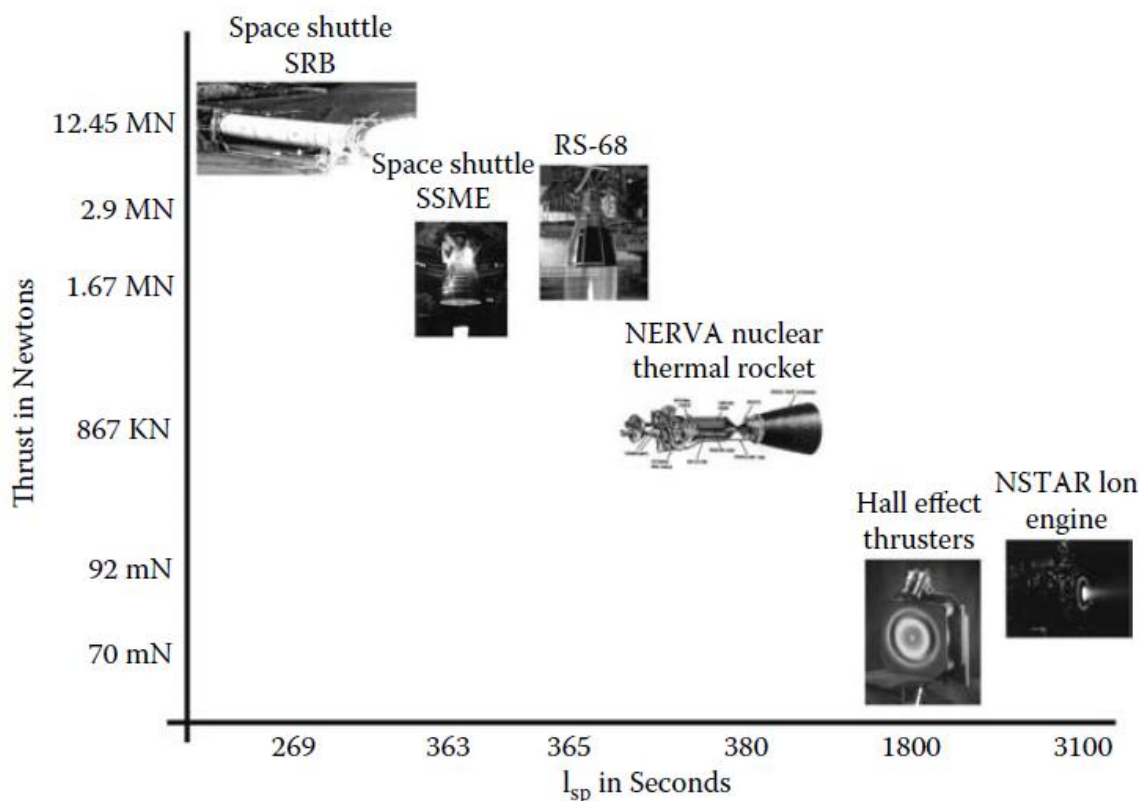
Motori principali dello Shuttle: SSME	363 sec.
Rocketdyne RS-68	365 sec.
Boosters dello Space Shuttle SRB	269 sec.
Motore a ioni (Nasa) NSTAR	3100 sec.
Motore nucleare NERVA	800 sec.

## Come si genera l'incremento di velocità di uscita dei gas?

Tutto si basa sulle caratteristiche dell'ugello de Laval, o più comunemente ugello convergente-divergente. È un ugello di scarico supersonico, a differenza dell'ugello convergente che invece è subsonico.

Fu sviluppato nel XIX secolo dall'ingegnere svedese Gustaf de Laval, che nel 1889 depositò un brevetto per un ugello divergente usato nelle turbine a vapore da lui disegnate.

Il primo ad applicarlo ad un motore a razzo fu lo scienziato statunitense Robert Goddard. Oggi praticamente tutti i razzi che sfruttano l'espansione di gas caldi per ottenere una spinta



**Nella tabella sopra viene rappresentata la spinta in relazione con l'impulso specifico di varie tecnologia.**

Come si può vedere le spinta variano da **12 MN pari a 1223 tonnellate dei booster dello Shuttle agli 80 mN, pari a circa 8 g, del NSTAR** montato sulla sonda NASA Deep Space Probe 1 nel 1998 e che ha funzionato per ben 698 giorni!

utilizzano ugelli de Laval. Schematicamente è costituito da un tubo (vedi figura nella pagina successiva) che presenta una strozzatura centrale, simile a una clessidra asimmetrica. Il suo funzionamento a regime (velocità pari alla velocità del suono nella sezione di gola, ovvero nella sezione più piccola) permette di accelerare un gas caldo fino a velocità supersoniche, convogliando il

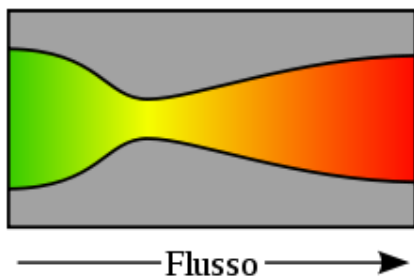




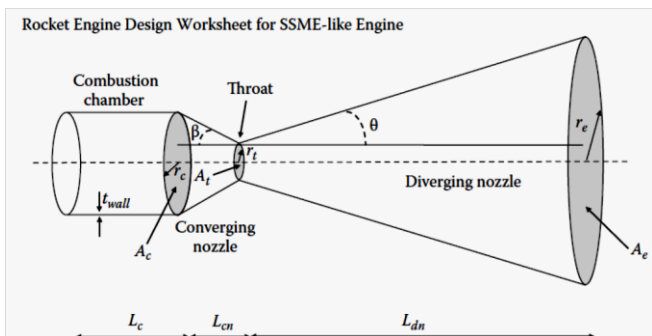
# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

flusso di scarico in modo da trasformare la sua energia termica e di pressione in energia cinetica. Il flusso di velocità attraverso un ugello convergente-divergente aumenta da sinistra a destra.



Se vogliamo capire meglio dobbiamo vedere cosa succede all'interno dell'ugello con le pressioni, le temperature e le velocità dei gas combusti espulsi dalla camera di combustione prima di uscire nel vuoto. Nella figura a fianco si può vedere il notevole aumento di velocità (quindi grande

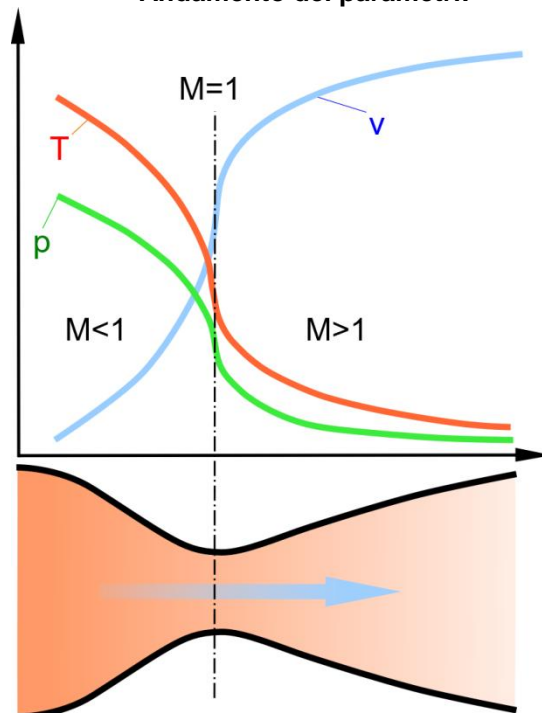


accelerazione e di conseguenza grande spinta) che avviene in prossimità dell'uscita dalla gola stretta. Quell'accelerazione si traduce in spinta che viene assorbita totalmente dalla struttura conica divergente del razzo. **Ciò significa che quel componente del razzo oltre a dover sopportare temperature che possono arrivare a oltre 3000 c° deve anche trasferire alla struttura del razzo la spinta che riceve.**

Lo sviluppo di nuove leghe e le simulazioni di queste sul supercomputer, hanno permesso di "costruire" metalli che solo paesi in grado di sviluppare alta tecnologia sono in grado di produrre.

Il flusso subsonico sul lato convergente rompe la barriera del suono alla gola solo se il motore ed in particolare la forma dei due imbuti convergente-divergente è progettato correttamente.

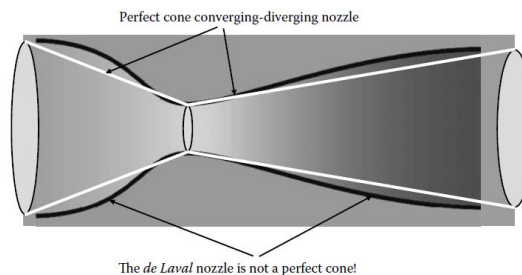
## Andamento dei parametri:



P: Pressione  
V: Velocità  
T: Temperatura  
M: Mach (1 M = 1.193,76 km/h al livello del mare)

**Le grandezze in gioco sono tante e non è possibile né sarei capace di giustificare con equazioni matematiche tutte le funzioni ma con questo disegno a sinistra ci si può rendere conto che il calcolo è complesso.**

Ovviamente, come si può vedere l'ugello di Laval non è composto da due tronchi di cono perfetti bensì da due tronchi di "campana" come si può vedere dalla figura qui sotto.

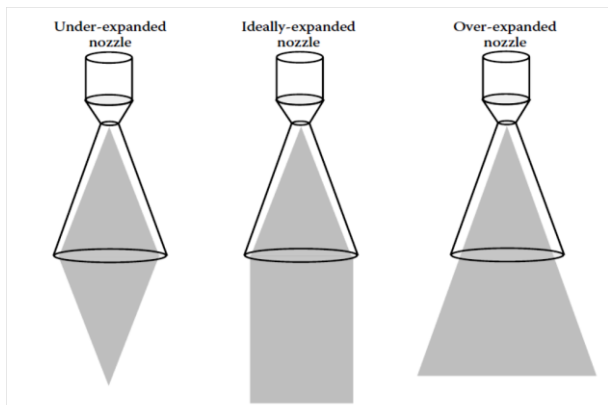




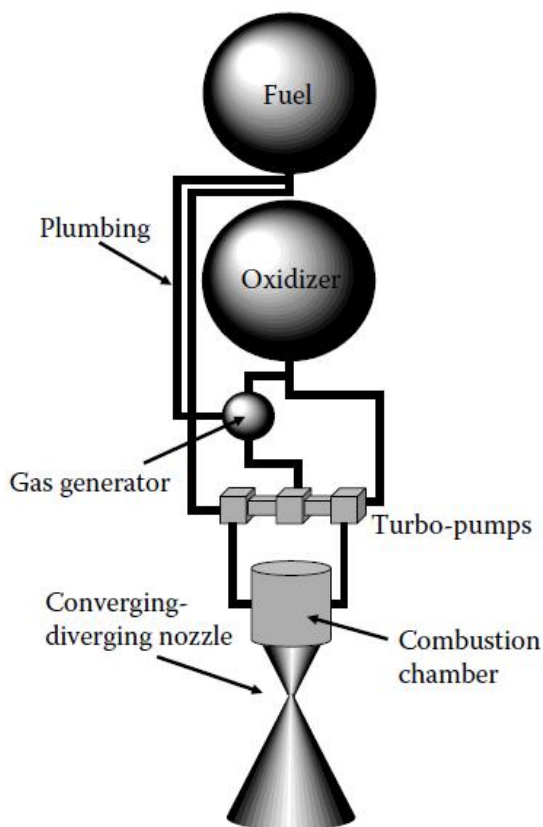
# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

Il risultato di un ugello mal calcolato o calcolato per flussi diversi dal previsto produce sovra o sotto espansioni che ne peggiorano il rendimento.



Andiamo avanti ora esaminando la parte di alimentazione della camera di combustione.



Abbiamo già accennato alle elevatissime temperature raggiunte all'interno dell'ugello. Se non venissero compensate da un energico

raffreddamento nella parte esterna del corpo del getto, l'ugello stesso verrebbe distrutto. Il circuito di raffreddamento, nei motori criogenici (cioè quelli che funzionano con combustibile ed ossidante allo stato liquido e super raffreddati) viene effettuato con gli stessi liquidi facendoli circolare in una serpentina raffreddante all'esterno del cono.

Ma andiamo con ordine.

**Prima di tutto vediamo qui sotto a sinistra uno schema a blocchi dove già emergono alcuni componenti di cui non avevamo ancora parlato: Il Gas generator e le turbopompe.**

Alcuni motori usano propellenti criogenici e altri no. Il tipo di propellente ed i liquidi possono aggiungere della complessità ai serbatoi che li contengono. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, i propellenti sono alimentati dai serbatoi di stoccaggio introducendo un'alta pressione statica all'interno.

Questo è in genere fatto riscaldando alcuni del propellente al suo stato gassoso e reintroducendolo nuovamente nel serbatoio. Il vapore propellente pressurizza il serbatoio forzandolo a defluire. In questo caso però la struttura del serbatoio deve essere molto robusta.

In motori ad alte prestazioni come gli SSME o RS-68 o J-2X, una turbo pompa viene utilizzata per far fluire i propellenti dai serbatoi ai motori.

Le turbo-pompe sono azionate da una gas propellente generato dal Gas generator.

Nel Gas Generator una parte del propellente è bruciata in **una camera di combustione separata da quella principale** in modo da alimentare la turbina delle turbopompe. I gas di scarico sono poi espulsi da un ugello secondario. Le pompe turbo quindi forzano il propellente nella camera di combustione dove sono il combustibile e l'ossidante mescolati insieme attraverso iniettori.

Gli iniettori sono usati per mescolare i propellenti nel modo più efficiente per la combustione.

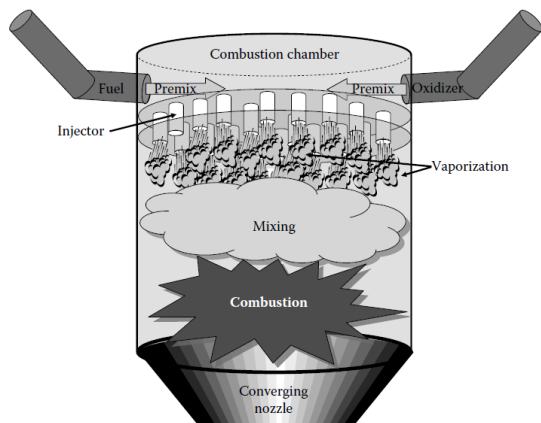
La figura in alto nella pagina successiva illustra una configurazione di base per l'iniezione del propellente nella camera di combustione.

I propellenti sono forzati attraverso piccoli ugelli e spruzzati insieme in flussi di vapore dove si mescolano e vengono poi vaporizzati e bruciati. In alcuni casi, un premiscelatore è usato per mescolare i liquidi insieme e quindi vengono poi spruzzati nella Camera combustione.

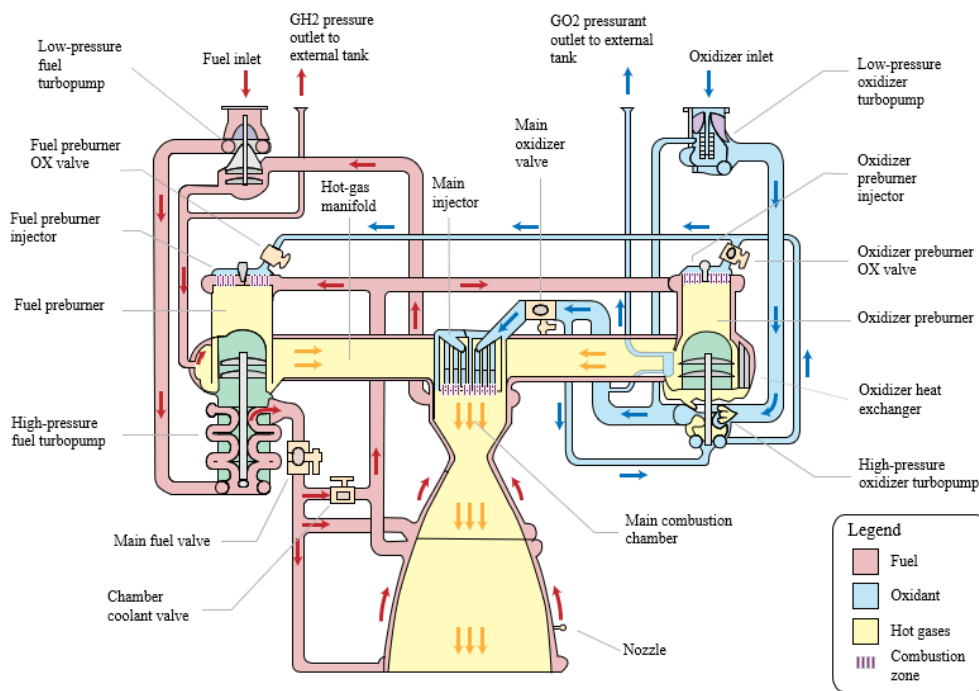


# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



Ma vediamo ora nella figura sottostante come è strutturato un motore reale come ad esempio l'SSME dello Shuttle.



Rendere il flusso e il mix di propellenti veloce e uniforme è abbastanza complicato e sono richiesti sistemi complessi.

Nel SSME entrambi i propellenti vengono rilasciati dai loro serbatoi da una valvola di ingresso e da pompe a bassa pressione (**Low pressure fuel turbopump** o LPFTP e **Low pressure oxidant turbopump** o LPOTP).

Le pompe a bassa pressione convogliano i propellenti in due camere di pre-combustione che

bruciano i propellenti per azionare turbopompe ad alta pressione.

La pompa turbo del carburante ad alta pressione **High pressure fuel turbopump** (HPFTP) implementa tre turbine per forzare il liquido combustibile ad idrogeno ad alta pressione attraverso il resto del sistema di flusso **come pure intorno all'ugello per il raffreddamento**.

La pompa turbo dell'ossidante ad alta pressione **High pressure oxidant turbopump** (HPOTP) forza l'ossigeno liquido attraverso i sistemi del motore secondo necessità.

I propellenti pre-bruciati non solo guidano le turbopompe, ma forniscono calore per la testa di potenza del motore, dove l'ossidante e il carburante riscaldato e forzato attraverso gli iniettori, mescolato, vaporizzato e acceso

nella camera di combustione

principale (MCC).

Un effetto indesiderato nei motori a razzo a combustibile liquido che può ridurre le prestazioni ed essere dannoso per il motore si chiama pogo.

## POGO EFFECT.

Questo effetto viene creato quando il propellente viene accelerato attraverso l'ingresso della pompa a causa della spinta del razzo. Questo può essere dannoso in quanto l'aumento

della pressione alle pompe cambierà leggermente il processo di combustione perché la portata è cambiata.

Di conseguenza, la spinta cambierà ancora una volta con un'accelerazione diversa all'ingresso della pompa creando una diversa variazione della portata nella combustione Camera.

È chiaro che si tratta di un **ciclo di feedback incontrollato** tra il flusso del propellente e la

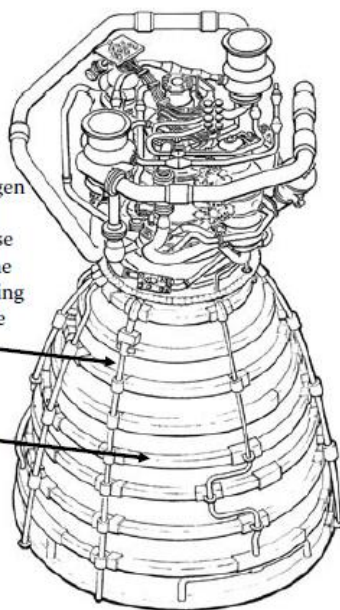


spinta, che a loro volta possono causare oscillazioni fluttuazioni anche caotiche nel profilo di spinta. Queste pressioni oscillatorie all'interno del motore possono causare gravi danni ai componenti.



Liquid hydrogen fuel flows through these pipes into the rings for cooling of the nozzle

Cooling rings



Il modo per risolvere questo è prevedere il problema anziché lasciare il feedback incontrollato. Un sorta di condensatore di flusso è posto nel sistema per creare reazioni opposte. Questo condensatore di flusso non è altro che un piccolo volume extra di propellente. Il volume capacitivo inietta propellente extra all'ingresso della pompa se la pressione è troppo bassa o aspira il propellente extra nel caso opposto, cioè lo rimuove dal flusso se la pressione è troppo alta sulla pompa di aspirazione. Questo "effetto collaterale" **POGO** è stato visto per la prima volta durante i primi lanci del progetto Apollo.

**Ora vediamo nella immagine sopra come avviene il raffreddamento dell'ugello sul motore SSME.**

Lo Space Shuttle Main Engine (denominazione Aerojet Rocketdyne RS-25) è il motore primario dello Space Shuttle, fabbricato dalla divisione Rocketdyne della Pratt & Whitney. Motore a propellente liquido con un **ciclo a combustione stadiata (vedi a pag. 20 cosa significa)** e alimentato da due turbopompe, è il propulsore principale dello Space Shuttle, che accoppiato ai due booster a propellente solido permette di

garantire un adeguato rapporto spinta peso per l'accesso allo spazio. Il propellente utilizzato è la coppia idrogeno liquido e ossigeno liquido i quali permettono di ottenere elevate prestazioni in termini di **impulso specifico ponderale (500s)**.

Da non confondere con quello di sistema (**Isp**) che è invece 363 s.

Ogni motore può generare circa 1,8 MN (180t) di spinta al decollo ed i tre motori possono generare un impulso specifico (**Isp**) di 453 secondi nel vuoto o 363 secondi a livello del mare, con velocità di scarico rispettivamente di 4440 m/s e 3560 m/s. In tutto un motore pesa circa 3,2 t.

**Questi motori possono operare a temperature estreme: l'idrogeno liquido è conservato nei serbatoi a -253 °C, e quando brucia assieme all'ossigeno liquido la temperatura nella camera di combustione**

**raggiunge i 3300 °C**, una temperatura superiore al punto di ebollizione del ferro.

Il carburante e l'ossidante dal serbatoio esterno entrano nell'orbiter e poi nelle linee di alimentazione del sistema di propulsione. Entrambi vengono suddivisi in tre percorsi paralleli diretti ad ognuno dei tre motori.

In ognuno dei percorsi sono presenti delle prevalvole che permettono il flusso verso la turbopompa a bassa pressione relativa all'ossidante o al carburante.

La turbina ad alta pressione dell'ossidante è costituita da due pompe centrifughe a singolo stadio montate su un albero comune e guidate da una turbina a due stadi. La pompa principale aumenta la pressione dell'ossigeno da 2,9 a 30 MPa, girando a circa **28.120 rpm** e scarica il flusso in diversi percorsi, uno dei quali è indirizzato per guidare la turbina a bassa pressione. Un secondo percorso viene inviato attraverso la valvola principale dell'ossidante ed entra nella camera di combustione principale. Un altro percorso conduce allo scambiatore di calore.

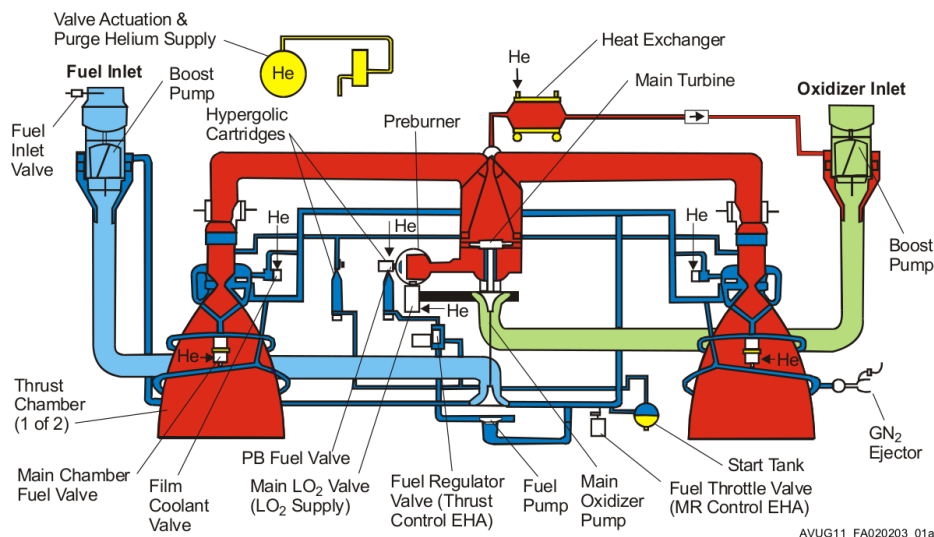


# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 - N° 1 - 1/03/2018

La pompa a bassa pressione del carburante (LPFTP) è una pompa assiale guidata da una turbina a due stadi alimentata dall'idrogeno

è diretto ai pre-burner (pre-bruciatori). La turbina ad alta pressione ha dimensioni di circa 55 cm x 110 cm.



## RD 180 russo.

I russi con il loro RD 180 hanno scelto la strada della doppia camera di combustione e del doppio Nozzle, guadagnando in peso struttura.

Infatti hanno solo due pompe a bassa pressione anziché quattro, una sola turbopompa ad alta pressione anziché quattro ed altri servizi in comune.

L'RD180 è un motore progettato e costruito in

Russia dalla NPO Energomash. Caratterizzato da una configurazione con doppia camera di

gassoso. Essa aumenta la pressione dell'idrogeno liquido da 0,2 a 1,9 MPa e lo invia alla pompa ad alta pressione (HPFTP). Durante il funzionamento dei propulsori, l'aumento di pressione della LPFTP permette di far funzionare la pompa ad alta pressione ad alte velocità senza generare cavitazione.

La pompa a bassa pressione ruota a circa 16 185 rpm, e ha dimensioni di circa 45 cm x 60 cm.

La pompa ad alta pressione del carburante (idrogeno) è una pompa centrifuga a tre stadi alimentata da una turbina a gas a due stadi.

Essa aumenta la pressione dell'idrogeno liquido da 1,9 a 45 MPa (458 kg/cm<sup>2</sup>). Ruota a circa **35.360 rpm**. Il flusso di scarico dalla pompa è inviato attraverso la valvola principale attraverso tre percorsi. Uno conduce alla paratia della camera di combustione principale, dove l'idrogeno viene utilizzato per raffreddare le pareti della camera e successivamente verso la pompa a bassa pressione, per alimentare la turbina. Una piccola porzione di questo flusso viene inviato al serbatoio esterno per mantenere la pressurizzazione del serbatoio di idrogeno liquido. Il resto dell'idrogeno viene inviato alla camera di combustione principale. Un secondo percorso passa attraverso la valvola principale del carburante e fluisce attraverso l'ugello del propulsore per raffreddarlo e successivamente si unisce al terzo percorso attraverso la valvola di raffreddamento della camera. Il flusso combinato



combustione e doppio ugello di scarico, è alimentato da una miscela di ossigeno liquido e cherosene. Trova il suo impiego sul primo stadio del lanciatore statunitense Atlas V.



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

I costi contenuti e le elevate prestazioni ne hanno fatto uno dei motori più appetibili tra quelli a kerosene.

La spinta 4,15 MN (cioè 415 t, nel vuoto) è inferiore rispetto a due motori SSME, ma i costi non sono paragonabili. RD 180 ha un *Isp* di 338,4s nel vuoto e 311,9s a livello del mare.

L'RD-180 si compone principalmente di un cluster di due camere di combustione e due ugelli (a differenza dei quattro del predecessore RD-170) e una turbopompa comune. Come per altri motori sovietici e russi, il ciclo a combustione stadiata prevede un precombustore in cui una parte del combustibile (kerosene RP-1) viene fatta reagire con l'ossigeno destinato alle camere di combustione principali alimentando la turbina della turbopompa. In questo modo il calore liberato dalla reazione parziale nel precombustore non va perso come nei motori con cicli aperti dove i gas di scarico all'uscita della turbina sono espulsi da ugelli secondari, ma è recuperato nell'espansione che avviene nell'ugello principale.

Nella camera di combustione principale l'ossigeno e l'RP-1 reagiscono in rapporto di 2,72:1 ad una pressione di poco superiore a 25 MPa (circa 261 atmosfere). La spinta può essere regolata con continuità dal 47 al 100% di quella nominale. Quattro attuatori idraulici permettono di muovere l'intero gruppo motore in modo da orientare, in volo, la direzione della spinta.

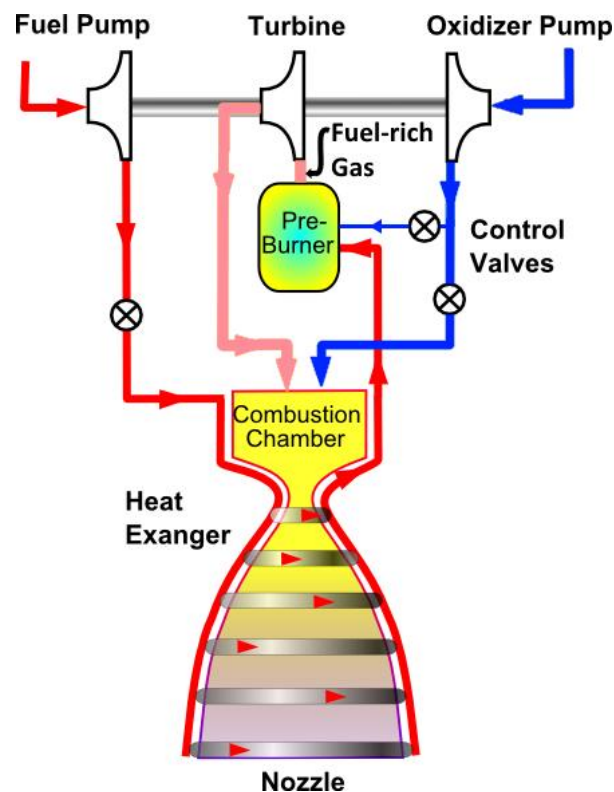
**Ma cos'è la combustione stadiata (o ciclo a precombustione), presente anche sugli SSME della NASA? È un ciclo termodinamico chiuso utilizzato nei motori a razzo a bipropellente liquido. Coma abbiamo visto una parte del propellente è bruciata in un precombustore (Gas generator) in modo da alimentare la turbina delle turbopompe di alimentazione principali. I gas di scarico sono poi immessi, insieme al restante propellente, nella camera di combustione principale dove la reazione di combustione si completa.**

Il vantaggio di un ciclo a combustione stadiata risiede nel fatto che tutto il calore dei gas rimane nel ciclo del motore e passa per la camera di combustione principale e l'ugello a differenza del ciclo a generatore di gas (ciclo aperto) dove i gas di scarico in uscita dalle turbopompe sono espulsi separatamente da quelli della camera di combustione principale, comportando una piccola percentuale di perdita di efficienza nella spinta.

Ma ci sono, come al solito, anche degli svantaggi. Sono dovuti principalmente alle condizioni

avverse in turbina, alla necessità di complessi sistemi di controllo e condotti dimensionati per convogliare i gas ad alta pressione nella camera di combustione.

Lo vediamo bene in questo disegno dove si vede il gas di recupero (grigio) che entra nella camera di combustione principale (da sopra):



In realtà i razzi a propellente liquido sono suddivisi in motori a monopropellente, bipropellente o anche tripropellente. Noi abbiamo esaminato quelli a bipropellente perché sono i più diffusi soprattutto nei casi di forte richiesta di spinta.

A differenza dei gas, un tipico propellente liquido ha una densità simile all'acqua, circa pari a 0,7 - 1,4 g/cm<sup>3</sup> (tranne l'idrogeno liquido, che ha una densità molto inferiore), e **richiede una modesta pressione per evitare la vaporizzazione.**

Questa combinazione di densità e bassa pressione permette l'impiego di serbatoi leggeri: approssimativamente con un peso dell'1% del contenuto per i propellenti densi e circa il 10% per l'idrogeno liquido (a causa della bassa densità e la massa per l'isolamento richiesto).





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

Le turbopompe hanno un peso inferiore all'1% della loro spinta. Infatti, il rapporto spinta-peso di un motore a razzo che utilizzano una turbopompa hanno raggiunto il valore di 133:1.

**Un altro vantaggio dei combustibili liquidi è costituito dalla modulazione della spinta in tempo reale** e un buon controllo del tasso di mescolamento.

**Possono essere spenti senza troppi problemi e con un sistema di iniezione adatto, riavviati.** Possono impiegare un sistema di raffreddamento rigenerativo che impiega il carburante (o occasionalmente l'ossidante) per raffreddare la camera prima dell'iniezione.

Vediamo ora gli svantaggi dei razzi a propellente liquido:

- sono complessi a causa delle bassissime temperature e delle parti in movimento ad alta velocità (le turbopompe). **Ecco perché solo coloro che possiedono alta tecnologia sono in grado di ottenere significativi risultati.**
- poiché il propellente costituisce una parte molto grande della massa del veicolo, il centro della massa (cg) si sposta in modo significativo verso il retro del velivolo mentre viene consumato il propellente; è possibile perdere il controllo del velivolo. **(Vedi figura nella pagina successiva.)**
- sono soggetti a *sciabordare* all'interno dei serbatoi.
- necessitano spesso di propulsori che evitino il risucchio dei gas nei motore durante l'accensione.
- possono fuoriuscire, formando miscele esplosive.
- le turbopompe sono complesse da progettare, e possono soffrire di seri malfunzionamenti.
- i propellenti criogenici, come l'ossigeno liquido, raffreddano il vapore acqueo atmosferico in cristalli di ghiaccio molto duri, che possono danneggiare o bloccare i sigilli e le valvole, causando perdite e altri inconvenienti. Per evitare questo problema sono richieste lente procedure di rimozione del vapore dal sistema.
- i razzi tendono ad essere molto complessi, con un aumento delle possibilità di malfunzionamento.
- i razzi richiedono molti preparativi prima del lancio, che li rende poco pratici rispetto a quelli a propellente solido.
- quando sono impiegati all'interno dell'atmosfera, deve essere mantenuta una

pressurizzazione positiva dei serbatoi, per evitare il loro collasso.

- sono state provate migliaia di combinazioni di combustibili e ossidanti. Alcune di esse sono:
- **ossigeno liquido (O<sub>2</sub>) / idrogeno liquido (H<sub>2</sub>)** — impiegato nei propulsori dello Space Shuttle, nello stadio primario dell'Ariane 5 e nel secondo stadio dell'Ariane 5 ECA, nel primo stadio del razzo Delta IV, nello stadio superiore dei razzi Saturn V, Saturn IB, Saturn I e nello stadio Centaur.
- **ossigeno liquido / kerosene (RP1)**— impiegato nel primo stadio del Saturn V, nei razzi Zenit e nella famiglia dei booster sovietici R-7 Semyorka. Impiegato nel lanciatore Sojuz, nei razzi Delta, negli stadi primari del Saturn I e del Saturn IB, nella famiglia di razzi Titan I, nei razzi Atlas e nei Merlin della SpaceX sul Falcon.
- **ossigeno liquido (O<sub>2</sub>) / etanolo (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O)** — impiegato nei primi razzi a propellente liquido, come i razzi V2 tedeschi nella Seconda guerra mondiale e il PGM-11 Redstone.
- **T-Stoff (perossido d'idrogeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) / C-Stoff (metanolo CH<sub>3</sub>OH e idrato di idrazina N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>·n(H<sub>2</sub>O))** — impiegato nel motore Walter Werke HWK 109-509 del Messerschmitt Me 163B Komet, un aereo con propulsione a razzo della Seconda guerra mondiale.
- **acido nitrico (HNO<sub>3</sub>) / kerosene** — impiegato nel razzo sovietico Scud-A, noto come SS-1
- **acido nitrico fumante rosso inibito (IRFNA), HNO<sub>3</sub> + N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) / dimetilidrazina asimmetrica (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)** — razzi sovietici Scud-B, -C, -D, chiamati anche SS-1-c, -d, -e
- **acido nitrico e tetrossido di diazoto (HNO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) / miscela benzina-kerosene** — vari missili balistici russi risalenti alla guerra fredda, missile iraniano Shahab-5, missile nordcoreano Taepodong-2
- **perossido d'idrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) / kerosene** — Black Arrow inglese, BA-3200 statunitense
- **idrazina/acido nitrico** — razzo antiaereo Nike Ajax
- **aerozina 50 / tetrossido di diazoto (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)** — razzi Titan 2-4, modulo lunare Apollo, modulo di servizio Apollo, sonde interplanetarie come Voyager 1 e Voyager 2.
- **dimetilidrazina asimmetrica / tetrossido di diazoto** — razzo Proton e altri razzi sovietici
- **monometilidrazina (CH<sub>3</sub>) HN<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / tetrossido di diazoto** — Orbital maneuvering

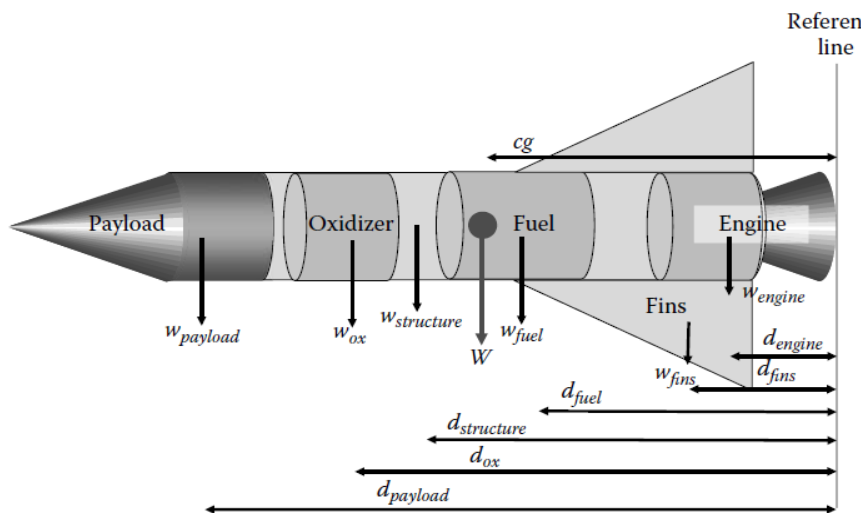


# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

system e Reaction control system dello Space Shuttle.

## Valutazione di alcuni inconvenienti.

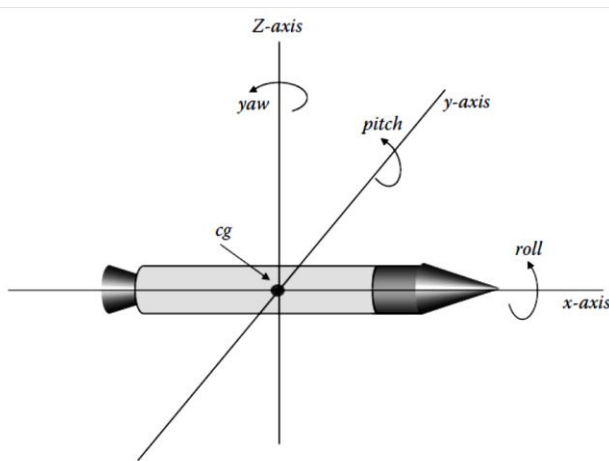


$$cg = \frac{w_{payload} d_{payload} + w_{ox} d_{ox} + w_{fuel} d_{fuel} + w_{structure} d_{structure} + w_{engine} d_{engine} + w_{fins} d_{fins}}{W}$$

### Centro di gravità (cg) e controllo di assetto.

Vi è una variazione continua del centro di gravità (cg) con il passare del tempo di volo, quindi del consumo di carburante. Pertanto necessità di adattare il sistema di controllo di assetto in funzione della spinta dei motori principali.

L'assetto è pure complesso perché deve tenere



conto di 6 gradi di libertà:

+/- Jaw; +/- Pitch; +/- Roll (vedi figura in basso a sinistra).

Tutti i razzi hanno degli attuatori di controllo di assetto che possono essere thruster separati o

controlli direzionali dell'ugello principale o, più diffusamente un mix delle due tecnologie.

Il computer di bordo attraverso il GN&C provvede a retro azionare ed a mantenere la traiettoria e l'assetto. Un tipico schema a blocchi del sistema di controllo lo vediamo nella figura sottostante dove oltre ai sei radi di libertà ovviamente deve entrare in gioco anche la spinta che è l'obiettivo del razzo.

Le variabili quindi sono 8:

**Positive roll,  $\theta_x$**

**Negative roll,  $-\theta_x$**

**Positive pitch,  $\theta_y$**

**Negative pitch,  $-\theta_y$**

**Positive yaw,  $\theta_z$**

**Negative yaw,  $-\theta_z$**

**Forward thrust,  $\Delta x$**

**Drag or negative thrust,  $-\Delta x$**

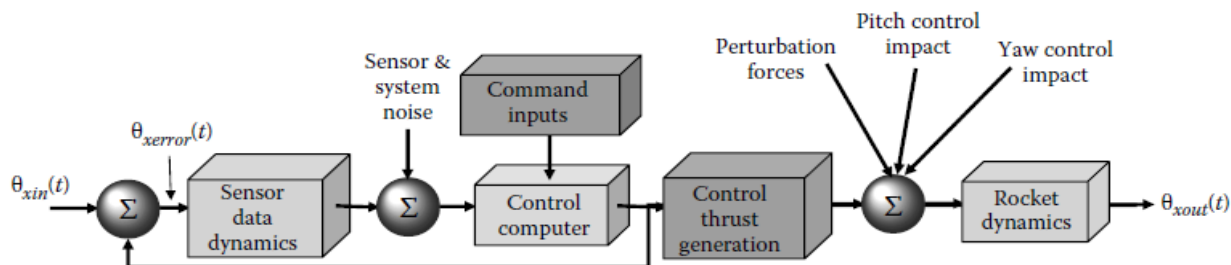
Quando si ha a che fare con un sistema reazionato intervengono tutti i fenomeni tipici di un controllo di loop, cioè le problematiche tipiche di un PID.

Eccessivo o scarso guadagno sui blocchi proporzionale (P) integratore (I), derivatore (D) generano inconvenienti come sottocorrezione, instabilità, ecc.

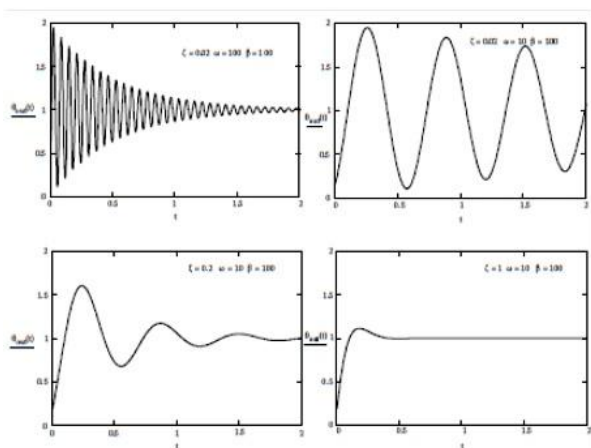


# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



Lo schema a blocchi qui sopra rappresenta solo il roll control.



Sopra: i quattro comportamenti tipici di un sistema reazionato nelle 4 condizioni.

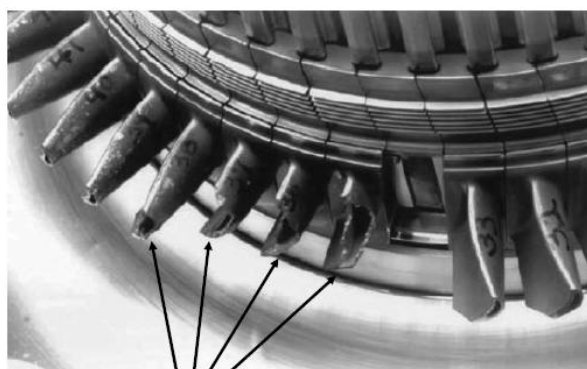
La taratura giusta è quella in basso a destra. L'effetto POGO citato precedentemente produceva un pendolamento simile all'andamento in alto a destra.

## Cavitazione

Chiudo con un problema tipico nell'utilizzo di turbine ad alta pressione nei motori a razzo: la cavitazione. Questo fenomeno si verifica quando le eliche (o le turbine nel caso di un motore a razzo) forzare un liquido a scorrere così velocemente vicino alla superficie della paletta della turbina che raggiunge un livello di pressione al di sotto del suo valore di vaporizzazione. Parte del liquido quindi si trasforma in vapore formando una bolla. Quando la bolla scorre nella regione più fredda o più alta, collassa di nuovo in uno stato liquido, che è molto più piccolo in volume.

Il crollo della bolla crea un'onda acustica all'interno del flusso.

A seconda delle caratteristiche del flusso, quest'onda acustica può essere piuttosto intensa. L'immagine sotto mostra le lame dello Space Shuttle Main Engine (SSME) HPFTP dopo un test in cui il mix dell'ossidante al combustibile era troppo alto per consentire l'inizio della cavitazione. Le lame della turbina sono state danneggiate drammaticamente durante il test.



High oxygen to hydrogen ratio causes cavitation damage of SSME

Bene! Mi fermo qui!

Questa prima parte è stata lunga anche perché alcuni argomenti, come per esempio il controllo di assetto, esistono ovviamente anche con gli altri tipi di razzi. L'ho inserito qui perché, questo tipo di motore è controllabile in spinta, quindi idoneo ad essere modulato dagli algoritmi di un computer. Nei prossimi numeri vedremo i razzi a combustibile solido, quelli elettrici, quelli nucleari, ed anche alcuni aspetti come lo "staging", cioè come stabilire se la missione si può effettuare con un singolo stadio o se è meglio dividerlo in due o tre.

Alla prossima!





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

## Ha senso farsi congelare poco prima di morire?

Di Leonardo Avella.

Supponi di essere su un aereo. Ad un certo punto senti un boato, e tutto intorno a te inizia a tremare violentemente.

Pochi secondi dopo, il capitano accende lo speaker e parla ai passeggeri:

*"C'è stata un'esplosione nel motore, e l'aereo cadrà entro 15 minuti. Non c'è possibilità di sopravvivere. C'è solo una piccola speranza: nella stiva abbiamo un carico di paracadute e chiunque voglia usarlo per fuggire dall'aereo può farlo. Ma devo avvisarvi: i paracadute sono sperimentali e completamente non testati, senza alcuna garanzia di funzionamento. Non abbiamo nemmeno idea di come sarà il terreno sotto. Vi preghiamo di allinearvi nel corridoio. Se volete un paracadute gli assistenti di volo ve ne daranno uno, vi mostreranno come usarlo e vi faranno avvicinare all'uscita di emergenza dove potrete saltare. Coloro che scelgono di non prendere questa opzione, per favore rimangano seduti: tutto ciò finirà presto e senza sentire dolore."*

### Tu cosa faresti?

I paracadute sperimentali a mio parere sono come la crioconservazione.

Se avete già sentito parlare di crioconservazione, è probabile che la pensiate così:

*"La crioconservazione è quel procedimento attraverso cui persone ricche decidono di farsi congelare dopo la morte, nella speranza che nel futuro qualcuno possa essere in grado di risvegliarli. La comunità di persone che credono nella crioconservazione è una setta simile a Scientology."*

Il racconto del volo aereo rappresenta un punto di vista probabilmente diverso dal vostro. Mi piacerebbe, raccontandovi in dettaglio come stanno le cose, condividere con voi il mio punto di vista e chissà, magari alla fine di questo viaggio avrete cambiato idea...

Elenco qui i passi da seguire se volete farvi crioconservare, più avanti li approfondiremo.

- Passo 1) Scegli una società.
- Passo 2) Diventa membro di una di queste società.
- Passo 3) Stipula una polizza vita a nome dell'azienda di crioconservazione.

- Passo 4) Indossa il tuo braccialetto e vivi la tua vita.
- Passo 5) Muori.
- Passo 5) spiegato meglio.
- Passo 6) Vieni raffreddato e trasferito alla struttura più vicina.
- Passo 7) Vieni vetrificato.
- Passo 8) vieni crioconservato.

Vi ho incuriosito? Bene! Iniziamo subito il nostro viaggio!!

**Passo 1)** Scegli una società

In tutto il mondo sono poche le aziende che forniscono questo servizio: Alcor in Arizona, Cryonics Institute (CI) nel Michigan, American Cryonics Society (ACS) in California e KrioRus in Russia.

KrioRus è l'opzione più recente e in rapida espansione, le realtà più grandi sono Alcor e CI (ACS non dispone di propri impianti di stoccaggio: conservano i corpi all'interno di CI). Alcor e CI sono senza scopo di lucro e ognuna attualmente ha circa 150 persone conservate in azoto liquido, mentre KrioRus ne ha circa 50. Alcor ha poco più di 1.000 "membri" (cioè persone che un giorno saranno in crioconservate); CI ne ha circa la metà.

**Passo 2)** Diventa membro di una di queste società

Per associarsi è necessario compilare alcuni documenti, firmare qualche carta e pagare tre cose:

- una quota annuale di iscrizione.
- una tassa di trasporto per trasportare il tuo corpo alla struttura dopo la morte.
- una quota per il trattamento, lo stoccaggio e la procedura di rinascita.

La quota di iscrizione annuale di Alcor è di circa 700 dollari, e la loro tassa di trasporto è unita alla tariffa di trattamento / stoccaggio / rinascita che costa circa 200.000 dollari una tantum. Alcor ti dà l'opzione di congelare solo la tua testa (viene chiamata "neuro preservazione"). Naturalmente in tal caso il prezzo si abbassa ed arriviamo a circa 80.000 dollari una tantum.

La quota di iscrizione annuale di CI è di 120 \$ (o



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

1.250 \$ una tantum per la membership a vita). Il trattamento / stoccaggio / rinascita, ecc. Costa \$ 35.000 (\$ 28.000 per i membri a vita). La tariffa è molto più economica rispetto ad Alcor per alcuni motivi.

In primo luogo, non include il trasporto. Se si vive vicino alla struttura, è possibile risparmiare un sacco di soldi. Altrimenti, attraverso un contratto con un partner di CI per il trasporto, ci vogliono circa 95.000 dollari.

In secondo luogo, Alcor utilizza più della metà dei loro introiti per finanziare quello che chiamato Patient Trust Care.

Cosa è il Patient Trust Care?

Dato che in passato altre società analoghe sono fallite ed i loro pazienti scongelati sono definitivamente morti, questo fondo serve a scongiurare che il fallimento colpisca anche la Alcor in futuro.

**Passo 3)** Stipula una polizza vita a nome dell'azienda di crioconservazione.

Il motivo? Niente di losco. Sia Alcor che CI sono piccole aziende con un bilancio abbastanza ridotto e non possono permettersi di attendere che il trasporto ed il trattamento vengano pagati dopo la tua morte dai tuoi parenti o attraverso la vendita dei tuoi immobili. Dal punto di vista del paziente, a meno che tu non sia ricco, i costi sono enormi e una polizza ti obbliga a risparmiare la quota mensile da pagare per tutta la vita. Se sei giovane, i costi non sono proibitivi: circa 300\$/anno (di cui 120 per l'iscrizione annuale a CI e 180 per la polizza vita). Nel caso di Alcor i costi sono più alti ma non dovrebbero superare i 100\$/mese. Effettivamente non bisogna essere ricchi per accedere a tale servizio.

**Passo 4)** Indossa il tuo braccialetto e vivi la tua vita.

Una volta che ti sei associato all'azienda, ti viene consigliato di indossare sempre un braccialetto o una collana con le istruzioni e le informazioni di contatto. In questo modo, se muori improvvisamente, la compagnia viene avvisata subito.

**Passo 5)** Muori.

Qui le cose iniziano a diventare interessanti. Noi siamo abituati a dividere la vita e la morte con un confine molto netto. In altre parole, pensiamo che

una persona in un certo momento possa essere solamente o viva o morta. Le cose però non stanno proprio così.

Analizziamo innanzitutto quando una persona si può definire "condannata" a morire.

Dipende da dove e soprattutto dal "quando". Un bimbo di 3 anni malato di polmonite nel diciottesimo secolo probabilmente era "condannato a morire", mentre oggi sarebbe curabile.

Allo stesso modo una brutta dissenteria oggi sarebbe curabile a Londra ma probabile causa di morte in Etiopia.

Ebbene, si può dire la stessa cosa della morte. se ti fosse venuto un attacco cardiaco 50 anni fa i medici, una volta accorsi sul posto, ti avrebbero dichiarato morto. No respiro -> no vita.

Oggi nella stessa situazione avresti qualche possibilità di sopravvivere data dal massaggio cardiaco, dal defibrillatore e da un sacco di altre cose. In altre parole, le persone che 50 anni fa erano ritenute morte, oggi nelle stesse condizioni non sono più considerate tali.

Attualmente si stabilisce che la morte sopraggiunga dopo che il cuore ha smesso di battere per 4-6 minuti, perché dopo tale periodo di tempo il cervello viene ritenuto troppo danneggiato per essere ripristinato.

In realtà la Alcor spiega che il cervello muore dopo molti minuti senza ossigeno, ma non improvvisamente; è più a causa di una serie di processi degenerativi che si arriva alla sua distruzione irreversibile. Far ripartire un cervello dopo un arresto cardiaco con sangue caldo può provocare molti più danni rispetto ad immettere sangue freddo. Altre pratiche consigliate per danneggiare poco un cervello in un corpo che ha subito un arresto cardiaco sono: riaprire i vasi chiusi con alta pressione, evitare ossigenazione eccessiva e bloccare la morte cellulare con medicinali appositi. Alcor sostiene che in alcuni esperimenti sono riusciti a rianimare senza danni un cervello rimasto senza ossigenazione per ben 10 minuti!

Magari in futuro si riuscirà ad estendere questo intervallo di tempo anche oltre, rendendo le credenze attuali obsolete.

In altre parole, quello che oggi definiamo "morto", in realtà significa "condannato a morire, con le attuali conoscenze".



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

I sostenitori della crioconservazione vedono la morte non come un singolo evento, ma come un processo che inizia con l'arresto cardiaco e finisce in un momento che potremmo definire "info-morte", in cui il cervello è così danneggiato che nessuna tecnologia presente o futura lo potrà ripristinare o avrà modo di recuperare le informazioni presenti originariamente al suo interno.

Vorrei spiegare meglio questo concetto attraverso un esempio.

Immaginiamo che un paziente arrivi in ambulanza all'ospedale A, un ospedale moderno e ben attrezzato. Il cuore del paziente ha smesso di battere da 15 minuti, ed in tale ospedale è dunque dichiarato morto. Supponiamo però che il dottore dell'ospedale A abbia saputo che nell'ospedale B hanno appena sviluppato una nuova tecnologia che permette di salvare il paziente fino a 60 minuti dopo l'arresto cardiaco. Cosa farà il dottore all'ospedale A? Porterà il paziente all'ospedale B per salvarlo. E se ci riuscirà, per definizione non era morto, ma solamente dato per morto nell'ospedale A.

I sostenitori della crioconservazione sostengono che in molti casi, quando un paziente oggi è dato per morto, in realtà non lo è, ma è semplicemente condannato a morire con le attuali tecnologie. Sostengono anche che l'ospedale B risiede non tanto in un altro posto, ma in un altro tempo: nel futuro.

Quindi possiamo affermare che i sostenitori della crioconservazione non abbiano a che fare con persone morte, ma con persone ancora vive che necessitano di andare in un ospedale nel futuro per essere curate. E' per questo motivo che li chiamano pazienti e non corpi o spoglie e che vedono il loro lavoro come un'estensione della medicina di emergenza.

Ma è medicina di emergenza con un importante avvertimento: la tecnologia di oggi non ha speranza di risvegliare un paziente crioconservato, quindi non è

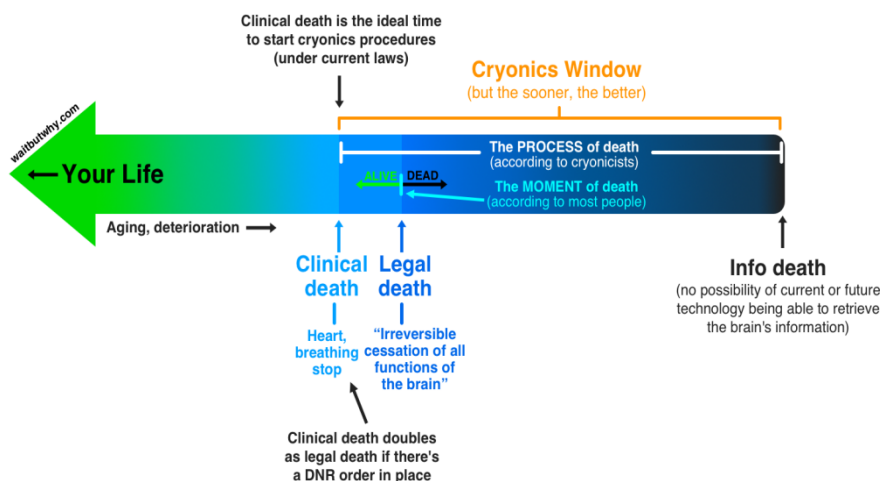
considerata dalla legge una procedura medica. La legge la considera piuttosto una bara un po' eccentrica. Ed è una fortuna che sia così. Crioconservare qualcuno che non è stato dichiarato morto, secondo la legge attuale, è considerato omicidio. Anche se il paziente è malato di una malattia incurabile e senza speranza e vuole essere crioconservato prima di essere dichiarato morto, la legge attuale non permette la crioconservazione precoce. La legge non considera la morte come un processo, ma piuttosto come un evento. Una volta un paziente era morto quando il cuore aveva smesso di battere, oggi con i defibrillatori un paziente è morto quando "il cervello ha cessato in maniera irreversibile tutte le sue funzioni".

La vecchia definizione "ha smesso di respirare ed il suo cuore di battere" è definita "morte clinica", un punto dove si può tentare di resuscitare il paziente ma, nel caso in cui il paziente abbia espresso la volontà di non essere resuscitato, il dottore non è obbligato a fare nulla.

In questi casi il dottore sancirà che la morte clinica coincide con quella legale, anche se una procedura medica lo potrebbe resuscitare.

Questo è un punto critico per la crioconservazione. I dottori della crioconservazione devono aspettare la morte legale prima di poter intervenire ma, con una lettera di volontà scritta dal paziente, possono cominciare il loro lavoro non appena il cuore ha smesso di battere, molto prima che il cervello si danneggi.

## Questa è la "finestra di intervento" di chi si vuole far crioconservare.







# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

Ora che abbiamo chiarito cosa significa il passo 5 ripartiamo dalla nostra lista.

**Passo 5)** muori secondo la definizione legale di morte.

Questo passo è uno dei più importanti nel cammino intrapreso, e può avvenire in svariati modi: un modo buono, uno peggiore ed uno veramente disgraziato.

- Il modo buono: qualcosa di prevedibile per cui gli ultimi giorni ti ritrovi a letto, tipo il cancro. Questo ti permette di prendere un aereo ed avvicinarti ad una delle sedi di Alcor o CI ed andare in una delle strutture convenzionate. Già, perché (come per gli aborti) in Italia molti medici e molti ospedali boicottano e contrastano lo staff di Alcor e CI.
- Il modo meno buono: qualcosa di improvviso ed inaspettato, come un attacco di cuore. In tal caso nella migliore delle ipotesi lo staff ti può raggiungere in ospedale, mentre nella peggiore ti trovano dopo qualche ora. In tal caso il tuo cervello sarà probabilmente molto danneggiato... Ma chi lo sa se in futuro potranno comunque guarirti?
- il modo veramente disgraziato: un incidente violento o qualunque cosa che danneggi molto seriamente il tuo cervello. Un membro di Alcor ad esempio è morto nell'attacco dell'11 settembre alle torri gemelle. Se le circostanze della tua morte richiedono una autopsia sei spacciato, perché non possono essere messe in atto le procedure di crioconservazione.

**Passo 6)** Vieni raffreddato e trasferito alla struttura più vicina.

Dopo essere "legalmente morto" il team addetto inizia immediatamente ad agire. La prima cosa che viene fatta è quella di metterti in una vasca con acqua e ghiaccio in modo da abbassare la tua temperatura e rallentare il tuo metabolismo (in modo che i danni al cervello ed ai tessuti impieghino più tempo ad accadere). Attraverso un macchinario denominato CPS fanno

ripartire il tuo cuore ed i tuoi polmoni con l'obiettivo non di resuscitarti, ma di stabilizzarti.



Poi iniettano nel tuo corpo una serie di sostanze per assicurarsi che il tuo sangue non inizi a coagulare o a marcire. Una volta che la situazione è sotto controllo, accedono ai tuoi vasi sanguigni principali e sostituiscono il CPS con un altro macchinario che continua a far circolare il tuo sangue ma lo mantiene ad una temperatura poco sopra lo zero e nel quale vengono inserite delle sostanze che hanno lo scopo di preservare i tuoi tessuti.



Fatto questo, ti impacchettano e vieni spedito alla sede di una delle aziende sopracitate.

Associazione Culturale "Il C.O.S.MO." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 pag: 27 di 34

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.



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

## Passo 7) Vieni vetrificato

Molte persone pensano che crioconservazione significhi essere congelato. Sbagliato: si tratta di essere vetrificati.

Il vetro è strano: non è un solido come tutti gli altri perché mentre si raffredda dalla sua fase liquida non cristallizza mai in una struttura ordinata. Non si comporta neanche come un liquido perché non scorre quindi non è né un solido né un liquido. È un solido amorfo. La caratteristica chiave è che il vetro non cristallizza (come un liquido). Piuttosto, mentre si raffredda, le molecole si muovono sempre più lentamente fino a quando non si fermano. Se si congela un essere umano, tutta l'acqua liquida nel suo corpo congelandosi si cristallizza.

Questo però non è un bene, prima di tutto perché i cristalli di ghiaccio occupano il 9% più volume dell'acqua liquida quindi si espandono e danneggiano i tessuti. In secondo luogo perché rompono le membrane cellulari ed altri tessuti circostanti.

Per evitare questa catastrofe i medici di Alcor/CI fanno qualcosa di molto efficace: tagliano chirurgicamente il petto fino ad arrivare alle arterie principali e pompano attraverso di esse una soluzione crioprotettiva buttando tutto il tuo sangue fuori dal corpo.

Questa soluzione crioprotettiva fa due cose importanti: rimpiazza circa il 60% dell'acqua nelle cellule del corpo ed abbassa il punto di congelamento del liquido rimasto.

Il risultato, quando questo è fatto perfettamente, è che il corpo non congela.

Il tuo corpo viene raffreddato sempre più e dopo 3 ore raggiunge circa meno 124 gradi centigradi: una temperatura detta di transizione liquido-vetroso nella quale il liquido rimane amorfo ma diventa così viscoso che le sue molecole non si muovono più. Sei diventato ufficialmente un solido amorfo, ovvero sei stato vetrificato!

Dato che nessuna molecola si muove più, tutte le attività chimiche nel tuo corpo sono ferme. Il tuo tempo biologico si è fermato. Sei ufficialmente in pausa.

Già mi immagino il tuo scetticismo! Vorrei comunque farti notare che vetrificare parti biologiche non è una cosa nuova. Sono state in passato vetrificate poi riscaldate e riattivate altre parti come embrioni umani, sperma, pelle, ossa e

altri pezzi del corpo. Addirittura recentemente è stato vetrificato un rene di un coniglio, poi riscaldato e rifatto funzionare



Nel febbraio del 2016 c'è stata una grande innovazione quando per la prima volta gli scienziati hanno verificato il cervello di un coniglio ed hanno dimostrato che una volta tornato a essere riscaldato, era praticamente in condizioni perfette con le membrane cellulari, le sinapsi e le strutture intracellulari ancora intatte. È stata la prima volta che una criopreservazione ha dimostrato di essere in grado di proteggere qualunque cosa associata con l'apprendimento e la memoria!

Ma continuiamo il nostro viaggio...

Una volta che sei stato verificato continui a essere raffreddato lentamente fino a quando dopo circa due settimane arrivi alla temperatura di meno 196 gradi centigradi. Perché? Perché quello è il punto di ebollizione dell'azoto... Stai per prenderti un lungo bagno di azoto liquido!

## Passo 8) vieni crioconservato.

In pratica viene immesso in un termos pieno di azoto liquido alto circa 3 metri e del diametro di circa un metro. I tuoi nuovi vicini sono: 3 persone intere, ognuno nel suo rispettivo quadrante del termos e 5 persone che viaggiano superleggere senza il corpo, ma solo con le teste. Se decidi di viaggiare superleggero anche tu, potresti finire anche in un termos riservato alle sole teste. In tal caso saresti in compagnia di altri



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

44 cervelli che condividono il tuo spazio. Ah già, sei anche a testa in giù. Questo perché il liquido evapora gradualmente dalla cima del contenitore.

Normalmente questo non è un problema dato che lo staff lo rabbocca circa una volta alla settimana. Nel caso in cui un contenitore non venisse rabboccato per un periodo più lungo, la testa sarebbe l'ultima ad essere coinvolta.

In caso di Blackout nessun problema: non c'è bisogno di elettricità per mantenere l'azoto liquido nel termos.

Rimarrai in questo stato per un tempo sconosciuto. Potrebbero essere 50 anni 150 o forse 1200. Quanto tempo passa non ha particolare importanza, dato che sei in pausa.

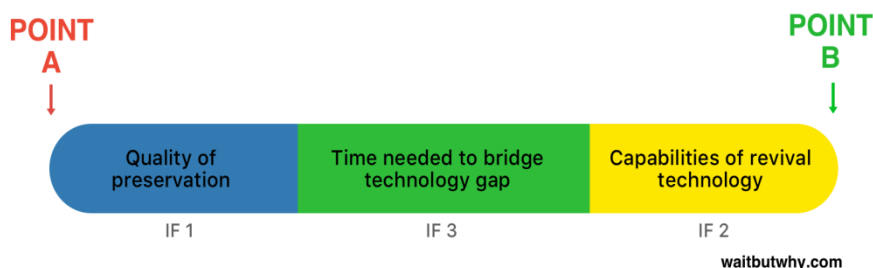
Ma adesso facciamo un passo indietro e riepiloghiamo tutte le cose che devono andare per il verso giusto affinché tu possa essere resuscitato:

- CrioCircostanza 1 devi morire legalmente in una maniera abbastanza buona e tutto deve andare come previsto fino al momento in cui sei stoccato nel super termos di azoto liquido (è il riassunto dei passi 1-8 visti sopra).
- CrioCircostanza 2 l'umanità in futuro deve raggiungere un livello tecnologico tale da essere in grado di risvegliarti e riportarti in salute.
- CrioCircostanza 3 l'azienda di crioconservazione deve riuscire a conservarti in maniera sicura e senza interruzioni fino a quel momento nel futuro.
- CrioCircostanza 4 Quando arriva quel momento ci devono essere persone che non solo hanno intenzione di risvegliarti, ma lo fanno per davvero.

Gli otto passi analizzati prima sono dunque solo una parte del viaggio.

Affinché tutto vada per il verso giusto devono realizzarsi anche altre circostanze che andremo ad analizzare in dettaglio.

Innanzitutto analizziamo insieme le circostanze dalla 1 alla 3 attraverso l'aiuto di un grafico



La rappresentazione può sembrare fuorviante all'inizio, perché ogni segmento rappresenta un concetto diverso.

- Il segmento blu rappresenta la qualità della tua conservazione iniziale.
- Il segmento giallo rappresenta le capacità della tecnologia medica (che ipotizziamo migliori sempre più con il passare del tempo).
- Il segmento verde rappresenta di tempo necessario a colmare il GAP segmento blu e quello giallo.

L'idea è la seguente:

- Meglio sei conservato, più lungo è il segmento blu.
- Mano a mano che la tecnologia medica migliora, il segmento giallo si estende a sinistra.
- Il segmento verde diventa col tempo sempre più piccolo e quando scompare si è pronti per essere risvegliati.

La lunghezza del segmento blu dipende da tre cose:

1. Quanto danno ha subito il tuo cervello prima di essere morto legalmente: quanto eri vecchio? Quando sei morto hai sofferto di una malattia come l'Alzheimer o altre malattie neurodegenerative? Quello che ti ha ucciso era nel tuo cervello (ad esempio un tumore) o il tuo cervello era intatto?
2. Quanto danno hai subito dal momento della tua morte legale a quando il team di medici ha cominciato a lavorare su di te?





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

3. Quanto danno hai subito durante il processo di vetrificazione?

Il segmento giallo rappresenta lo stato di avanzamento della tecnologia medica mano a mano che il tempo passa. Mentre il segmento blu cresce verso destra, quello giallo cresce verso sinistra.



Ci sono buone possibilità che il segmento giallo col tempo continui a crescere. Gli unici problemi potrebbero essere eventi che mettono in difficoltà la ricerca medica (guerre, carestie,..) o l'estinzione della nostra specie.

Supponiamo che il segmento blu e quello giallo collaborino e prima o poi si tocchino... Come sarò resuscitato?

Ci sono due possibilità che chiameremo piano A e piano B.

- Piano A consiste nel ripristinare la struttura del cervello vetrificato nel suo stato originale, in pratica riposizionando tutti gli atomi nel punto in cui erano prima della morte. Per fare ciò c'è bisogno di due cose:
  - Avere l'informazione di dove fossero gli atomi prima della morte.
  - Poter riposizionare gli atomi che si sono spostati.

Il primo punto è eseguito tramite la vetrificazione, il secondo punto attraverso la nanotecnologia molecolare. Ma cos'è la nanotecnologia molecolare? La nanotecnologia molecolare sarà una rivoluzione in tantissime aree, una delle quali è la medicina. Si pensa che tramite la nanotecnologia in futuro saremo in grado di costruire macchine che possono spostare a piacimento i singoli atomi. Una sinapsi cerebrale non è altro che una particolare configurazione di atomi quindi, se fossimo in grado di muovere e posizionare gli atomi dove vogliamo,

potremmo riparare perfettamente ogni sinapsi.

I sostenitori della crioconservazione pensano che la nanotecnologia molecolare sarà la chiave per poter risvegliare e guarire i pazienti in futuro. Probabilmente pensate che verrete risvegliati nello stesso stato in cui eravate poco prima di essere vetrificati, ovvero vecchi e malaticci. Non è questo il piano: una volta che avremo una tecnologia in grado di spostare e posizionare ogni singolo atomo dove vogliamo, potremo anche riparare e ringiovanire il vostro cervello e il vostro corpo! Non solo: avremo sconfitto la vecchiaia e saremo anche in grado di ricostruire un corpo giovane sano e perfettamente funzionante nel quale inserire il vostro cervello!

Abbiamo appena descritto il Piano A, ma c'è anche un Piano B

Il Piano B consiste nel caricare le informazioni presenti nel tuo cervello in un mondo completamente virtuale. Questa seconda opzione è preferibile nel caso in cui il mondo del futuro non sia poi così bello e ti permetterebbe di superare tutti i limiti e le debolezze derivanti da un corpo in carne ed ossa.

È vero che queste due opzioni ci sembrano tecnicamente molto lontane e che richiedono sfide difficilissime, ma rimangono teoricamente possibili in un futuro molto lontano.

Cosa può andare storto mentre aspettiamo che il segmento giallo e quello blu crescano fino a toccarsi e dunque possiamo essere risvegliati?

- Un errore umano: ad esempio una rottura del silos di azoto liquido potrebbe portare alla decomposizione del nostro cervello con la conseguenza perdita di informazione all'interno di esso
- L'organizzazione che ti crioconserva fallisce e quindi non ha più i mezzi



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36° - Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

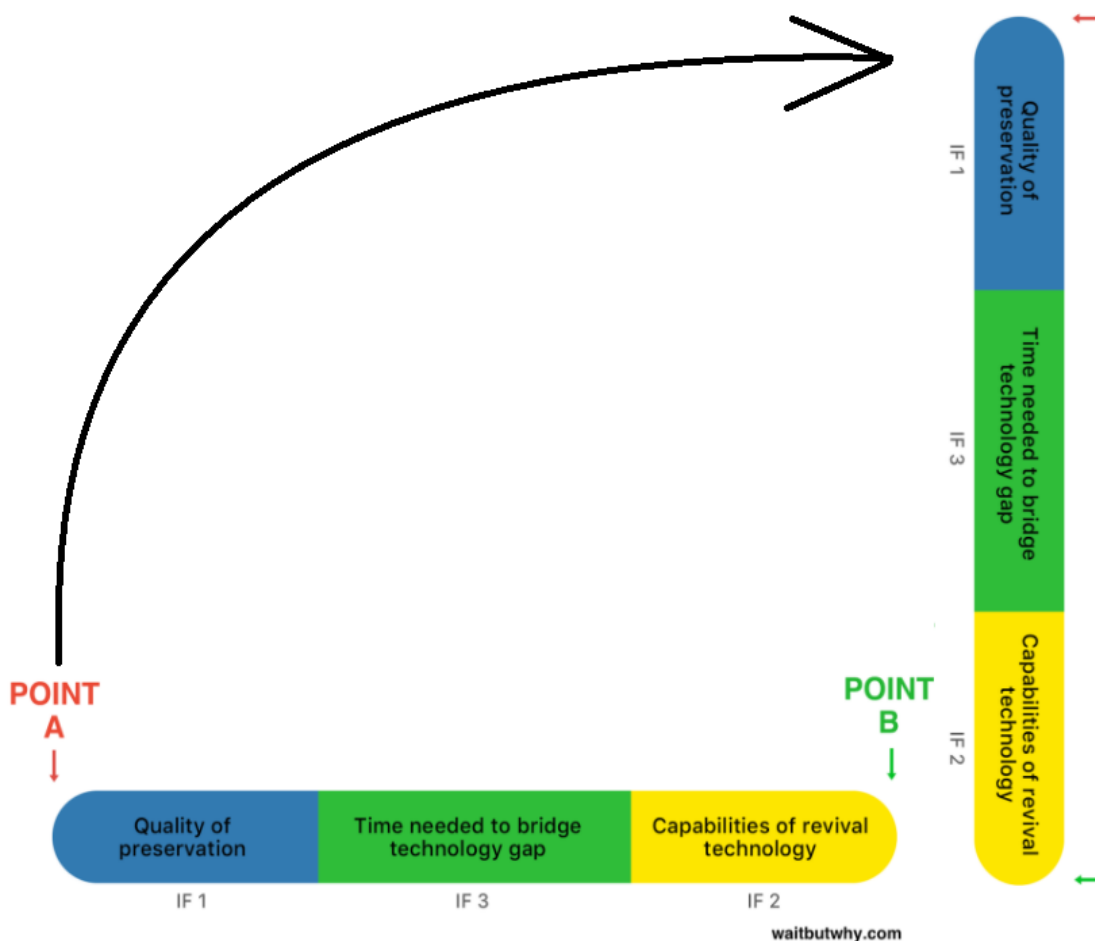
finanziari per mantenerti nel bagno di azoto liquido.

- Un disastro naturale: un terremoto, un tornado o qualunque cosa distrugga gli edifici senza possibilità che vengano riparati in tempo.
- Un attacco terroristico agli stabilimenti dove sono immagazzinati i corpi (tra cui il tuo).
- Una guerra.
- Nuove leggi che impediscano alle aziende di crioconservazione di effettuare il loro lavoro.
- Una legge che obblighi le compagnie di crioconservazione a chiudere e svuotare i serbatoi di azoto liquido. Nel 2004 stava per passare una legge in Arizona che avrebbe obbligato Alcor a chiudere. Per la legislazione americana i corpi stoccati all'interno degli stabilimenti Alcor sono donazioni per progetti di ricerca, ed è grazie a questo stratagemma che si

prevede ci sia una certa stabilità nel quadro legislativo. Naturalmente maggiore è il tempo necessario prima di poter essere risvegliato, maggiori sono le possibilità che la legislazione cambi ed impedisca il tuo risveglio.

- Le aziende di crioconservazione cambiano proprietario e questo nuovo proprietario decide di lasciare morire i pazienti. Se vogliamo essere più maliziosi questo scenario si potrebbe verificare se persone ricche che odiano i principi della crioconservazione decidessero di fare una generosa offerta ai proprietari di Alcor per l'acquisto dell'azienda e questi ultimi accettassero.

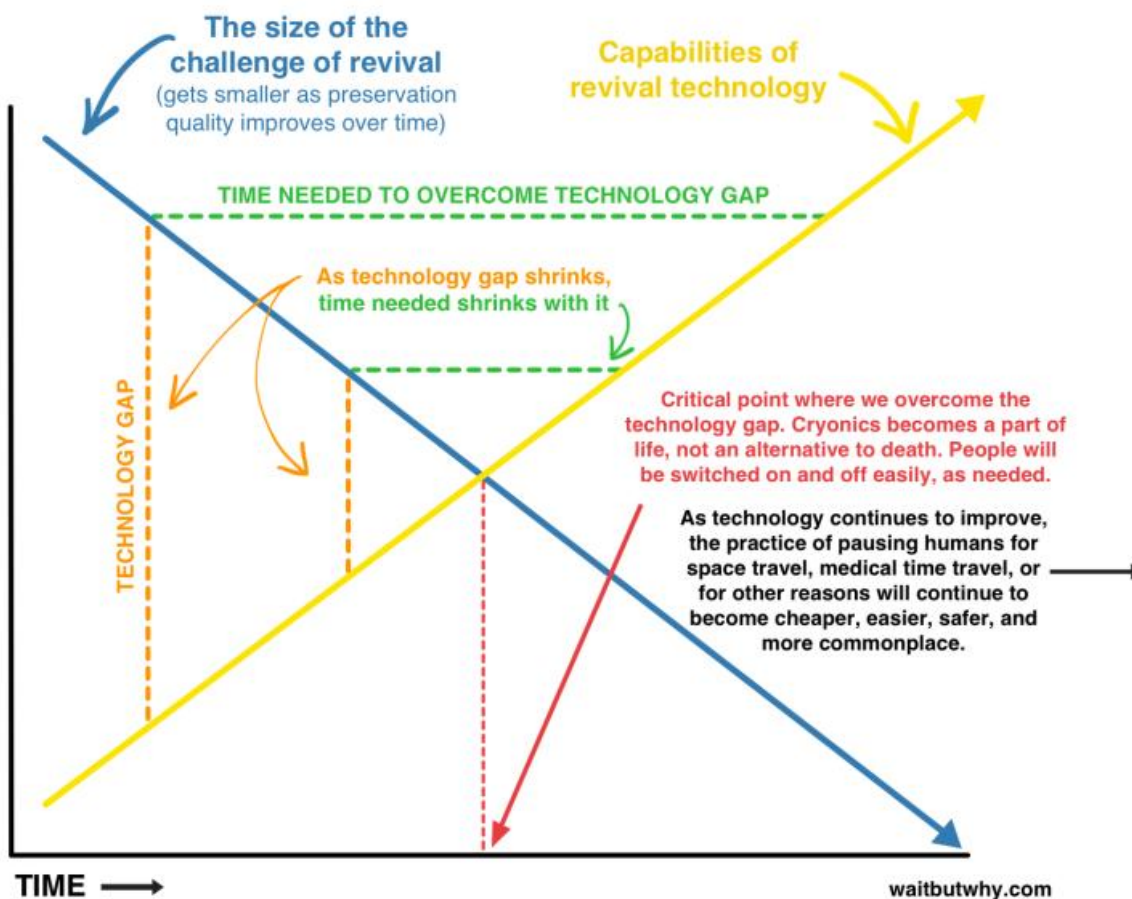
Il grafico visto prima può essere ridisegnato girandolo di 90° in modo che occupi l'ordinata ed aggiungendo in ascissa la variabile tempo:





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



Dal grafico si nota una caratteristica denominata last in, first out.

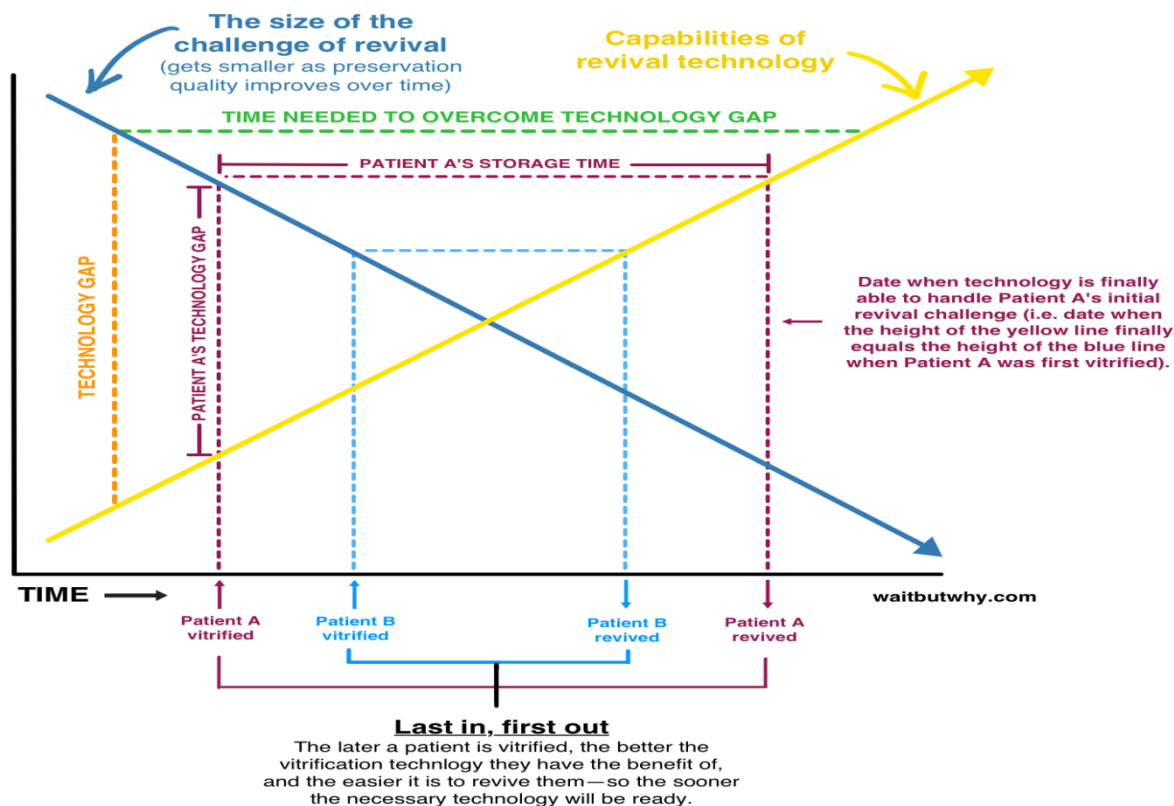
Il motivo è chiaro, infatti più tempo passa prima che tu sia crioconservato e maggiori sono i progressi già avvenuti in campo medico,





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018



## Passo 9) Vieni risuscitato

Questa sarà LA esperienza. Prima di tutto, sia che accada 30 anni o 2000 anni dopo essere stato crioconservato, a te sembrerà che sia passato solo un piccolo intervallo di tempo. Quando dormi ti accorgi del passare del tempo perché anche se non completamente cosciente sei comunque vivo. Essere in pausa in un bagno di azoto liquido è invece molto diverso: non puoi sentire il passaggio del tempo e quindi ti sembrerà di esserti appena risvegliato dopo la tua vita precedente. L'unico motivo per cui non ti sembrerà istantaneo è che la tua memoria a breve termine è andata perduta. Sarai sicuramente disorientato e qualcuno ti dovrà spiegare che sei nel futuro e che la crioconservazione ha funzionato, quindi non sei più una persona destinata a morire, ma sei in salute: ringiovanito e pronto a vivere una nuova vita.

Ma cosa accadrà dopo?

Passato lo shock iniziale cercherai di capire In quale mondo sei stato risvegliato.

Vorrei elencare alcuni scenari possibili:

- *Potrebbe fare schifo!*  
Potresti essere risvegliato in un mondo che è molto peggiore rispetto a quello in cui hai vissuto precedentemente. Come se non bastasse potresti non conoscere nessuno. Ancora peggio potresti essere risvegliato in una situazione che ti terrorizza, ad esempio potrebbero effettuare su di te esperimenti medici dolorosissimi.
- *Potrebbe essere noioso e poco interessante.*  
Ad esempio potresti avere bisogno di lavorare e viste le tue scarse competenze nel futuro il massimo che provi per guadagnarti da vivere è il commesso il fattorino ho un altro lavoro che non ti piace.



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 36°- Anno10 – N° 1 - 1/03/2018

- *Potrebbe essere assolutamente stupefacente.*

Forse avevi 84 anni quando ti hanno addormentato e adesso ne hai 20 oppure meglio sei stato risvegliato in un corpo completamente sintetico che non sente dolore è fatica e non può ammalarsi mai. Anche il tuo cervello potrebbe essere stato riparato e ringiovanito. Ancora meglio: potresti essere attorniato dai tuoi amici e dalla tua famiglia che si sono anche loro risvegliati dalla criopreservazione e sono molto contenti di rivederti e riabbracciarti. Ma non finisce qui: potresti addirittura risvegliarti in un mondo virtuale dopo che i dati del tuo cervello vetrificato sono stati trasferiti in un computer. Tu ti sentiresti in tal caso reale come nella vita precedente tranne per il fatto che l'esperienza è fantastica e puoi spendere tutto il tuo tempo a realizzare i tuoi sogni.

Anche nel mondo virtuale la tua famiglia e i tuoi amici potrebbero essere intorno a te

con le loro personalità ed i loro ricordi proprio come una volta.

Non possiamo sapere in che mondo sarai risvegliato ma possiamo fare alcune ipotesi. Un futuro terribile probabilmente è troppo preoccupato a risolvere i suoi problemi che difficilmente avrebbe il tempo e la voglia di pensare al tuo risveglio; al contrario un futuro che può risvegliare persone crioconservate per definizione è molto avanzato tecnologicamente quindi è difficile che tale mondo abbia già risolto la maggior parte o tutti i problemi odierni. Il futuro tende ad essere migliore del passato: pensate solo quanto era duro 200 o 300 oppure 1000 anni fa.

E se non ti piace il mondo in cui ti sei svegliato o se semplicemente dopo aver vissuto 1.000 trovi la vita ormai noiosa, puoi sempre decidere di morire, questa volta per sempre.

Allora, dopo questa risposta alla domanda impossibile, cosa ne pensate? Vale la pena provare il paracadute sperimentale?

