



# 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 ; 19° - Anno 5 – N° 4 - 1/12/2013

## EDITORIALE

### *Il nuovo comitato direttivo.*

Ebbene sì, la nostra associazione ha compiuto cinque anni! Un periodo di tempo che ci ha visto crescere, non solo quantitativamente, ma anche qualitativamente. All'inizio eravamo dilettanti alle prese con un nuovo giocattolo, ora siamo diventati una organizzazione funzionante che produce servizi per i soci, cultura scientifica e notizie attraverso queste pagine, la homepage del nostro sito, le gite, le conferenze, ecc.

A chi va il merito? Sicuramente ai soci che con il loro contributo hanno permesso di finanziare le spese di esercizio, ma anche al comitato di redazione che in questi anni si è dato da fare parecchio, con riunioni periodiche, articoli scientifici e collaborazione esecutiva nelle varie iniziative. Proprio per questo il vecchio comitato ha scelto tra loro l'elenco dei membri del nuovo direttivo, che poi ha proposto all'assemblea straordinaria del 7 novembre 2013, che ha approvato all'unanimità. I nuovi dirigenti, molti dei quali soci fondatori, sono:

**Benedetta Marmiroli, Carlo Alberto Sitta, Ciro Sacchetti, Davide Borghi, Francesco Leali, Franco Villa, Lamberto Dolce, Leonardo Avella, Luciano Bozzoli, Luigi Borghi, Marta Menani, Matteo Borghi, Rino Petocchi, Roberto Castagnetti.**

Troverete i dettagli nella pagina "chi siamo" del nostro sito.

A seguito dell'assemblea del direttivo sono poi stati eletti il presidente ed il vice. Io ho accettato un altro quinquennio di presidenza, suggerendo però ai giovani ingegneri di cominciare a pensare chi sarà di loro a proporsi nel 2018.

Il vice presidente è Ciro Sacchetti, uno dei pilastri della nostra redazione, oltre che socio fondatore.

Tra i nuovi ingressi vediamo anche il prof. Carlo Alberto Sitta, attuale presidente della UTE (Università della Terza Età di Modena), che raccolte migliaia di iscritti.

È entrato nel Comitato direttivo del C.O.S.Mo. a titolo personale, come lo sono io nell'UTE dove insegno astronomia, astronautica e fisica e sono membro del consiglio direttivo e della commissione didattica. Entrambi però auspichiamo di riuscire nel tempo a costruire insieme sinergie utili ad entrambe le associazioni.

Sinergie che sono già avvenute in occasione dell'inaugurazione dell'anno accademico UTE dello scorso anno, presso l'Accademia militare di Modena, dove abbiamo ospitato l'astronauta

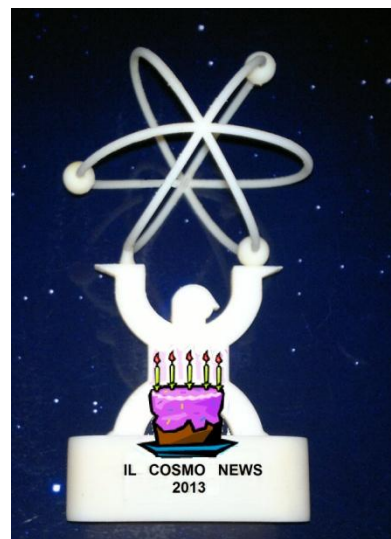
**Paolo Nespoli.**

Iniziativa fortemente voluta ed organizzata dalla nostra associazione, ma finanziata dalla UTE. In futuro potremmo anche pensare di programmare congiuntamente alcune gite tematiche di comune interesse. Facciamo un augurio di un buon proseguimento a tutti per i prossimi cinque anni.

Nel momento in cui scrivo ho appreso della morte di Rino Petocchi, un nostro fondatore. Una tragedia annunciata ma che lascia comunque senza parole. Un amico fedele che se ne va e che lascia un vuoto, non solo nell'associazione ma nel cuore dei suoi amici e nel mio in particolare. Ciao Rino! Quando guarderemo le stelle penseremo a te.

*Il presidente Luigi Borghi.*

e-mail: [borghiluigi23@gmail.com](mailto:borghiluigi23@gmail.com)



## In Breve

### Astronautica

*CubeSat.*

**di Davide Borghi.**

Pag. 2

### Fisica in cucina

*L'azoto liquido in cucina*

**di Leonardo Avella**

Pag. 7

### Astrofisica

*I Buchi Neri non smettono di stupire*

**di Luigi Borghi.**

Pag. 19

### Fisica

*Determinazione della densità dell'aria*

**di Franco Villa.**

Pag. 29

### Astronautica

*Il programma Mercury*

**Di Ciro Sacchetti.**

Pag. 32



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

## CubeSats

di Davide Borghi

Quando si arriva a Cape Canaveral in Florida, dopo aver parcheggiato l'auto, si entra in una sorta di museo a cielo aperto con missili di ogni tipo (ma il possente Saturn V non si trova qua, e' a diverse centinaia di metri). Poi si nota una parete verticale bella alta, pavimentata con grandi mattonelle di marmo nero. Ogni mattonella e' un astronauta (americano), o un gruppo di essi, che ha perso la vita nella corsa allo spazio. La maggior parte delle mattonelle sono ancora vuote, senza nome. L'ente spaziale USA in questo modo vuole dare un forte messaggio: Andare nello spazio e' pericoloso. Non siamo fatti per questo.

Dopo la grande cavalcata degli anni '60 del XX secolo le missioni umane fuori dall'orbita bassa terrestre, hanno subito una brusca battuta d'arresto. Ma le missioni robotizzate hanno continuato la cavalcata. Siamo arrivati, oltre che sulla Luna alcune decine di volte, su Marte (una marea di sonde soprattutto americane), su Venere (un'altra marea di sonde soprattutto sovietiche), su Giove (Galileo-probe nel 1995 e la Galileo stessa nel 2003), sull'asteroide Eros (NEAR-Shoemaker nel 2001), su Titano (Cassini-Huyghens nel 2005), sull'asteroide Itokawa (Hayabusa nel 2005), sulla cometa Tempel (colpita dalla Deep Impact nel 2005). E il lander Philae della sonda Rosetta e' in via di atterraggio sulla cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko l'anno prossimo. La lista e' finita qua per gli atterraggi. Ma per le sonde interplanetarie e' molto più lunga, con la Giotto, le Pioneer 10 e 11 e le gloriose Voyager 1 e 2. Ma le mega missioni da miliardi di dollari sono sempre piu' rare. Spedire tonnellate di hardware nello spazio circumterrestre (orbite LEO) o interplanetario costa parecchio.

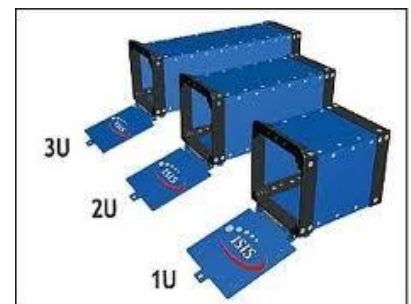
Andare nello spazio e' pericoloso. E costa.

Aggiungiamo infine che gli investimenti pubblici nel settore spaziale sono diminuiti drasticamente nelle ultime decadi, mentre sono aumentati quelli privati.

Tutti questi aspetti vanno fortemente a favore di satelliti automatici (per abbattere la pericolosità) e leggerissimi (per mitigare il costo), quindi piccolissimi (che permette fra l'altro di aggregarli a lanci già pianificati di satelliti tradizionali).



La tecnologia dei micro satelliti, anche detti CubeSats per la caratteristica forma cubica, e' stata esplorata per la prima volta da Bob Twiggs alla Stanford University e da Jordi Puig-Suari della California Polytechnic State University. I CubeSats vengono divisi in categorie:



- 1U: 10cm di lato lungo, 1,33Kg di massa
- 2U: 20cm di lato lungo, 2,66Kg di massa
- 3U: 30cm di lato lungo, 4,00Kg di massa

Associazione Culturale "Il C.O.S.MO." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 pag: 2 di 36

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 e' 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 de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

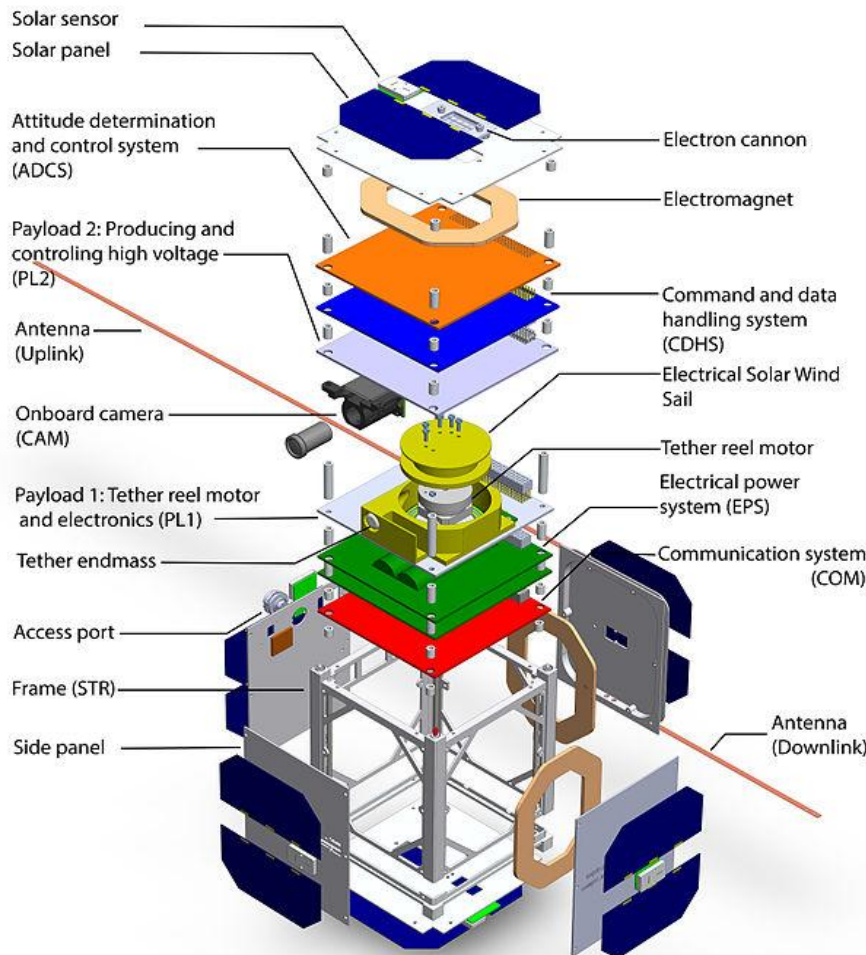
Ad oggi sono stati lanciati piu' di cento CubeSats con una percentuale di successi di circa il 75% che, tenendo conto che oltre meta' dei fallimenti sono stati dovuti al lancio fallito del razzo principale, porta ad una affidabilita' considerevole, considerato il *risky business* di cui stiamo parlando.

Gli obiettivi sono in genere suddivisibili in tre categorie:

- ricerca scientifica
- sviluppo di nuove tecnologie
- scopi didattici

Alcuni esempi di CubeSat per ricerca scientifica sono:

- il QuakeSat 1 di Stanford University, di tipo 3U, per monitorare segnali elettromagnetici che potrebbero essere precursori dei terremoti, lanciato nel 2003
- il GeneSat-1 della NASA che studia gli effetti dell'ambiente spaziale sul batterio E.coli, lanciato nel 2006
- il RAX di University of Michigan per monitorare il plasma che puo' danneggiare le trasmissioni satellitari, lanciato nel 2010



Esempi di CubeSat per sviluppare nuove tecnologie sono:

- il NanoSail-D2 della NASA, di tipo 3U, che ha rilasciato nel 2011 la prima vela solare funzionante

- i tre MAST (Multi Application Survivable Tether): un trio di tre 1U CubeSats, due che tengono teso un cavo (tether) lungo 1Km e uno che si muove su e giu lungo il cavo esaminandone i danni da micrometeoriti. Lanciato nel 2007 ottiene solo un parziale successo a causa di problemi nello svolgimento del cavo e nella comunicazione con la stazione di Terra

- il CanX-2 dell'University of Toronto, lanciato nel 2008, che diviene il primo CubeSat a cambiare la propria orbita con motori a gas freddo.

- il FalconSAT-7 della US Air Force Academy, un 3U che fungera' da telescopio a diffrazione in grado di cogliere immagini della superficie



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

terrestre con risoluzione di 1.7m, da una altezza di 450Km.

- il ExoplanetSat del MIT di Boston che monitorerà individualmente le stelle alla ricerca di esopianeti alieni tramite il metodo del transito.



Infine alcuni esempi di CubeSat a scopo didattico - accademico sono:

- il CubeSat dell'artista sud-coreano Hojun Song, che ha a bordo un LED ad alta potenza che trasmette segnali luminosi in codice Morse, precedentemente ricevuti via radio da Terra da operatori amatoriali
- simile è il giapponese FITSAT-1, rilasciato dalla ISS nel 2012, che trasmetteva segnali luminosi a Terra.
- il CubeSat dell'azienda privata Southern Stars, che manderà a fine 2013 Tweets di 120 bytes nella frequenza di 915MHz, prenderà immagini della superficie terrestre downloadabili da smartphone, e affronterà il de-orbit gonfiando un pallone di 3m di diametro che sarà visibile a occhio nudo.

Attualmente esistono due metodi di immissione in orbita dei CubeSats:

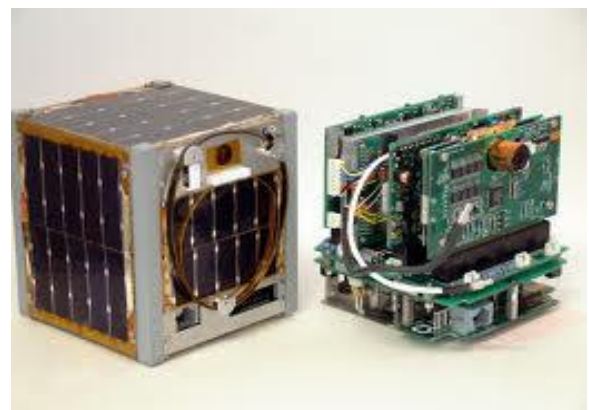
- ospitati piggyback su un razzo schedato per lanciare un satellite tradizionale, rilasciati tramite dispositivi a molla chiamati P-PODs (Poly-Picosat Orbital

Deployers). Costo: circa 100 mila dollari per un 1U, circa il doppio per un 2U e circa il triplo per un 3U.

- rilasciati dalla stazione spaziale internazionale ISS. Costo: circa la metà del precedente.
- la NASA ha anche pensato per un certo periodo di sviluppare lanciatori diretti di CubeSats, dedicati solo a questo. Partirebbero dalla superficie terrestre, da aerei o da palloni. Costo: potenzialmente un ordine di grandezza in meno dei precedenti, ma il programma è stato recentemente cancellato, lasciando tuttavia la porta aperta ai lanciatori privati.



Per farsi il proprio CubeSat è sufficiente utilizzare elettronica commerciale, una struttura portante in alluminio leggero e pannelli solari, forniti ad esempio dalla SpectroLab, una divisione di Boeing (produttore anche dei pannelli della ISS).





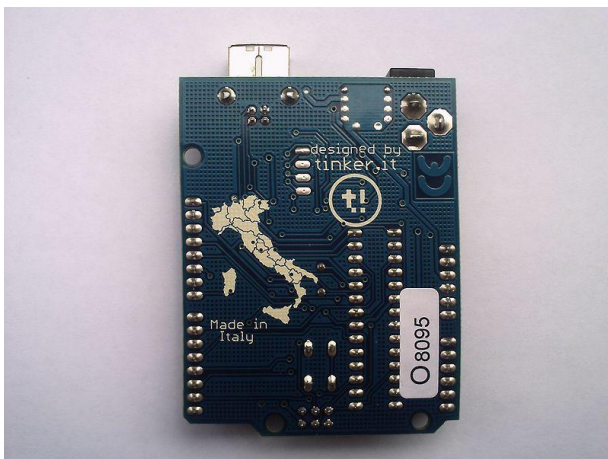
# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

Esiste anche tutta una schiera di venditori di CubeSats che forniscono già sotto-sistemi completi come video camere ad alta risoluzione, star trackers per la stima dell'assetto, ecc. Con tali componenti commerciali il costo totale di un CubeSat può arrivare a 30 mila dollari, ma facendo tutto in casa e limitando al minimo l'elettronica a bordo, Hojun Song ha fatto tutto con soli mille dollari (spendone poi 100 mila per il lancio a bordo di un razzo Dnepr russo).

Per quanto riguarda le condizioni ambientali, se il satellite rimane in orbita LEO (Low Earth Orbit), l'elettronica commerciale non dovrebbe avere problemi per un funzionamento limitato nel tempo, una volta che si sono presi alcuni minimi accorgimenti per tenere caldo il satellite, anche solo attraverso la potenza dissipata dall'elettronica stessa. Senza tale fonte di calore, infatti, il satellite potrebbe variare la propria temperatura da 0C a 60C ad ogni orbita, comunque ben all'interno dei range termici di tanti circuiti integrati, ma potenzialmente deteriorante per le batterie. Anche le radiazioni non sono un grosso problema se si sta al di sotto dei 4000 Km, ovvero dove inizia a farsi sentire l'effetto della prima fascia di Van Allen.

C'è chi addirittura vi monta le italianissime schede elettroniche programmabili Arduino. Si tratta della californiana Nanosatsfi che, con la visione di democratizzare l'accesso allo spazio, ha già due satelliti in orbita e altri due in procinto di partire. Il nome del satellite è ovviamente ArduSat. Confesso che sono andato a vedere nella pagina "Careers"... Sono tutte Start-Ups



molto dinamiche e con potenziali enormi.

Per quanto riguarda la potenza elettrica, ricoprendo il cubo di pannelli solari si possono estrarre 1,5W in media su ogni orbita di 90min, mentre quando trasmette a piena potenza segnali verso Terra a 9600 bit-per-second (la banda passante dei modem del secolo scorso...) ha bisogno, temporaneamente, di 8W di picco.

Una soluzione potrebbe essere appoggiarsi ad una rete satellitare esistente come la Iridium, ma la cosa non è ancora possibile dal punto di vista dei permessi necessari.

La vita utile di un CubeSat in orbita va da poche settimane fino ad un massimo di 25 anni, dipendentemente dalla data di messa in orbita rispetto al ciclo di 11 anni del Sole, e dai parametri orbitali (la quota di rilascio in particolare).

Le prospettive sono dunque rosee per questo tipo di tecnologia, con nuovi orizzonti che si aprono allo stesso tempo:

- Aerojet Rocketdyne offre un piccolo razzo a idrazina per CubeSats che è in grado di fondare un 1U alla velocità di fuga dalla Terra.
- La Tether Unlimited (la stessa del trio MAST) offre un sistema di elettrolisi dell'acqua tramite energia solare per CubeSats, per poi usare ossigeno e idrogeno per la propulsione, che permetterebbe di caricare solo acqua e non propellente chimico, aggirando l'attuale divieto imposto per ragioni di sicurezza.
- Il MIT ha sviluppato un motore a ioni per CubeSats delle dimensioni di una moneta, che può fornire micro-propulsione per diversi mesi continuamente

Chissà', le nuove missioni di questi CubeSats, potranno forse vederli arrivare in orbita lunare, o ad impattare su asteroidi Near-Earth.

Per rendersi conto della vitalità del settore, basta dare un'occhiata anche solo ad alcuni dei siti degli sviluppatori di sotto-sistemi per CubeSat, di soluzioni chiavi in mano, e di lanciatori per CubeSats.





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

Alcuni fornitori di soluzioni hardware CubeSats:

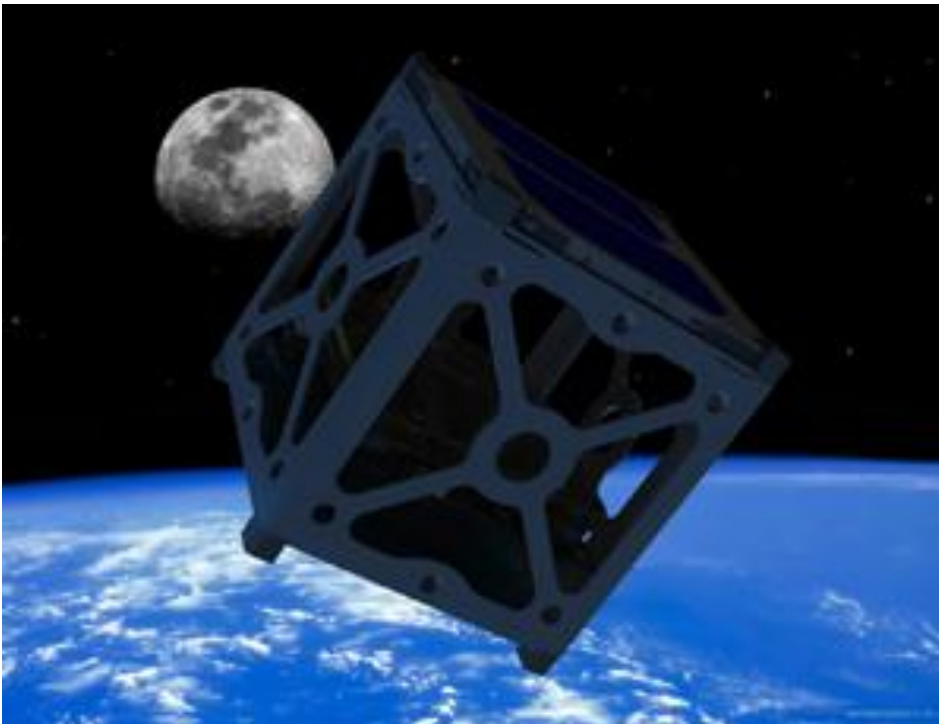
<http://andrews-space.com/>  
[http://www.astrodev.com/public\\_html2/](http://www.astrodev.com/public_html2/)  
<http://www.clyde-space.com/>  
<http://www.gomspace.com/>  
<http://www.isispace.nl/cms/>  
<http://www.cubesatkit.com/>  
<http://www.tethers.com/>  
<https://www.ardusat.org/>  
<http://www.nanosatisfi.com/>

Alcuni fornitori di soluzioni di lancio per CubeSats:

<http://www.spacex.com/>  
<http://www.cubesat.org/>  
<http://www.orbital.com/spacelaunch/>  
<http://nanoracks.com/>  
[http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats\\_initiative.html](http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative.html)  
<http://spaceflightservices.com/>  
<http://www.eurockot.com/>  
<http://www.utias-sfl.net/>  
<http://www.earth2orbit.com/>

Bibliografia:

Tim DeBenedictis – Amateur Space Exploration – SKY&Telescope – November 2013  
<http://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/cubesat/mission/V/index-e.html>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/CubeSat>  
<http://www.universetoday.com/103663/what-can-you-do-with-a-cubesat/>  
<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cubesat-concept>  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_structure\\_of\\_cubesat\\_ESTCube-1\\_eng.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_structure_of_cubesat_ESTCube-1_eng.jpg)  
<http://www.engadget.com/2012/10/17/visualized-cubesat-micro-orbiters-slip-into-space/>  
<http://libre.adacore.com/tools/spark-gpl-edition/community/>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/ArduSat>  
<http://www.arduino.cc/>





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo." - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

## L'azoto liquido in cucina

E' dai tempi dell'università che questa sostanza misteriosa ha catturato le mie attenzioni.

Ricordo la meraviglia quando in una pausa tra le lezioni arrivò il camioncino con la cisterna ed una nuvola di vapore bianco si sprigionò all'apertura della valvola. Ricordo anche che il tubo rigorosamente metallico si ricoprì immediatamente di ghiaccio.

Passano gli anni e questo liquido incolore e inodore ma così affascinante e misterioso rimane impresso nei miei ricordi, senza la possibilità di vederlo di persona e poterci giocare. Eh già, perché non è facile procurarsi questa strana sostanza.

Gli anni passano, ma la voglia di sperimentare rimane sempre viva, anzi si rafforza quando di recente scopro il Blog di Davide Cassi, docente a Parma di fisica della materia.

<http://gastronomoscientifico.blogspot.it/>

Ma la vera svolta avviene quando leggo su Facebook che a Casalgrande il 21 settembre 2013 c'è una conferenza del simpatico professore; decido d'impulso... Ci vado!

Mi siedo nelle prime file, in modo da poter ascoltare meglio. Il suo parlare semplice, che trasuda cultura e passione senza essere pesante (è anzi simpatico ed originale), capace di catturare l'attenzione mi fa ritornare con ancora più determinazione la voglia di provare a sperimentare con mano le meraviglie dell'azoto liquido in cucina.

## Di Leonardo Avella

professore, davanti ad una piadina gentilmente offerta dagli organizzatori. L'incontro mi fa scoprire anche che il grande dott. Cassi ha scritto nel 2005 un libro dal titolo "Il gelato estemporaneo".

Me lo devo procurare! Scopro da subito purtroppo che il libro non si trova più né in libreria né su IBS, né su Amazon. Con molta pervicacia riesco però a trovarne una sola copia sul sito di libri usati libraccio.it.

Lo leggo voracemente e decido che, prendendo qualche spunto dai racconti originali e divertenti del professore, ne farò un articolo per la rivista del nostro circolo.

### Cosa è l'azoto?

Io più lo conosco perché nella sua forma liquida brucia le verruche, ma è molto più diffuso nella nostra atmosfera (che infatti ne è composta per circa il 78%).

L'azoto che respiriamo ogni giorno è composto da due atomi legati tra loro; in effetti sarebbe più corretto chiamarlo azoto molecolare (formula chimica N<sub>2</sub>), ma d'ora in avanti lo chiameremo più semplicemente azoto.

È stato scoperto alla fine del diciottesimo secolo da **Lavoisier** e **Chaptal**.

Nel 1786 Lavoisier lo isola per primo e lo chiama "Azote", dal greco A- (= senza) e Zoe (= vita).

[http://it.wikipedia.org/wiki/Antoine-Laurent\\_de\\_Lavoisier](http://it.wikipedia.org/wiki/Antoine-Laurent_de_Lavoisier)



Chaptal nel 1790 suggerisce il nome "nitrogenium", ovvero generatore del nitro (il nome antico del nitrato di potassio)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Jean-Antoine\\_Chaptal](http://it.wikipedia.org/wiki/Jean-Antoine_Chaptal)

<http://www.airliquide.com/en/company/our-businesses-our-products/air-gases/nitrogen-8/the-history-of-nitrogen.html>

Da qui derivano le origini delle due differenti radici linguistiche per questa sostanza. Per gli inglesi si chiama "nitrogen", per gli italiani "azoto", per i francesi "azote"; gli spagnoli lo chiamano "nitrógeno".

Questi due giganti della scienza (il primo dei quali fu decapitato durante la rivoluzione francese) ebbero però modo di studiarlo solo nella sua forma gassosa.

Il pomeriggio è reso ancora più memorabile dalla possibilità di parlare a quattr'occhi con il mitico



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

Bisognerà attendere fino al 1878 per vederlo apparire in forma liquida. **Cailletet** secondo alcuni (**Pictet** secondo altri) fu il primo artefice di questa magia.

[http://it.wikipedia.org/wiki/Louis\\_Paul\\_Cailletet](http://it.wikipedia.org/wiki/Louis_Paul_Cailletet)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Raoul\\_Pictet](http://it.wikipedia.org/wiki/Raoul_Pictet)

Menzioniamo qui anche **James Dewar** (poi capirete perché): fu colui che per primo riuscì nell'impresa di liquefare l'idrogeno nel 1898. Massimo rispetto per Dewar, ricordiamo che la temperatura di ebollizione dell'idrogeno è pari a  $-252,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ !!

[http://it.wikipedia.org/wiki/James\\_Dewar](http://it.wikipedia.org/wiki/James_Dewar)

[http://www.treccani.it/enciclopedia/dewar\\_\(Enciclopedia\\_Italiana\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/dewar_(Enciclopedia_Italiana)/)

Posso solo immaginare l'eccitazione di questi pionieri! La prima volta che guardi l'azoto nella sua forma liquida capisci che non è roba di questa terra: un liquido che se ne sta a circa  $-200$  gradi centigradi non può esistere in natura sul nostro pianeta.

Ed infatti esiste su altri pianeti del sistema solare: su Tritone (satellite di Nettuno) nel 1989 la sonda Voyager scopre dei vulcani che eruttano azoto liquido. Su tale satellite, come su Ariel (luna di Urano) fa un po' freschino, al punto che l'azoto presente è in gran parte allo stato solido. Diciamo che non è l'ambiente ideale per passarci le vacanze!

[http://it.wikipedia.org/wiki/Tritone\\_\(astronomia\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Tritone_(astronomia))

[http://it.wikipedia.org/wiki/Ariel\\_\(astronomia\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Ariel_(astronomia))

Ma torniamo al nostro amico azoto: la produzione industriale della sua forma liquida poté iniziare solo quando Carl von Linde nel 1903 inventò il "processo Linde" attraverso il quale riuscì a liquefare l'aria.

[http://it.wikipedia.org/wiki/Processo\\_Linde](http://it.wikipedia.org/wiki/Processo_Linde)

Il processo Linde fa di più: scompone l'aria nei suoi costituenti. Dopo aver liquefatto l'aria e quindi aver ottenuto un fluido contenente tutti i componenti dell'aria in forma liquida, prevede tramite distillazione la separazione l'azoto dall'ossigeno e da tutti gli altri componenti (come argon e  $\text{CO}_2$ ).

Ma cosa significa separazione tramite distillazione? Supponiamo di voler separare l'ossigeno dall'azoto. L'ossigeno bolle a  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$  e l'azoto a  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  quindi, se dopo averli liquefatti entrambi, si mantiene una temperatura intermedia tra i due punti di ebollizione, l'azoto evaporerà e potrà essere condotto e distillato (leggi liquefatto)

in un altro recipiente, mentre l'ossigeno rimarrà liquido nel recipiente di partenza.

Anche oggi il modo più facile di procurarsi azoto è ricavarlo direttamente dall'aria. I macchinari che attualmente estraggono l'azoto e lo rendono liquido lo estraggono proprio dall'aria che respiriamo ogni giorno.

## A cosa può servire?

Prima di iniziare enuncio le regole d'oro dell'azoto liquido in cucina, si sa mai che qualcuno dopo aver letto questo paragrafo voglia provare...

**Regola 1: mai chiudere i recipienti contenenti azoto liquido**

**Regola 2: lasciare sempre aperta una finestra quando si gioca con l'azoto liquido**

**Regola 3: non toccare l'azoto liquido né versarlo sui vestiti**

Bene, adesso possiamo iniziare!

Come reagente chimico è veramente scarso: non reagisce con nulla se non a temperature altissime e anche a tali temperature lo fa molto svogliatamente. Ad ogni respiro, quando inspiriamo lo portiamo nei polmoni e quando espiriamo lo buttiamo fuori tale e quale, senza averlo usato o modificato in nessun modo.

Dal punto di vista biologico/metabolico è una specie di sostanza inutile alla quale il nostro corpo ha dovuto adattarsi.

Come possiamo fare a rendere questo fannullone della chimica utile in qualche modo? L'uomo che con la sua intelligenza è alla continua ricerca di applicazioni nuove alle sue apparentemente inutili scoperte decide di usarlo in modo geniale... Lo mette al posto di un birbante (l'ossigeno) in modo che ne eviti i danni!

L'ossigeno tra gli elementi chimici è uno dei più vivaci: ossida tutto quello che incontra, dal ferro (che sotto alla sua azione arrugginisce) alla mela che appena tagliata diventa scura.

Nell'industria alimentare hanno dunque pensato di inserire il tranquillo e flemmatico azoto nelle confezioni degli alimenti al posto dell'aria (aria che contiene anche quel briccone dell'ossigeno).

E' la famosa "**atmosfera modificata**".





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo." - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

<http://www.uniprom.it/cd2/atmosfera.htm>  
[http://it.wikipedia.org/wiki/Atmosfera\\_protettiva](http://it.wikipedia.org/wiki/Atmosfera_protettiva)

In cucina, quello che per i chimici è un difetto (la sua scarsa reattività), unita alle sue caratteristiche di essere perfettamente inodore ed incolore, diventa una manna: si potrà usare come puro vettore di freddo; non dà effetti collaterali quali conferire sapore ai cibi o modificarne la composizione.

Ok ma quanto freddo può trasportare l'azoto liquido?

Risposta semplice: TANTO TANTO FREDDO.

Risposta complessa: è un argomento che vale la pena approfondire. Iniziamo con una banale ma interessante osservazione: se prendiamo un po' di azoto liquido e lo versiamo in un recipiente a temperatura ambiente e pressione atmosferica questo inizierà a bollire. Sì, proprio a bollire!

Un liquido bolle quando, a causa del calore immesso, passa dallo stato liquido a quello gassoso; durante l'ebollizione il liquido restante rimane alla stessa temperatura.

L'acqua al livello del mare bolle quando raggiunge una temperatura di +100 °C. È per questo che nelle ricette di cucina si usa indicare solo il tempo di cottura. Perché la temperatura dell'acqua in ebollizione è nota!

Un cibo si può cuocere anche a temperature inferiori (es: 70 °C) e con tempi più lunghi ma è molto complicato controllarne la temperatura. Un giorno forse potremo comprare macchinari che cucinano mantenendo l'acqua a temperature inferiori ai 100 °C, oggi chi volesse farlo dovrebbe mettere i cibi in lavastoviglie, ma questa è un'altra storia...

Torniamo al nostro azoto: bolle proprio come l'acqua, ma a - 196 °C!!! Durante l'ebollizione, proprio come l'acqua, la sua temperatura rimane costante. Per lui una temperatura normale in casa, ad esempio 24 °C, è 220 °C sopra il suo punto di ebollizione; ha tutte le ragioni di bollire ferocemente quando lo versate in un pentolino di cucina!

Mentre l'acqua prende il calore necessario ad evaporare dalla fiamma del fornello, l'azoto lo prende dall'ambiente circostante. E' per questo motivo che raffredda tutto ciò con cui entra in contatto.

Abbiamo stabilito che ci servirà come puro vettore di freddo. Sì, ma quanto freddo? Cerchiamo di essere ancora più precisi.

Prendiamo un kg di azoto liquido ad una temperatura inferiore a quella di ebollizione;

accompagniamolo lungo il suo percorso di riscaldamento fino alla temperatura ambiente (che poi è quello che faremo in cucina quando lo verseremo su liquidi quali latte, succo di frutta, spremuta,...).

In fisica l'unità di misura del calore è la kilocaloria. Una kilocaloria (d'ora in avanti nominata più semplicemente caloria) è il calore che serve a scaldare di un grado un kg di acqua. Ad esempio per scaldare di 8 gradi 6 litri d'acqua serviranno 48 calorie. Per l'azoto liquido invece bastano metà calorie: ci vogliono 0,49 calorie per far aumentare di un grado la temperatura di un kg di azoto liquido.

Abbiamo affermato che quando un liquido arriva ad ebollizione, anche se si aggiunge calore, la temperatura del liquido restante non aumenta; questo calore viene usato dalle molecole del liquido per disporsi in maniera diversa e così evaporare. Ebbene, per far evaporare completamente un litro d'acqua (già alla temperatura di ebollizione) ci vogliono circa 542 calorie (in altre parole il calore latente di evaporazione dell'acqua è pari a 542 calorie).

Per far evaporare un litro di azoto nelle stesse condizioni bastano 47,7 calorie!

Una volta che il nostro kg di azoto è passato allo stato gassoso gli basteranno 0,25 calorie per aumentarne la temperatura di un grado. L'acqua ancora una volta è più "esosa" e ne richiede circa il doppio ( il calore specifico dell'acqua allo stato gassoso è 0,48 calorie/[grado\*kg]).

Abbiamo detto che tutto questo calore il nostro kg di azoto lo prende dall'ambiente circostante o dagli alimenti in cui lo versiamo, alimenti che quindi si raffredderanno all'istante!

Un kg di azoto liquido a -200 °C, per arrivare a 20 °C, assorbirà dall'ambiente circostante:

- Circa 2 calorie per arrivare alla temperatura di ebollizione
- Circa 48 calorie per evaporare completamente
- $(196+20)*0,25 = 54$  calorie per arrivare alla temperatura ambiente di 20 °C

Totale circa 104 calorie.

Un chilo di azoto è quindi capace di abbassare istantaneamente la temperatura di due litri di acqua calda a 52 °C fino a 0 °C! Direi abbastanza notevole!!

E' bene anche tenere a mente di quanto si espande un litro di azoto liquido quando (alla



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo." - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

pressione atmosferica) viene portato alla temperatura ambiente. Ebbene questo litro va ad occupare circa 0,7 metri cubi di aria.

## Come si usa?

Dopo questo noioso elenco di numeri avrete capito si può usare principalmente con tre finalità:

1. **raffreddare moolto**
2. **raffreddare mooolto in fretta**
3. **creare delle bolle all'interno dei cibi** grazie alla sua espansione (che avviene quando scaldandosi diventa un gas)

1. **Raffreddare molto** non serve granché in cucina, si pensi che sotto gli zero gradi la lingua perde gran parte delle sue capacità di distinguere i sapori. Detto questo, per raffreddare molto basta immergere l'oggetto nell'azoto liquido; quando l'azoto intorno avrà smesso di bollire sappiamo che l'oggetto avrà raggiunto la temperatura di - 196 °C. Maneggiate con cura! Il rischio di ustioni è molto alto con oggetti così freddi (che tra l'altro hanno la fastidiosissima abitudine di attaccarsi a mani, lingua, labbra o all'interno della bocca). Supponiamo di aver ghiacciato una pallina d'acqua e di averla portata quindi a - 196 °C. Prenderla in mano non è certamente consigliabile (si rischiano ustioni da freddo); anche metterla tra i denti non è una grande idea, potrebbe creparsi lo smalto!

2. **Raffreddare mooolto in fretta** è un'idea migliore, ed è realizzabile in cucina solo se si ha a disposizione un liquido criogenico quale l'azoto liquido. Presto vedremo il perché. Iniziamo col dire che non si ottiene lo stesso effetto se raffreddiamo lentamente o velocemente. Prendiamo ad **esempio l'acqua**. Se io la raffreddo molto lentamente, do tempo alle molecole di disporsi in maniera ordinata, come in un cristallo. Il risultato è un ghiacciolo perfettamente trasparente. Se la raffreddo un po' più in fretta, come in un freezer, lo strato di ghiaccio inizia a formarsi dall'esterno e concentra le impurezze sempre più al centro. Il risultato è un ghiacciolo trasparente ai margini ma bianco al centro.  
<http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica>

[.it/2010/02/05/il-ghiaccio-trasparente/](http://www.ilcosmo.net/it/2010/02/05/il-ghiaccio-trasparente/)

Raffreddare velocemente impedisce all'acqua di formare cristalli grandi (struttura policristallina). Si formano tanti cristalli piccolini la cui dimensione media dipende proprio dalla velocità di raffreddamento! Più raffreddiamo velocemente e più piccolini saranno i cristalli.

Non abbiamo ancora finito: se raffreddiamo mooolto velocemente non diamo tempo all'acqua nemmeno di formare piccoli cristalli. Le molecole, ghiacciando all'istante, rimangono nelle posizioni relative una all'altra di quando erano allo stato liquido: la struttura che si ottiene è quella di un vetro! Passiamo all'**esempio di un cibo solido** (es: un pezzo di carne o un pesce). Il raffreddamento rapido dà un grande vantaggio: impedisce all'acqua contenuta all'interno delle cellule di scappare, rovinando il cibo congelato. Spiego meglio: se congeliamo ad esempio un pesce, durante il processo di raffreddamento l'acqua all'esterno delle cellule ghiaccia prima rispetto a quella al loro interno. L'acqua ancora liquida all'interno delle cellule, "avvertendo" all'esterno un ambiente più secco, tenderà ad uscire; ogni cellula quindi si disidraterà rovinando la consistenza del cibo che risulterà più duro e legnoso. Se io il mio pesce lo surgelo (ovvero lo congelo velocemente immergendolo in azoto liquido), il raffreddamento avverrà così in fretta che l'acqua non avrà più tempo di uscire dalle cellule, lasciando intatta la consistenza durante la successiva cottura.

3. **Creare delle bolle all'interno dei cibi** è utile per dare agli stessi una consistenza cremosa; il gelato ne è l'esempio principe. Riprenderemo questo argomento successivamente.

Se vi venisse voglia di fare dei giochini per verificare quanto detto sopra, ricordo ancora le tre regole d'oro per l'utilizzo dell'azoto liquido:

**Regola 1: mai chiudere i recipienti contenenti azoto liquido**



# Il C.O.S.Mo. NEWS

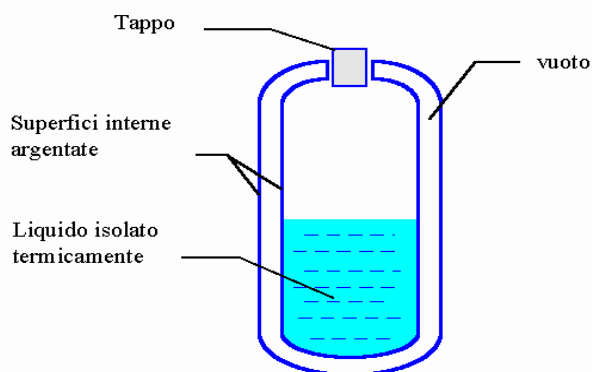
Rivista de "Il C.O.S.Mo." - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

**Regola 2: lasciare sempre aperta una finestra quando si gioca con l'azoto liquido**

**Regola 3: non toccare l'azoto liquido nè versarselo sui vestiti**

## Come procurarselo?

Prima di tutto bisogna procurarsi un contenitore adatto. Ricordate il nostro amico Dewar, quello che per primo era riuscito a liquefare l'idrogeno? Ebbene questo geniacchio del dottor Dewar, pochi lo sanno, inventò anche un oggetto di uso comune al giorno d'oggi: il thermos. In realtà non inventò un thermos normale: aveva bisogno di qualcosa che conservasse allo stato liquido il suo idrogeno, *mica studiava come schiacciare i punti neri alle coccinelle!* I suoi serissimi studi lo portarono a concepire un contenitore che utilizza una intercapedine isolante nella quale per evitare



il passaggio di calore è stato fatto il vuoto.

Il contenitore da lui concepito sfruttava anche altre diavolerie, come le superfici interne argentate per evitare che il calore sfuggisse tramite irraggiamento.

Lo avrete ormai capito, il contenitore più adatto a conservare l'azoto liquido è un recipiente denominato vaso di Dewar, [http://it.wikipedia.org/wiki/Vaso\\_di\\_Dewar](http://it.wikipedia.org/wiki/Vaso_di_Dewar), [http://en.wikipedia.org/wiki/Cryogenic\\_storage\\_dewar](http://en.wikipedia.org/wiki/Cryogenic_storage_dewar) ovvero un enorme thermos capace di contenere un sacco di litri di liquido, ben isolati con l'ambiente esterno.

Di Dewar ne esistono di due tipi: quelli che operano a pressione ambiente, dove il tappo è semplicemente appoggiato all'imboccatura (capienza fino a 25 litri), o quelli che operano in leggera sovra pressione.

Il Dewar che fa al caso nostro è quello che opera a pressione ambiente.



Dove acquistare il Dewar? Quale taglio prendere? Come ogni altro oggetto che la mente umana abbia concepito, anche il Dewar si trova su internet. I prezzi non sono popolari ma neanche esorbitanti.

Il taglio da 10 litri (quello da me consigliato se non avete un ristorante) fino a qualche anno fa costava intorno ai 1.000 euro, oggi con 300 euro se ne può acquistare uno di origine cinese.

Per trovare su internet il Dewar cinesone da 10 litri basta googlare "nitrogen yds 10", oppure "contenitori azoto liquido cucina cryofarm" e si trova ad esempio:

[http://italian.alibaba.com/promotion/promotion\\_yds-nitrogen-dewar-promotion-list.html](http://italian.alibaba.com/promotion/promotion_yds-nitrogen-dewar-promotion-list.html)

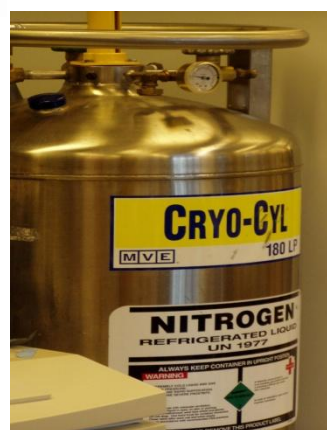
oppure questo:

[http://www.cryofarm.com/public/category/pdf/4390BIDONE\\_CUCINA\\_IT.pdf](http://www.cryofarm.com/public/category/pdf/4390BIDONE_CUCINA_IT.pdf)

f

O ancora questo:

<http://www.colaver.it/it/prodotti/337-vasi-dewar/3377191-vasi-dewar-con-apertura-stretta-e-tappo.html>



In alternativa si può andare su Ebay,

trovando offerte come questa:

<http://www.ebay.co.uk/itm/10-L-Cryogenic-Container-Liquid-Nitrogen-LN2-Tank-with-Straps-/230816631728>

Altra alternativa: Se siete di Modena e non vi piace il commercio elettronico, potete andare da





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo." - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

Martinelli srl in via Gandhi 2 (tel 059 250451) e vedere che prezzi vi fanno.

Il sito della Martinelli è il seguente:

<http://www.martinellimacchineutensili.com/homepage.htm>

Per quelli fuori Modena basta cercare "gas tecnici" su [paginegialle.it](http://paginegialle.it) e telefonare alle aziende che risultano dalla ricerca. Qui devo aprire una doverosa precisazione. Non sono ancora riuscito a trovare una società che venda a privati azoto liquido certificato per uso alimentare. Tutti i miei esperimenti li ho fatti acquistando semplice "Gas Tecnico". Qual è la differenza? Non ho ancora ottenuto risposte esausive, ma da quello che ho capito entrambi sono di solito estratti usando gli stessi macchinari. Mentre il "gas tecnico" viene semplicemente distillato dall'aria, quello per uso alimentare viene successivamente purificato da inquinanti, pollini, batteri, etc. che potrebbero essere presenti nell'aria e per essere venduto deve rispettare requisiti stringenti specificati nella Certificazione FSSC 22000.

[http://www.fssc22000.com/downloads/brochurefssc22000\\_it.pdf](http://www.fssc22000.com/downloads/brochurefssc22000_it.pdf) Sinceramente fino ad oggi non ho mai osservato residui nell'azoto usato e nessuno di noi ha avuto malesseri in seguito al suo utilizzo, quindi mi sento tranquillo. Mi rendo conto però di non aver ancora avuto il tempo di approfondire questo aspetto come meriterebbe.

Ma perché è necessario acquistare questo contenitore?

Per due motivi:

- Il primo (e più ovvio) è che è l'unico in grado di mantenere un liquido così freddo senza che evapori in pochissimo tempo.
- Il secondo motivo è che se non vi siete procurati un Dewar i rivenditori l'azoto liquido non ve lo danno.... Potreste anche provare ad autocostruirvelo, come ha fatto questo tipo del forum di [hwupgrade \(www.hwupgrade.it/forum/showthread.php?t=1950740\)](http://www.hwupgrade.it/forum/showthread.php?t=1950740), ma poi bisogna trovare un rivenditore altrettanto matto che ve lo riempia... Io non ci conterei troppo!
- Anche col Dewar, ed anche se al telefono il rivenditore vi rassicura sulla possibilità di vendita ai privati, aspettatevi di dover superare alcune diffidenze. La prima volta andateci preparati (fatevi vedere consapevoli dei rischi dell'azoto liquido così il rivenditore prenderà fiducia in voi e sarà più tranquillo). Viene venduto



abituamente a cliniche private, dermatologi, ospedali, università, ma il cuoco non è il suo cliente abituale!

Il rivenditore vi potrà vendere solo tanti litri quanta è la capacità del contenitore. Io la prima volta ne

ho chiesti 7 litri in un Dewar da 10 litri... Potete immaginare come mi ha guardato il fornitore...

Il motivo per cui il fornitore non può fare come il benzinaio è che quando l'azoto liquido viene versato nel contenitore i primi litri che vengono erogati servono a raffreddare il Dewar... L'azoto all'interno bollirà ferocemente e voi vedrete grandi sbuffi di vapore freddo uscire violentemente... Solo a questo punto vi renderete conto di quanto fosse stupida la vostra richiesta: è impossibile misurare quanti litri stiano uscendo dalla cisterna o quanti ne rimangano nel Dewar... E' possibile solamente stabilire quando il Dewar è pieno. Ve ne accorgete perché da quel momento un sacco di goccioline di azoto liquido impazzite cominceranno a correre sul pavimento dell'officina prima di scomparire in una bolla di vapore per effetto Leidenfrost.

Effetto Leidenfrost?!? Leidenfrost, chi era costui? Leidenfrost era un tizio ... Scherzavo, non era un tizio qualunque: anche lui come gli altri personaggi storici fin qui nominati è stato uno studioso. A differenza degli altri si specializzò in medicina e teologia.

Il fenomeno che prende il suo nome si osserva quando un liquido entra in contatto con una massa con una temperatura significativamente più alta del suo punto di ebollizione: si produce in questo caso un vapore isolante che impedisce al liquido di bollire rapidamente.

[http://it.wikipedia.org/wiki/Effetto\\_Leidenfrost](http://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_Leidenfrost)

Vediamo in azione questo curioso effetto:

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

<http://www.youtube.com/watch?v=vPZ7sx3EwUY>

Ok, adesso abbiamo il Dewarone e sappiamo che è pieno perché abbiamo osservato l'effetto



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

Leidenfrost. Dopo aver pagato il fornitore (costo circa 2 euro al litro), bisogna portare il prezioso carico verso casa!

Tra la bicicletta, la moto, l'autobus e l'automobile io sceglierei senza dubbio quest'ultima. Mi raccomando, prima di partire abbiate cura di legare bene il recipiente con delle cinghie in modo che non possa rovesciarsi e cadere durante il viaggio. Non si scherza, il rischio è quello della asfissia. Un pezzo di scotch sul tappo può aiutare a sentirsi più tranquilli.

Guidare piano, finestrini aperti e passa la paura!! Arrivati a casa, se avete un ascensore considerate anche l'eventualità di farvi le scale, aiuta il fisico e in caso di caduta del recipiente non rischiate il soffocamento. In alternativa fate viaggiare il Dewar da solo in ascensore (se ne farà una ragione...) . E' meglio conservare il contenitore in un luogo areato e possibilmente fresco (così il liquido evapora meno velocemente dunque dura di più): il garage o un posto in ombra in balcone vanno benissimo.

## Ok, ma quali utensili posso usare in cucina?

In questo paragrafo scopriremo che molte credenze sulla fragilità degli oggetti a contatto con



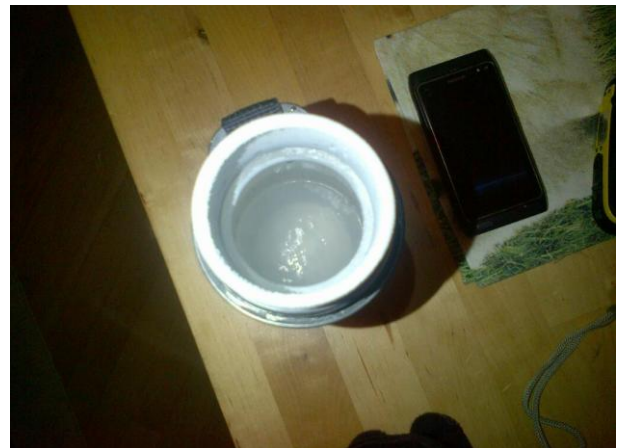
l'azoto liquido sono false.

**La prima necessità è quella** di usare **dei recipienti** un po' più comodi del nostro Dewarone. *Prima sorpresa:* i normalissimi thermos (io ne ho un paio acquistati da Decathlon) funzionano benissimo per lo scopo! Nella foto qui a sinistra potete vedere un thermos da me riempito con azoto liquido. Da notare la condensa del vapore acqueo che è ghiacciato all'imboccatura del contenitore.

Non ci credete?

Eccovi servite alcune foto (in quella dall'alto si vede chiaramente il magico liquido trasparente).

**La seconda necessità** è individuare **quali attrezzi di cucina** sono più adatti per le preparazioni culinarie. Sicuramente tutti i contenitori di metallo vanno bene (preferibilmente



alluminio ma anche l'acciaio inox). Qui abbiamo la *seconda sorpresa*: è vero che il vetro è sconsigliato perché lo shock termico lo può crepare, ma io e Chiara abbiamo provato ad usare un contenitore in vetro temperato (Pyrex) senza nessun problema. Se avete tanti esperimenti da fare, ricordatevi che ogni volta che versate l'azoto liquido in un recipiente solo una parte di questo raffredderà il cibo, la maggior parte dovrà raffreddare il recipiente. Un contenitore metallico con le pareti sottili si raffredda più velocemente di un contenitore isolante (e quindi consuma meno azoto quando lo verso), poi però col tempo disperderà più calore verso l'ambiente esterno rispetto ad un contenitore isolante.





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

La regola generale è: se voglio ottenere il raffreddamento versando l'azoto dentro un recipiente che contiene la miscela da raffreddare (*raffreddamento per mescolamento*), allora è meglio un contenitore metallico. Se invece il *raffreddamento* avverrà *per immersione* allora conviene versarlo in un isolante come il già citato Pyrex; sono adattissime anche le vaschette in polistirolo per il gelato o quelle (sempre in polistirolo) per trasportare le mozzarelle (queste ultime hanno anche il vantaggio che sono più capienti). Naturalmente un contenitore metallico va maneggiato con cautela (come quando si maneggia un contenitore bollente), ovvero con presine o strofinacci da cucina. Il contenitore di

contatto con il liquido da raffreddare, quest'ultimo non faccia in tempo ad evaporare ma cominci a



polistirolo si può prendere direttamente con le mani, facendo molta attenzione a non rovesciarsi addosso il contenuto.

La plastica non è adatta.

Rispetto al polistirolo i metalli o il Pyrex sono più scenografici, dato che si ricoprono presto di un magico strato di brina.

Mai usare motorini elettrici per mescolare il liquido che volete raffreddare. Nessun pericolo, per carità, ma se raffreddate troppo il liquido potrebbe ghiacciarsi impedendo alle pale di girare; il rischio è quello di fondere il motorino elettrico del vostro frullatore preferito!

Altra accortezza importante: versate l'azoto liquido lentamente. Se versiamo troppo velocemente potrebbe succedere che, entrando a

schizzare dappertutto! Un'evaporazione così veloce potrebbe anche montare molto velocemente il preparato, che potrebbe uscire dal recipiente insieme al liquido criogenico.

Prima di tutto è buona norma trovare un posto sicuro dove tenere temporaneamente il Dewar durante gli esperimenti, lontano dalla portata dei bambini e vicino alla cucina. Il balcone è il posto più adatto. Per riempire i thermos è consigliabile individuare un luogo ampio e ben areato. Suggestivo di riporre i thermos uno alla volta sul pavimento. L'operazione è piuttosto delicata ed è meglio se viene fatta in due: 10 litri di azoto pesano comunque 8 Kg e il contenitore ne pesa altri 6. Dobbiamo togliere il tappo dal bidone, impugnare con una mano il manico e con l'altra sollevarne il fondo. Inclinate con cautela il Dewar fino a quando non vedete uscire l'azoto. Meglio fare queste operazioni molto lentamente! Quando il liquido inizierà ad uscire, esso sarà accompagnato da una grande quantità di fumo. E' un fumo strano, che va verso il basso invece che verso l'alto; non è nocivo: si tratta di condensa di vapore acqueo. Se tentate di soffiare via questo fumo freddo per smarrirlo, invece di diminuire aumenterà: il vostro fiato, infatti, oltre che caldo è anche umido e non farete altro che aumentare il fenomeno di condensa. Alla fine delle operazioni di riempimento appoggiate il/i thermos sul tavolo in cucina e riponete il Dewar al suo posto.

Magari vi piacerebbe sapere quanto azoto è ancora presente nel contenitore dopo questa prima operazione: ebbene, guardando dall'alto l'imboccatura del Dewar si vedrà solo la fastidiosa





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

nebbiolina. Per sapere quanto azoto abbiamo ancora disponibile bisogna inventarsi qualcosa di diverso.

Un primo metodo potrebbe essere l'analogo dell'astina per l'olio motore: si prende una asta fatta di un materiale isolante, la si immerge per qualche secondo in posizione verticale, la si estrae e si osserva fino a che livello si forma la brina. Ebbene, quello è il livello residuo del liquido nel vostro contenitore. Il contenitore però non sempre è di forma regolare, quindi non possiamo avere un'indicazione precisa sui litri restanti.

Nota bene: non è una buona idea usare un tubo cavo per fare questa operazione (come ad esempio la stecca in carbonio di un aquilone). L'azoto infatti inizia a bollire anche all'interno del tubo ed immediatamente si espande formando uno sbuffo di vapore che fuoriesce misto a goccioline molto fredde dall'altra estremità della stecca. Non è una buona idea nemmeno usare un'asta sottile di plastica; il freddo potrebbe sbriciolarla. Il legno è forse il materiale migliore per questa operazione.

Ma se voglio sapere esattamente quanto azoto è rimasto nel Dewar, esiste un altro metodo più preciso. In questo caso devo innanzitutto conoscere il peso del contenitore quando è vuoto. Per scoprire quanto azoto è presente all'interno del Dewar, basta effettuare una nuova pesata ed usare un po' di matematica.

Sappiamo che un litro pesa 808 grammi, quindi ci basta applicare la seguente formula:

$$\frac{(\text{Peso Dewar attuale espresso in grammi} - \text{Peso Dewar vuoto espresso in grammi})}{808} = \text{litri rimanenti.}$$

Ai seguenti link sono presenti un po' di informazioni tra cui la "massa specifica" di 808 grammi/litro dell'azoto liquido.

[http://www.cerindustria.it/allegato/pagina\\_allegato\\_allegato\\_83\\_SC%20TEC%20AZOTO%20LIQUIDO%20E%20941.pdf](http://www.cerindustria.it/allegato/pagina_allegato_allegato_83_SC%20TEC%20AZOTO%20LIQUIDO%20E%20941.pdf)

[http://www.messeritalia.it/Schede\\_tecniche/Azoto.pdf](http://www.messeritalia.it/Schede_tecniche/Azoto.pdf)

Qui si possono trovare le schede di altri gas "tecnici"

[http://www.messeritalia.it/Schede\\_tecniche/index.html](http://www.messeritalia.it/Schede_tecniche/index.html)

## E' il momento dei primi esperimenti. Siete pronti?

Divideremo i nostri esperimenti culinari in due macro categorie:

- Raffreddamenti per immersione
- Raffreddamenti per mescolamento

Ne abbiamo già accennato quando parlavamo dei contenitori isolanti e di quelli metallici, ricordate?

### Raffreddamenti per immersione

Con questa tecnica si possono provare tante cose divertenti.

Se facciamo cadere alcune gocce d'acqua (ed il recipiente di azoto è sufficientemente profondo), queste si ghiacceranno prima di toccare il fondo e manterranno la loro forma sferica. Raccogliamole con un paio di pinzette o con un colino. Abbiamo appena creato la grandine artificiale! Possiamo ripetere l'esperimento con un succo di frutta. Se raccogliamo le palline entro pochi secondi, quindi quando non sono ancora diventate troppo fredde, possiamo provare ad assaggiarle e meraviglia... con qualche prova potrete essere in grado di creare un cibo ghiacciato fuori e appena morbido (quasi gelatinoso) dentro! Mi raccomando mettetele tra i denti prima che sulla lingua, innanzitutto perché se sono ancora molto fredde non rischiate di ustionarvi, poi perché ne potete apprezzare meglio la consistenza provando a sgranocchiarle...

Con alcuni liquidi (ad esempio l'olio) si formeranno delle sfere cave, al cui interno si trova dell'azoto che è rimasto intrappolato mentre scaldandosi evaporava. Potrebbero essere di effetto per condire un'eccentrica insalata!

Con la crema o la maionese, che sono di solito sufficientemente dense, (sempre per immersione) si potranno formare dei riccioli molto coreografici, utili per decorare un piatto.

E' divertente anche giocare con la frutta: con un po' di pratica si possono ottenere spiedini ghiacciati (dunque croccanti) fuori e ancora morbidi dentro.

La nostra eccentrica insalata di cui abbiamo parlato poco fa potrebbe anche essere condita con niente popò di meno che aceto in polvere! Come? Semplice! Ghiacciamo l'aceto immergendolo a lungo nell'azoto liquido poi lo possiamo letteralmente sbriciolare prendendolo a martellate... che è anche un ottimo rimedio anti stress dopo una giornata pesante!

Lo stesso effetto si può ottenere se prendiamo un fiore dai petali grandi ma sottili, l'immersione in azoto liquido lo renderà fragilissimo: scagliato con forza contro un muro i petali si ridurranno in mille



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

minuscoli pezzettini. Possiamo approfittare delle proprietà "sbriciolanti" dell'azoto per ridurre un wurstel crudo in polvere finissima (sempre grazie alle nostre martellate liberatorie dopo che è stato surgelato). Nascosto tra la mozzarella fusa darà sapore alla pizza senza farsi vedere.

Ricordiamo che surgelare intrappola gli aromi e polverizzare aumenta la superficie di contatto con l'aria. La polvere "criogenica" libererà mentre si scioglie aromi più intensi. Vi piace il pesce? Potrete sbriciolare le vostre cozze e le vostre vongole appena cotte ed unirle alla pasta fumante subito prima di servire il piatto in tavola... Gli aromi fortissimi e la mancanza a prima vista dei colpevoli di tali squisiti aromi lascerà di stucco il vostro invitato!

Una fonte di divertimento puro sono poi gli alcolici... Troppo facile creare i ghiaccioli istantanei a partire dal succo di frutta usando gli stampini dedicati; più divertente (e sono impossibili da trovare in negozio) se fatti a base di birra o vino. Attenzione però che la temperatura di fusione dipende dal grado alcolico della bevanda: più è alcolica, più deve essere fredda per poter ghiacciare. Una bevanda con un tasso alcolico del 15% fonde a -5 °C. Non è consigliabile spingersi oltre.

Sempre a base alcolica possiamo fare le crocchette di birra: si prende la birra, la si cuoce fino a che non si è ridotta a circa metà del volume originario, poi la si monta con una frusta di metallo versando un po' di azoto liquido nel recipiente. Quando la schiuma ha raggiunto la consistenza giusta, la si prende con un normalissimo cucchiaino e la si fa cadere dentro una ciotola precedentemente riempita con azoto liquido. Lasciarla qualche secondo a congelare nella ciotola, poi servirla immediatamente.

La schiuma ghiaccia all'istante creando qualcosa che assomiglia come forma e come consistenza ad uno spumino, ma dal sapore di birra!!

Se la vostra birra non produce abbastanza schiuma potete riciclarla facendone un gelato, ma questo è argomento del prossimo paragrafo...

Termino questo paragrafo consigliandovi un paio di video:

Zabaione all'azoto liquido

<http://www.youtube.com/watch?v=FUMO3KtpHG>  
[E](#)

Davide Cassi su Rai 1 che ne decanta le proprietà  
<http://www.youtube.com/watch?v=s7sTRk9O3Hc>

## Raffreddamenti per mescolamento

Il secondo tipo di raffreddamento si distingue per due caratteristiche: innanzitutto l'azoto viene versato sull'alimento, poi il preparato deve essere un liquido, dato che lo dobbiamo mescolare mentre versiamo l'azoto.

È consigliabile usare per questi esperimenti una bastardella, o comunque una pentola di metallo. Il motivo è che il metallo può essere graffiato con la frusta senza temere che si stacchino dei pezzi; in secondo luogo è più facile staccare dal fondo del contenitore i pezzi troppo ghiacciati.

È meglio trovarsi un compagno che vi aiuti, mescolare un preparato mentre si versa l'azoto liquido con l'altra mano può essere rischioso. Chi guida le danze qui è colui che mescola, che dovrà dare indicazioni a chi versa.

Il "mescolatore" può, se preferisce, usare dei guanti. È importante però che non gli precludano la sensibilità e la manualità. La pentola di metallo può diventare molto fredda quindi è consigliabile, se non si vogliono indossare i guanti, usare una presina o un burazzo per impugnare il manico della pentola.

I due prodotti principe di questa tecnica sono le granite ed i gelati. La consistenza dei due preparati è molto diversa: mentre la cremosità delle granite dipende dal fatto che ci sono micro cristalli di ghiaccio in acqua (**sospensione**), quella dei gelati dipende anche da altri due fattori: la presenza di molecole che contengono contemporaneamente sia un gruppo idrofilo che un gruppo idrofobo e quindi si legano contemporaneamente all'acqua ed ai grassi (**emulsione**) poi la presenza di bollicine d'aria (o nel nostro caso di azoto) che creano quindi una **schiuma**.

Ma torniamo alla nostra granita. Sappiate che tutte le granite che potete trovare in gelateria contengono zuccheri. Questo perché, oltre a rendere il prodotto più gustoso per la maggior parte dei clienti, rende molto più semplice ottenere un discreto risultato anche con i metodi tradizionali. Lo zucchero infatti abbassa la temperatura di congelamento dell'acqua e rende più facile la formazione di piccoli cristalli di ghiaccio contornati da acqua allo stato liquido. Con l'azoto si possono ottenere granite che hanno



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo." - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

la consistenza della granita siciliana ma che sono totalmente prive di zuccheri! Ancora una volta il segreto è la velocità di raffreddamento...

Per fare pratica e diventare degli ottimi mescolatori, suggerisco di iniziare dall'esperimento più difficile: trasformare acqua del rubinetto in neve bagnata (a Modena diciamo patocca)! Non sarà facile le prime volte evitare il formarsi di pezzi di ghiaccio sul fondo.

La transizione tra acqua e neve è piuttosto rapida e, come le prime volte che provavamo a partire con l'automobile mollavamo troppo velocemente la frizione spegnendo la macchina, anche in questo caso ci vuole un po' di pratica.

È importante avere la sensibilità giusta per dire al versatore quando diminuire o fermarsi del tutto.

Noterete anche che ogni volta il risultato sarà leggermente diverso: non è possibile stabilire a priori quanto azoto vi servirà (ci sono troppe variabili, quali la velocità con cui versiamo, quella con cui mescoliamo, le dimensioni della pentola, la temperatura ambientale e quella del liquido).

Anche il risultato sarà ogni volta leggermente diverso; le proporzioni di acqua liquida rispetto a quella solida e le dimensioni dei cristalli di ghiaccio non saranno mai esattamente le stesse.

Le granite fatte con l'azoto liquido sono più buone perché sono più cremose, ovvero: cristalli più piccoli, minore percentuale di ghiaccio nel preparato, che lascia la bocca meno fredda che quindi può apprezzare meglio gli aromi che si sprigionano nel palato. Aggiungete a questo una libertà molto più ampia nella scelta degli ingredienti e capirete il perché del mio entusiasmo.

Ho provato con successo sia una granita al caffè amaro che una granita basata su succo di limone appena spremuto. In entrambi i casi i risultati sono stati spettacolari.



Per fare pratica con una sostanza che non ha sospensione ma la cui consistenza è data solo dagli altri due meccanismi (emulsione e schiuma)

dobbiamo provare a montare la panna. L'obbiettivo qui è quello di ottenere tante bollicine le più piccole possibile, altrimenti la sensazione non sarà così gradevole.

Una volta fatta pratica con la panna potremo cimentarci con il gelato, la cui consistenza è data da tutti e tre i fattori. Anche qui l'azoto liquido permette di ottenere gelati più cremosi, meno freddi e a partire da ingredienti più originali.

È possibile fare un gelato alla birra senza aggiungere altri ingredienti... Si avete capito bene, partendo dalla sola birra e mantecandola con la giusta quantità di azoto, si ottiene un gelato e non una granita! La birra contiene infatti delle molecole anfifiliche per cui si monta quasi come la panna! (n.d.r. con la sola birra verrà un po' amaro quindi potrebbe essere necessario aggiungere altri aromi per migliorarne il gusto...).

<http://www.youtube.com/watch?v=Dpyn5l6elnY>

Potrò ottenere gelati che non necessitano di grassi o di addensanti o di altri additivi per stare in piedi. Questi gelati avranno esattamente il gusto originale, solo trasformato di consistenza!

Personalmente ho verificato che tutti gli yoghurt sono adatti, senza ulteriori aggiunte si ottiene facilmente un buon gelato.

Se vogliamo partire dal latte, basta farlo bollire a contatto con la sostanza della quale vogliamo che abbia l'aroma e poi montarlo per ottenere gusti inaspettati:

- Gelato al sigaro avana

<http://scuoladiristorazionedieffelonigo.com/2011/03/30/azoto-e-dintorni-%E2%80%A6-prime-esperienze-nella-nostra-cucina-con-il-grande-freddo/>

- Gelato al popcorn

<http://jetcitygastrophysics.com/2011/09/29/ideas-in-food-at-home-popcorn-gelato/>

- Gelato al vino

<http://www.culturaeculture.it/2013/07/enos-cienza-il-gelato-di-vino-allazoto-liquido/38475#>

Spero che questo mio articolo vi abbia lasciato con il desiderio di provare voi stessi. Volutamente non ho messo delle ricette vere e proprie, il divertimento sta nello sperimentare. Non abbiate paura di essere creativi! **Il mio Dewar è a disposizione per chiunque voglia cimentarsi.**





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

## **Appendice: perché hai insistito tanto sulle tre regole d'oro?**

Semplice, perché la sicurezza è più importante di ogni altra cosa. Vale la pena approfondirle.

### **Regola 1: mai chiudere i recipienti contenenti azoto liquido**

Il motivo della regola 1 è semplice: l'azoto liquido chiuso ermeticamente in un recipiente esplosce, esattamente come una pentola pressione sul fuoco a cui chiudiamo tutte le valvole.

In questo video si possono vedere alcune esplosioni "azotate":

[http://www.youtube.com/watch?v=v\\_xLsm5Yb7w](http://www.youtube.com/watch?v=v_xLsm5Yb7w)

### **Regola 2: lasciare sempre aperta una finestra quando si gioca con l'azoto liquido**

Abbiamo accennato nell'articolo all'espansione dell'azoto quando da liquido diventa gas (un litro di azoto diventa 0,7 metri cubi di gas a pressione e temperatura ambiente).

Questa informazione è preziosissima per calcolare entro quali limiti di sicurezza possiamo lavorare senza rischiare l'asfissia. Tenete a mente questa regola ma senza spaventatevi, in cucina è una eventualità veramente remota.

Comunque l'azoto, normalmente presente nell'aria in concentrazioni intorno all'80%, inizia a diventare pericoloso a partire da percentuali pari all'88 - 90%.

Fonte:

<http://www.sache.org/beacon/files/2012/06/it/read/2012-06-Beacon-Italian-s.pdf>

### **Regola 3: non toccare l'azoto liquido nè versarlo sui vestiti**

Questa è la più semplice intuitiva delle regole. L'azoto può provocare ustioni da freddo.

Aggiungo solo qualche informazione. Posso affermare senza paura di essere smentito che è meno pericoloso dell'olio bollente che usiamo per fare le frittiture. Se arriva qualche goccia di azoto liquido sulla mano non succede nulla, evapora velocemente lasciando una piacevole sensazione di frescura.

Bisogna stare molto attenti a non versarlo sui vestiti. In tal caso, infatti, il tessuto trattiene il liquido criogenico e le probabilità di ustioni da freddo aumentano molto. Per questo motivo non ho una opinione netta sull'opportunità di usare i guanti quando si usa l'azoto in cucina.



## Ancora Black Hole

di Luigi Borghi.

"Buco Nero" o Black Hole, questo nomignolo fu affibbiato da John Archibald Wheeler (9 luglio, 1911 - 13 aprile, 2008) al più spaventoso quanto necessario fenomeno dell'universo noto. Ancora oggi però ci chiediamo: che cos'è esattamente un buco nero? A questa domanda ricorrente, tanti scienziati, a partire dal grande Albert Einstein, hanno dato delle risposte, basate ovviamente su teorie più o meno dimostrabili in via indiretta, perché ad oggi i buchi neri non sono mai stati "visti" direttamente.

Noi vogliamo riprendere questo argomento su queste pagine perché merita attenzione. Il Black Hole è una regione di spazio che ha una densità talmente alta, cioè una massa concentrata in un volume talmente ridotto, **che nessun corpo può sfuggire alla sua attrazione gravitazionale** (ma questo già lo sapevamo).

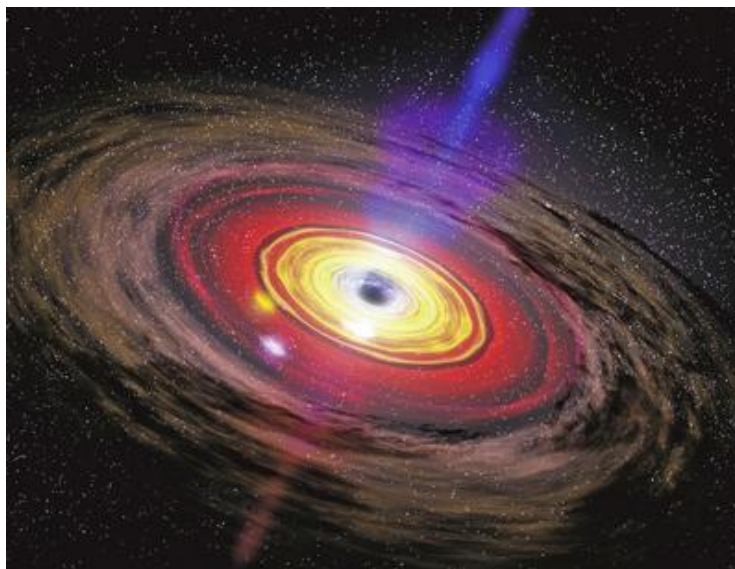
Ogni corpo celeste è caratterizzato da una "velocità di fuga", la velocità necessaria per sfuggire alla sua attrazione gravitazionale. Nel caso della Terra, per esempio, la velocità di fuga è pari a 40.000 chilometri orari. Un buco nero ha una concentrazione di massa talmente grande che la sua velocità di fuga è superiore perfino a quella della luce (cioè 1 miliardo di chilometri orari).

E dal momento che nulla può andare più veloce della luce, nulla può sfuggire al suo campo gravitazionale. Persino un raggio di luce viene attirato dalla sua gravità senza più poterne uscire fuori.

Come si forma un buco nero? Secondo le teorie più accreditate, i buchi neri sono il risultato dell'ultima grande esplosione con cui si spegne la vita di una stella di massa molto grande, trasformatasi in supernova e dando inizio ad un "Collasso gravitazionale".

**Ma a questo punto ci chiediamo cos'è un "Collasso gravitazionale"?**

Verso il termine del proprio ciclo vitale, dopo aver consumato tramite fusione nucleare il 90% dell'idrogeno trasformandolo in elio, nel nucleo della stella si arrestano le reazioni nucleari. La forza gravitazionale, che prima era in equilibrio con la pressione generata dalle reazioni di fusione nucleare, prevale e comprime la massa della stella verso il suo centro.



Quando la densità diventa sufficientemente elevata **può innescarsi la fusione nucleare dell'elio, in seguito alla quale c'è la produzione di litio, azoto e altri elementi (fino all'ossigeno e al silicio)**. Durante questa fase la stella **si espande e si contrae violentemente più volte** espellendo parte della propria massa.

Le stelle più piccole (come il nostro Sole) si fermano ad un certo punto della catena e si spengono, raffreddandosi e contraendosi lentamente, attraversano lo stadio di **nana bianca** e nel corso di molti milioni di anni diventano **una sorta di gigantesco pianeta nero**. In questo stadio la forza gravitazionale è bilanciata da un fenomeno quantistico, detto **pressione di degenerazione**, legato al principio di esclusione di Pauli. Per le nane bianche la pressione di degenerazione **è presente tra gli elettroni**.

**Se invece il nucleo della stella supera una massa critica, detta limite di Chandrasekhar e pari a 1,44 volte la massa solare**, le reazioni possono arrivare **fino alla sintesi del ferro**. La reazione che sintetizza il ferro per la formazione di elementi più pesanti è endotermica, cioè **richiede energia invece che emetterne**, quindi il nucleo della stella diventa una massa inerte di ferro e non presentando più reazioni nucleari non c'è più nulla in grado di opporsi al collasso gravitazionale.

A questo punto la stella subisce una contrazione fortissima che **fa entrare in gioco la pressione di degenerazione tra i componenti dei nuclei**



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

**atomici.** La pressione di degenerazione arresta bruscamente il processo di contrazione, **ma in questo caso può provocare una gigantesca esplosione, detta esplosione di supernova di tipo II.**

Durante l'esplosione la stella espelle gran parte della propria massa, che va a disperdersi nell'universo circostante. Quello che rimane è un nucleo estremamente denso e massiccio. Se la sua massa è abbastanza piccola da permettere alla pressione di degenerazione di contrastare la forza di gravità si arriva ad una situazione di equilibrio e si forma una **stella di neutroni** (nome derivante dal fatto che contiene 20 volte più neutroni che protoni).

*Queste ultime **possono essere classificate come pulsar.** Una pulsar, nome che stava originariamente per sorgente radio pulsante, è una stella di neutroni nelle prime fasi della sua formazione, in cui ruota molto velocemente, la sua radiazione elettromagnetica emessa in coni ristretti ai poli è osservata come impulsi emessi ad intervalli estremamente regolari*



*Immagine ai raggi X della Pulsar delle Vele.*

Se invece, dopo l'esplosione, la massa rimanente supera tre volte quella del Sole (limite di Volkoff-Oppenheimer), non c'è più niente che possa contrastare la forza gravitazionale. Inoltre,

secondo la Relatività generale, la pressione interna non viene più esercitata verso l'esterno (in modo da contrastare il campo gravitazionale), **ma diventa essa stessa una sorgente del campo gravitazionale rendendo così inevitabile il collasso infinito.**

A questo punto la densità della stella morente, **ormai diventata un buco nero**, raggiunge velocemente valori tali da creare un campo gravitazionale talmente intenso da non permettere a nulla di sfuggire alla sua attrazione, neppure alla luce.

Si ha una curvatura infinita dello spaziotempo che può far nascere dei cunicoli all'interno di buchi neri in rotazione. Alcuni scienziati hanno così ipotizzato che, almeno in linea teorica, sia possibile viaggiare nel passato, visto che i cunicoli collegano due regioni diverse dello spaziotempo.

## **I buchi bianchi.**

*Sono state studiate a più riprese (ad iniziare da Albert Einstein e Nathan Rosen negli anni trenta) altre soluzioni delle equazioni della relatività generale con singolarità dette buchi bianchi. Sono anche state ipotizzate, sempre a livello teorico, soluzioni ottenute per incollamento di due soluzioni con singolarità. Questi sono detti ponti di Einstein-Rosen o **wormholes.***

*Le possibili (controverse) interpretazioni fisiche di soluzioni di questo tipo hanno acceso la fantasia di numerosi scrittori di fantascienza.*

## **Da cosa è composto un buco nero?**

I corpi celesti di grande massa distorcono tanto lo spazio-tempo che le normali leggi della geometria non sono più applicabili. Nei pressi di un buco nero, la distorsione dello spazio è talmente elevata da dare a questi corpi alcune strane proprietà.

Un buco nero ha un **orizzonte degli eventi** (che vediamo meglio più avanti), una superficie sferica che ne delimita il confine e dove la velocità di fuga è pari a quella della luce. Una volta oltrepassato questo orizzonte, non se ne può più venir fuori e si viene inesorabilmente risucchiati verso il centro, detto **singolarità.**

Questo è il densissimo punto dove la forza gravitazionale tende all'infinito e dove si concentra tutta la materia che precipita.

## **Quanto può essere grande?**

Esistono due modi per descrivere la grandezza di un corpo. Uno è la massa, l'altro lo spazio che occupa. Nel primo caso, in linea di principio non

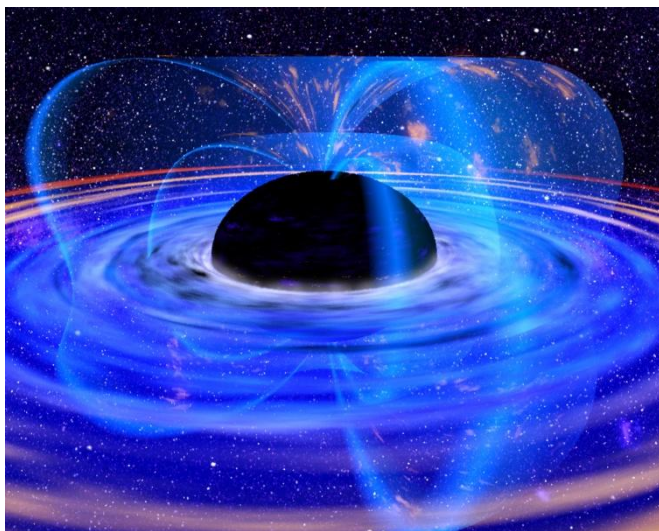




# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

esistono limiti, né massimi né minimi: un buco nero può avere qualsiasi massa, **purché questa sia compressa fino ad una densità sufficiente**. Si ritiene che la maggior parte dei buchi neri siano stati prodotti dalla morte di stelle molto massicce e quindi che abbiano una massa equivalente ad esse; in media, circa  $10^{31}$  Kg (**1 seguito da 31 zeri**).



*L'orizzonte degli eventi di un buco nero in una rappresentazione artistica della [NASA](http://NASA)*

Un buco nero può anche formarsi per accumulazione continua di massa da una stella compagna con cui forma un sistema binario: per esempio, **una stella di neutroni può attrarre massa dalla sua compagna fino a superare la massa critica** e diventare un buco nero. In questo caso si parla di buco nero stellare, in quanto la massa non deve necessariamente essere molto elevata.

Anche altri fattori indicano se una stella di grande massa diventerà una stella di neutroni o un buco nero: tra questi, la composizione chimica, la rapidità di rotazione, l'intensità del campo magnetico.

Secondo alcuni studi teorici, le stelle di composizione chimica normale diventano buchi neri se hanno una massa compresa tra 25 e 40 masse solari. A conferma dell'incertezza che si ha in tali valutazioni, altri calcoli mostrano che stelle con tale massa non possono diventare buchi neri, ma soltanto stelle di neutroni, **perché espellono massa con grande efficacia durante la loro vita**.

**Per definizione, un buco nero non può essere osservato direttamente.**

Può però essere identificato in modo indiretto grazie agli effetti gravitazionali che induce sulla materia circostante, per esempio dai raggi X emessi da gas e particelle che cadono verso il suo centro di gravità: nel processo di caduta, infatti, l'energia gravitazionale della materia si trasforma in energia cinetica, che aumenta sempre più all'aumentare della velocità, fino a raggiungere valori che portano la materia a **temperature di alcuni milioni di gradi, cioè all'emissione di raggi X**.

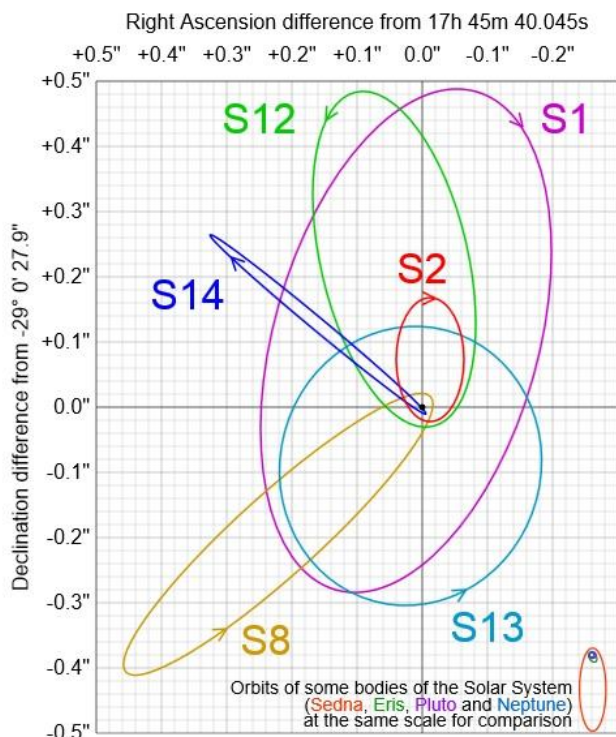
Se un buco nero orbita attorno a una stella normale il sistema può diventare una cosiddetta 'binaria X': in questo caso fluisce continuamente verso il buco nero la materia sfuggita all'attrazione gravitazionale dell'altra stella. In realtà questo processo è molto più complesso, in quanto la materia proveniente dalla stella possiede un moto rotatorio e pertanto, prima di precipitare nel buco nero, inizia a ruotare attorno a esso, formando una struttura abbastanza stabile chiamata **disco di accrescimento**, dal quale le particelle scendono lentamente verso il buco nero. Ciò accade per esempio alla fine del processo del caso precedente dove una stella di neutroni "nutrendosi" della compagna, diventa un black hole.

La misura delle accelerazioni (più che quella delle velocità) di stelle in orbita attorno a un buco nero fornisce importanti informazioni sulle proprietà di quest'ultimo. L'accelerazione è un vettore, pertanto di essa si calcolano sia la direzione sia il valore assoluto. La posizione del buco nero si ricava dal luogo in cui si intersecano le direzioni delle accelerazioni di qualche stella. La massa invece si determina dal valore assoluto delle accelerazioni, se si conosce la distanza delle stelle dal buco nero: si utilizza semplicemente la legge di gravitazione universale. Questo metodo è comune in astronomia: anche la massa del Sole si misura osservando quanto velocemente i pianeti gli girano intorno.

Per ricavare l'accelerazione delle stelle dalle osservazioni bisogna determinare con accuratezza la posizione degli astri e valutare come variano nel tempo le velocità dei loro spostamenti.

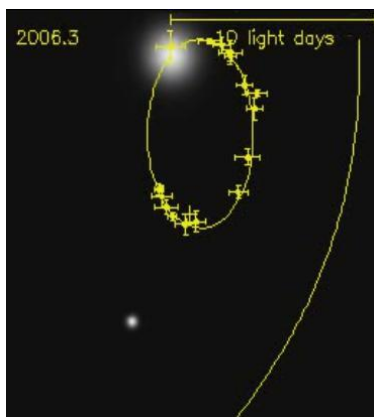


# Il C.O.S.Mo. NEWS



Orbite desunte di sei stelle attorno all'ipotizzato buco nero supermassiccio in direzione di Sagittarius A\*, al centro della Via Lattea.

S2 (nota anche come S0—2) è una stella situata vicino al centro della Via Lattea, in prossimità della radiosorgente Sagittarius A\*, **attorno alla quale orbita in un periodo di  $15,56 \pm 0,3$  anni ad una distanza media di 134,6 UA (17 ore-luce) a 266 kms.** Data la recente stima di 3,7 milioni di masse solari per Sgr A\*, l'accelerazione di gravità massima sperimentata da S2 al pericentro della sua orbita sarebbe di circa 1,5 m/s<sup>2</sup>, ossia un sesto della gravità superficiale terrestre.



L'orbita di S2 rilevata attorno a Sagittarius A

L'esistenza di buchi neri di grande massa costringe a rivedere le idee sulla natura di questi corpi celesti, quindi anche sulla loro reale età. Più un buco nero è massivo più esso occupa spazio. Infatti il raggio del suo orizzonte degli eventi ( $r_g$ , raggio di Schwarzschild) cresce con la massa  $M$ , secondo la relazione  $r_g = 2GM/c^2$ , dove  $G$  è la costante di gravitazione universale e  $c$  la velocità della luce nel vuoto: **un buco nero con la massa del Sole avrebbe tale raggio di 3 km, mentre un buco nero con dieci volte la massa solare lo avrebbe di 30 km.**

**Questa relazione è esatta solo per i buchi neri con carica e momento angolare nulli**, mentre per i buchi neri più generali può variare fino a un fattore di 2.

Sono detti attivi i buchi neri che stanno inglobando grandi quantità di materia; questa, nella veloce caduta, si scalda fino a milioni di gradi. Si pensa che la maggior parte delle galassie, compresa la nostra, contenga al centro un buco nero supermassivo, ma non c'è accordo tra gli astrofisici sul tipo di rapporto che esiste tra questi potenti oggetti e le galassie.

Alcuni ipotizzano che i buchi neri siano i semi attorno ai quali si sono formate le galassie, cioè che essi abbiano agito come catalizzatori per la loro crescita. Altri sono convinti invece che i buchi neri supermassivi comincino a inglobare massa quando le galassie si sono già formate. Infine, non si esclude che i buchi neri e le galassie si siano sviluppati insieme.

Classe	Massa	Dimensione
Buco nero supermassiccio	$\sim 10^5 - 10^{10}$ MSole	$\sim 0.001 - 400$ AU
Buco nero di massa intermedia	$\sim 10^3$ MSole	$\sim 10^3$ km - $\sim R_{Terra}$
Buco nero stellare	$\sim 10$ MSole	$\sim 30$ km
Micro buco nero	fino a $\sim$ MLuna	fino a $\sim 0.1$ mm

### Amnesia o censura cosmica.

Le informazioni contenute in un buco nero, in astrofisica, nelle equazioni di Einstein-Maxwell sulla gravitazione e l'elettromagnetismo e nella relatività generale, possano essere completamente caratterizzate soltanto da tre



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

parametri classici esternamente osservabili: **massa, carica elettrica e momento angolare.**

Tutte le altre informazioni riguardanti la materia di cui è formato un buco nero o sulla materia che vi sta cadendo dentro "**spariscono**" dietro il suo **orizzonte degli eventi** e sono dunque permanentemente inaccessibili agli osservatori esterni (vedi anche il paradosso dell'informazione del buco nero).

Due buchi neri che condividono queste stesse proprietà, o parametri, sono indistinguibili secondo la meccanica classica.

Queste tre proprietà sono speciali perché sono visibili dall'esterno di un buco nero. Ad esempio, un buco nero carico elettricamente respinge un altro con la stessa carica, proprio come qualsiasi altro oggetto carico. Allo stesso modo, il momento angolare può essere misurato da lontano usando l'effetto di trascinamento del campo gravitomagnetico.

Dato che un buco nero alla fine raggiunge la stabilità con solo tre parametri, non c'è modo per evitare di perdere informazioni sulle condizioni iniziali: i campi gravitazionali ed elettrici di un buco nero danno pochissime informazioni su ciò che è stato risucchiato. L'informazione persa (detta anche **censura cosmica**) comprende ogni quantità che non può essere misurata lontano dall'orizzonte del buco nero.

## Tipologia di buchi neri.

### Buco nero di Schwarzschild.

Sono chiamati tali quelli più semplici che hanno una massa, ma non carica elettrica né un momento angolare.

È la soluzione più semplice, ma è anche piuttosto improbabile nella realtà, poiché un oggetto dotato anche di una minima rotazione una volta contratto in buco nero deve aumentare enormemente la sua velocità angolare **in virtù del principio di conservazione del momento angolare.**

### Buco nero di Kerr.

Deriva da oggetti rotanti e privi di carica elettrica, caso che presumibilmente corrisponde alla situazione reale, risultante dal collasso di una stella in rotazione nel quale la singolarità non è più un punto, ma **assume la forma di un anello a causa appunto della rotazione.** Per questa ragione si formeranno non uno ma due orizzonti degli eventi distinti. La rotazione fa sì che si formi la cosiddetta **ergosfera** (che vediamo di seguito).

### Buco nero di Kerr-Newman.

Riguarda la situazione in cui si ha **sia rotazione che carica elettrica** ed è la soluzione più generale. In tale situazione lo spazio tempo non sarà asintoticamente piatto a causa della presenza del campo elettromagnetico.

### Buco nero di Reissner-Nordström.

È il caso di un buco nero dotato di carica elettrica ma non rotante. Valgono le stesse considerazioni fatte sul buco nero di Kerr-Newman a proposito del comportamento asintotico.

Secondo il teorema di Birkhoff, non **vi è differenza osservabile tra il campo gravitazionale di un buco nero e di un qualsiasi altro oggetto sferico della stessa massa.** La convinzione popolare di un buco nero capace di "risucchiare ogni cosa" nel suo ambiente quindi è corretta solo in prossimità dell'orizzonte di un buco nero; **a distanza da questo, il campo gravitazionale esterno è identico a quello di qualsiasi altro organismo della stessa massa.**

A causa della relativamente grande forza elettromagnetica, i buchi neri formati dal collasso di stelle sono tenuti a mantenere la carica quasi neutra della stella. La rotazione, tuttavia, dovrebbe essere una caratteristica comune degli oggetti compatti.

I buchi neri sono comunemente classificati in base alla loro massa, indipendente del momento angolare  $J$  o carica elettrica  $Q$ .

La caratteristica distintiva di un buco nero, abbiamo detto che è la comparsa di un orizzonte degli eventi - un confine spazio-temporale attraverso il quale la materia e la luce possono passare solo verso l'interno del buco nero. È indicato come tale, perché se un evento si verifica entro i suoi confini, le informazioni da tale evento non possono raggiungere un osservatore esterno, **rendendo impossibile determinare se si sia effettivamente verificato** (questo perché gli *eventi* sono sempre determinati da manifestazioni della forza elettromagnetica, di cui la luce ne è una manifestazione).

Come predetto dalla relatività generale, la presenza di una massa deforma lo spazio-tempo in modo tale che i percorsi seguiti dalle particelle piegano verso la massa del buco. All'orizzonte degli eventi di un buco nero, questa deformazione diventa così forte che non esistono percorsi per sfuggire al buco nero.





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

**Per un osservatore distante, un orologio vicino a un buco nero sembra ticchettare più lentamente rispetto a quelli più lontani dal buco nero.** A causa di questo effetto, noto come **dilatazione temporale gravitazionale**, un oggetto che cade in un buco nero sembra rallentare come si avvicina l'orizzonte degli eventi, **impiegando un tempo infinito per raggiungerlo (apparirebbe immobile ad un lontano quanto improbabile osservatore esterno)**. Quindi, tutti i processi attivi su questo oggetto rallentano, dal punto di vista di un osservatore esterno fisso, provocando un effetto noto come **"redshift gravitazionale"**.

Infine, in prossimità dell'orizzonte degli eventi, l'oggetto in caduta emette così poca luce che non può più essere visto.

D'altra parte, **un osservatore in caduta in un buco nero non nota nessuno di questi effetti mentre attraversa l'orizzonte degli eventi.** Secondo il suo personale orologio, attraversa l'orizzonte degli eventi dopo un tempo finito senza notare alcun comportamento singolare. **In particolare, non è in grado di determinare esattamente quando lo attraversa, come è impossibile determinare la posizione dell'orizzonte degli eventi da osservazioni locali.**

Per buchi neri non rotanti (statici), la forma dell'orizzonte degli eventi è sempre approssimativamente sferica, mentre per i buchi neri rotanti la sfera è alquanto oblata.

Al centro di un buco nero come descritto dalla relatività generale si trova una singolarità gravitazionale, una regione in cui la curvatura dello spazio diventa infinita.

**Per un buco nero non rotante, questa regione prende la forma di un unico punto, mentre per un buco nero rotante viene spalmato per formare una singolarità ad anello giacente nel piano di rotazione.**

In entrambi i casi, **la regione singolare ha volume pari a zero.**

Si può dimostrare che la regione *singolare* contiene tutta la massa del buco nero. La regione *singolare* può quindi essere pensata come avente densità infinita.

**Gli osservatori che cadono in un buco nero di Schwarzschild** (cioè, non rotante e non carico) non possono evitare di essere trasportati nella singolarità, una volta che attraversano l'orizzonte degli eventi.

Quando raggiungono la singolarità, sono schiacciati a densità infinita e la loro massa viene aggiunta alla massa totale del buco nero.

Prima che ciò accada, essi sono comunque stati fatti a pezzi dalle crescenti forze di marea in un processo a volte indicato come **spaghetizzazione** o "effetto pasta".

Nel caso di un buco nero rotante (Kerr) o carico (Reissner-Nordström), è possibile evitare la singolarità. Estendendo queste soluzioni per quanto possibile, si rivela la possibilità ipotetica di uscire dal buco nero verso una dimensione spazio-temporale differente, con il buco che funge da tunnel spaziale.

**La possibilità di viaggiare verso un altro universo è però solo teorica**, poiché una qualsiasi perturbazione può distruggere questa possibilità. Sembra inoltre che sia possibile seguire le curve spaziotemporali chiuse di tipo tempo (**tornando al proprio passato**) intorno alla singolarità di Kerr, che portano a problemi di causalità, come il **paradosso del nonno**.

*Questo paradosso suppone che un nipote torni indietro nel tempo e uccida suo nonno prima che incontri sua nonna, dunque prima che potessero sposarsi ed avere discendenza. Se ciò fosse possibile, il nipote non sarebbe mai potuto nascere, dunque non sarebbe mai potuto tornare a ritroso nel tempo ed uccidere suo nonno.*

## **Altre definizioni relative ai buchi neri:**

### **Ergosfera.**

È uno sferoide oblato al di fuori dell'orizzonte degli eventi dei buchi neri rotanti, dove gli oggetti non possono rimanere fermi. Questo è il risultato di un processo noto come effetto di trascinamento; la relatività generale predice che qualsiasi massa rotante tenderà a "trascinare" leggermente in tutto lo spazio-tempo immediatamente circostante. Qualsiasi oggetto quindi vicino alla massa rotante tenderà a muoversi nella direzione della rotazione. Per un buco nero rotante questo effetto diventa così forte vicino all'orizzonte degli eventi che un oggetto, solo per fermarsi, dovrebbe spostarsi più veloce della velocità della luce nella direzione opposta.

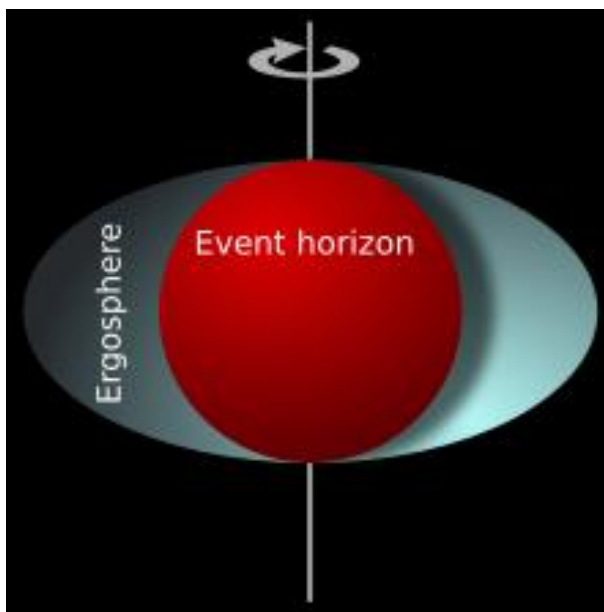
L'ergosfera di un buco nero è delimitata nella sua parte interna dal confine dell'orizzonte degli eventi (esterno) e da un sferoide schiacciato, che coincide con l'orizzonte degli eventi ai poli ed è notevolmente più largo intorno all'equatore. Il



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

confine esterno è talvolta chiamato il **ergo-superficie**.



Gli oggetti e le radiazioni normalmente possono sfuggire dall'ergosfera.

Attraverso il processo di **Penrose**, gli oggetti **possono emergere dalla ergosfera con energia maggiore di quella d'entrata**. Questa energia viene prelevata dalla energia di rotazione del buco nero, facendolo rallentare.

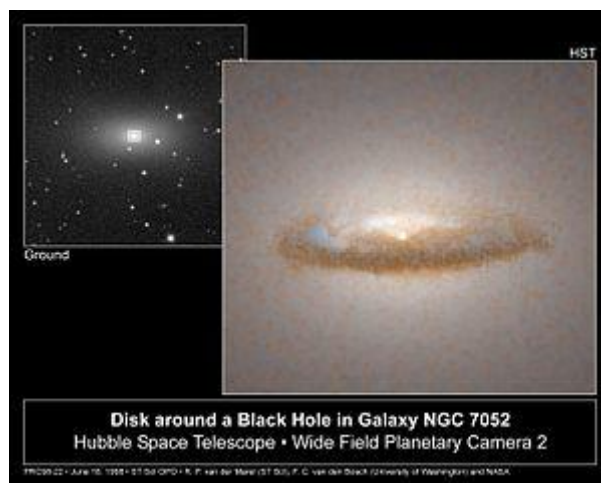
**Einstein** pensò erroneamente che i buchi neri non si sarebbero mai formati, perché riteneva che il momento angolare delle particelle collassate avrebbe stabilizzato il loro moto a un certo raggio. Ciò condusse i relativisti del periodo a rigettare tutti i risultati contrari a questa teoria per molti anni. Tuttavia, una minoranza continuò a sostenere che i buchi neri fossero oggetti fisici e per la fine del 1960, la maggior parte dei ricercatori era convinta che non vi fosse alcun ostacolo alla formazione di un orizzonte degli eventi.

**Penrose** dimostrò che una volta formatosi un orizzonte degli eventi, si forma una singolarità da qualche parte all'interno di esso.

Un altro scenario permette la formazione di buchi neri con massa inferiore alla massa di Chandrasekhar. Anche una quantità arbitrariamente piccola di materia, se compressa da una gigantesca forza esterna, potrebbe in

teoria collassare e generare un orizzonte degli eventi molto piccolo. Le condizioni necessarie potrebbero essersi verificate nel primo periodo di vita dell'universo, quando la sua densità media era ancora molto alta a causa di variazioni di densità o di onde di pressione. Questa ipotesi è ancora completamente speculativa e non ci sono indizi che buchi neri di questo tipo esistano o siano esistiti in passato.

**Questa ipotesi era stata anche presa in considerazione (a dir la verità da pochi scienziati) quando furono ottenute le prime collisioni nell'acceleratore di particelle HLC al CERN di Ginevra.**



*Un disco di polvere in orbita attorno ad un probabile buco nero supermassiccio (HST).*

**I Buchi neri non sono generati solo dalla morte di una stella.**

Esistono anche quelli detti "primordiali". Poco dopo il Big Bang, le densità nell'universo erano molto più elevate e ciò probabilmente permise la creazione di buchi neri. Tuttavia la sola alta densità non è sufficiente a consentirne la formazione poiché una distribuzione di massa uniforme non consente alla massa di convergere. Affinché si formino, sono necessarie delle perturbazioni di densità che possano poi crescere grazie alla loro stessa gravità. Vi sono diversi modelli di universo primordiale che variano notevolmente nelle loro previsioni della dimensione di queste perturbazioni. Molti prevedono la creazione di buchi neri, che vanno



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

da una massa di Planck a centinaia di migliaia masse solari.



*Probabile aspetto di un buco nero, se posto davanti ad uno sfondo ricco di stelle. Da notare la luce distorta dalla gravità e l'orizzonte degli eventi. Il buco è pensato con una massa pari a dieci volte quella del Sole, e visto da 600 km di distanza. In questa posizione sarebbe necessaria un'accelerazione pari a  $4 \times 10^8$  g per mantenere il distacco costantemente.*

## Alcune curiosità di questo mostro galattico.

Una frase coniata dal fisico John Archibald Wheeler (che è anche colui che ha dato il nome a questi oggetti astronomici) **"un buco nero non ha capelli"**, sta a significare che tutte le informazioni sugli oggetti o segnali che cadono in un buco nero vengono perse ad eccezione di tre fattori: massa, carica e momento angolare.

**In realtà un buco nero non è del tutto nero:** esso emette particelle, in quantità inversamente proporzionale alla sua massa, **portando ad una sorta di evaporazione.** Questo fenomeno, dimostrato per la prima volta dal fisico Stephen Hawking nel 1974, è noto come

### radiazione di Hawking

ed è alla base della termodinamica dei buchi neri. In breve, il processo di emissione di radiazione da parte di un buco nero, che ha preso il nome di "radiazione di Hawking", **avviene nella seguente maniera:** nella vicinanza dell'orizzonte degli eventi, all'interno del buco nero, tenendo conto della meccanica quantistica, si formano

continuamente coppie virtuali particella-antiparticella. Normalmente queste coppie non possono essere rivelate (sono virtuali, appunto, hanno un'esistenza quanto mai effimera), dando però un contributo alla cosiddetta energia del vuoto. Il campo gravitazionale di un buco nero però cambia la situazione, trasformando una di queste particelle da virtuale in reale, buttandola fuori dal buco nero. Queste particelle espulse dal buco nero costituiscono la radiazione di Hawking. **Ovviamente l'altra particella della coppia inizialmente virtuale avrebbe un'energia negativa (per conservazione dell'energia) contribuendo in tal modo a diminuire la massa del buco nero, dunque al processo di evaporazione.**

Alcune sue osservazioni sull'orizzonte degli eventi dei buchi neri, inoltre, hanno portato alla formulazione del principio olografico. Esiste una simulazione, effettuata al computer da alcuni ricercatori sulla base di osservazioni, che mostra l'incontro di una stella simile al Sole con un buco nero supermassivo, dove la stella viene "triturata" e mentre alcuni detriti stellari "cadono" nel buco nero, altri vengono espulsi nello spazio a velocità elevata. Un gruppo di astronomi analizzando i dati del Chandra X-ray Observatory della Nasa ha invece scoperto l'espulsione di un buco nero ad altissima velocità dal centro di una galassia, dopo la fusione di due galassie.

A tutt'oggi non è possibile conoscere lo stato della materia interna di un buco nero, le leggi stesse che regolano la fisica all'esterno dell'orizzonte degli eventi **perdono validità in prossimità del buco nero.**

Viene ipotizzato che enormi buchi neri (di massa pari a milioni di volte quella del Sole) esistano al centro delle galassie, come nella nostra e nella galassia di Andromeda. Si parla in questo caso di buchi neri supermassicci, la cui esistenza può essere verificata in modo indiretto grazie al loro intenso campo gravitazionale. Nel nucleo centrale della nostra galassia, in particolare, si osserva l'esistenza di una sorgente radio compatta - **nota come Sagittarius A** - la cui alta densità è compatibile solo con l'ipotesi che si tratti di un buco nero.

Attualmente si pensa che tutte le galassie abbiano di norma un buco nero supermassiccio nel loro nucleo: ciò permette di spiegare la forte emissione di energia delle galassie attive, dovuta alla trasformazione dell'energia gravitazionale contenuta in un disco di accrescimento di gas sul buco nero.





# Il C.O.S.Mo. NEWS



*Effetto lente gravitazionale causato dal passaggio di una galassia dietro a un buco nero in primo piano*

## Stelle nere

Alcuni scienziati hanno messo in dubbio l'esistenza dei buchi neri come sono attualmente definiti e hanno ipotizzato che i corpi celesti identificati attualmente come buchi neri ma solo osservati indirettamente siano in realtà "**stelle nere**" prive di orizzonte degli eventi.

Secondo questa teoria alcuni effetti quantistici controbilancerebbero l'attrazione gravitazionale, impedendo così alla stella collassante di diventare un buco nero. Esse assumerebbero alcune proprietà osservabili in comune con i buchi neri, ma anche molte differenze. Sarebbero infatti corpi materiali estremamente densi, fatti di materia densa e privi di orizzonte degli eventi. Sarebbero estremamente fioche a causa di un intenso spostamento verso il rosso della luce da loro emessa. Potrebbero emettere una radiazione analoga a quella di Hawking ma in questo caso non ci sarebbe perdita di informazioni.

Recentemente lo stesso Hawking ha pubblicato un articolo secondo cui le perturbazioni quantistiche in prossimità dell'orizzonte degli eventi permettono alla radiazione ad egli intitolata di trasportare informazione (non essendo quindi prettamente termica) e grazie al principio di corrispondenza AdS/CFT l'informazione venga comunque conservata.

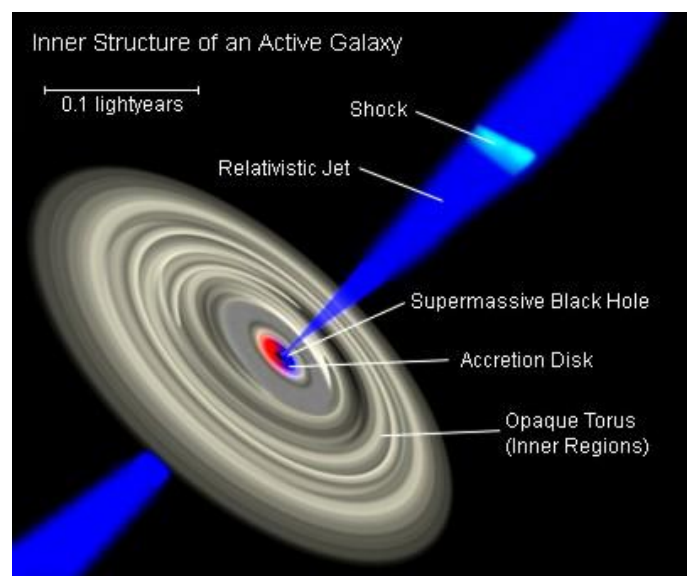
## Gravastar.

Associazione Culturale "Il C.O.S.M.O." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 pag: 27 di 36

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.

In astrofisica, questa teoria è stata proposta da Pawel Mazur e Emil Mottola. Essa afferma che, quando un oggetto va incontro a collasso gravitazionale, nella regione di spazio in cui si trova si determinerebbe una transizione di fase quantistica che argina il collasso definitivo. La stella si trasforma infine in una bolla sferica di vuoto carico di energia oscura. Questa bolla di vuoto denso d'energia è racchiusa da una crosta di materia iperdensa.

## Getto relativistico.



*Getto relativistico. L'ambiente attorno alle galassie attive dove il plasma relativistico è incanalato in getti che fuoriescono lungo i poli di un buco nero supermassiccio*

Un getto relativistico è un getto di plasma estremamente potente che emerge dal centro di alcune galassie attive, in particolare le radiogalassie e i quasar. La loro lunghezza può raggiungere **alcune migliaia o talvolta centinaia di migliaia di anni luce**. Si crede che la distorsione dei campi magnetici nel **disco di accrescimento** collimi lungo l'asse di rotazione dell'oggetto centrale (un buco nero supermassiccio), in modo che quando le condizioni lo permettono, **possa emergere un getto da entrambe le parti del disco di accrescimento stesso**.

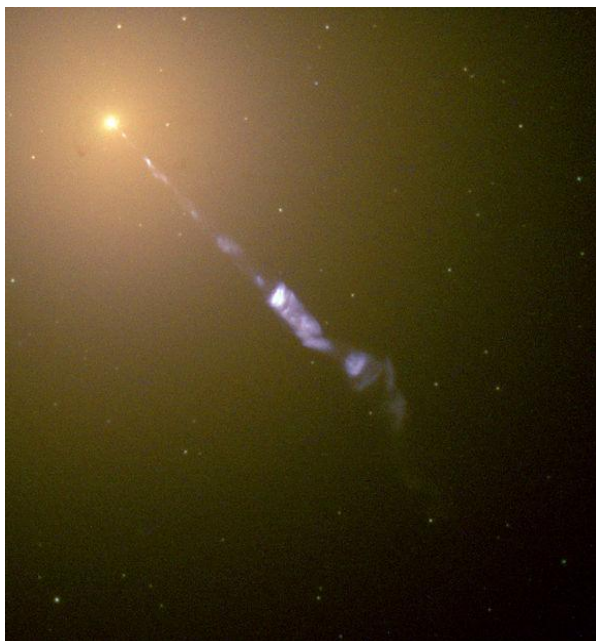
Se il getto è orientato lungo la linea di vista della terra, il radiante relativistico cambia la sua luminosità apparente.



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

Il meccanismo della creazione dei getti e la composizione dei getti sono materia di forte dibattito in campo scientifico; si crede che i getti siano composti di una "mistura" elettricamente neutra di elettroni, positroni e protoni, in proporzione. Getti simili, ma si pensa in scala minore, possono svilupparsi intorno ai dischi di accrescimento delle stelle di neutroni e nei buchi neri stellari. Questi sistemi sono spesso chiamati microquasar. Un famoso esempio è SS433, i cui getti ben osservati hanno una velocità di  $0,23c$  (69.000 kms), sebbene altri microquasar sembrano possedere getti a velocità maggiori (ma misurati con meno accuratezza).



*Il getto della Galassia Virgo A vista al telescopio.*

Talvolta i getti più deboli e meno relativistici possono essere associati a molti sistemi binari; il meccanismo di accelerazione per questi getti può essere simile al processo di riconnessione magnetica osservato nella magnetosfera terrestre e nel vento solare.

Si crede che la formazione dei getti relativistici sia il modo per spiegare la produzione di gamma ray burst; questi getti hanno fattori di Lorentz di circa 100, facendone uno degli oggetti celesti più veloci oggi conosciuti.



*Fuochi d'artificio vicino ad un buco nero nella galassia NGC 4151 (HST).*

## **Bibliografia:**

*"Dal Big Bang ai buchi neri" di Stephan Hawking.*

*"La fine di tutto" di Chris Impey*

[http://www.youtube.com/watch?v=M0LsgAgRL2s&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=M0LsgAgRL2s&feature=player_embedded)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Buco\\_nero](http://it.wikipedia.org/wiki/Buco_nero)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Getto\\_relativistico](http://it.wikipedia.org/wiki/Getto_relativistico)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Sagittarius\\_A\\*](http://it.wikipedia.org/wiki/Sagittarius_A*)

credit immagini: wikipedia e NASA.



## Determinazione della densità dell'aria

di Franco Villa

### Pesare l'aria.

Pesare l'aria, senza ricorrere ad apparecchiature complicate, non è facile.

Si può provare a pesare, utilizzando una bilancia elettronica con sensibilità almeno del decimo di grammo, una bottiglia di plastica tappata e vuota, cioè "piena d'aria" e "immersa in aria". Successivamente la bottiglia viene aperta, accartocciata al massimo facendo uscire l'aria, tappata e pesata di nuovo. Si scopre che le due pesate sono uguali. Questo avviene perché alla bottiglia accartocciata, diminuendo il suo volume, viene a mancare la spinta di Archimede esattamente uguale al peso dell'aria uscita.

Invece di fare uscire l'aria dalla bottiglia se ne può introdurre altra aumentando la pressione e lasciando il volume costante. Questo si può fare inserendo nel tappo della bottiglia una valvola da camera d'aria di bicicletta reperita da un meccanico disponibile.

La bottiglia deve essere inizialmente pesata in condizioni normali e chiusa con il tappo munito di valvola. Quindi, utilizzando una comune pompa da bicicletta a mano o, meglio, a piede si pompa l'aria nella bottiglia come se si volesse gonfiare.

Dopo un certo numero di pompate si pesa nuovamente la bottiglia: l'aumento che si osserva rappresenta il peso dell'aria immessa nella bottiglia. Si può verificare una certa proporzionalità fra il numero di pompate e tale aumento. L'aumento di pressione dell'aria si nota al tatto: la bottiglia, normalmente cedevole, è ora molto dura.

Come unità di misura è pratico abbandonare il SI ed utilizzare il grammo per il peso ed il centimetro od il decimetro per le lunghezze.

Utilizzando una normale bottiglia da 1,5 l, con 10÷15 pompate di una pompa a piede si ottiene una pressione interna di circa 3 bar ed un aumento del peso di 3÷4 g. Con una pompa a mano possono essere necessarie anche 100 pompate per ottenere lo stesso risultato. **Una piccola siringa di plastica, tappata, posta all'interno della bottiglia, può fungere da barometro: con una pressione di 3 bar la posizione del pistone si riduce a circa un terzo di quella iniziale.**

### Misurare il volume dell'aria.

Per determinare la densità dell'aria, in condizioni normali, è ora necessario misurare il volume dell'aria immessa nella bottiglia alla pressione ambiente. Un modo è quello di ipotizzare che ogni pompata immetta nella bottiglia un volume d'aria pari a quello della pompa. E' sufficiente quindi determinare il volume del cilindro della pompa e moltiplicarlo per il numero di pompate.

Un altro metodo utilizza un comune palloncino di gomma di diametro 30 cm. Si "incappuccia" la bottiglia, contenente l'aria compressa e ben tappata, con il palloncino sgonfio. Si sigilla accuratamente l'apertura del palloncino, stringendola attorno al collo della bottiglia. Per questo si può utilizzare, ad esempio, il filo di plastica con anima metallica con cui si chiudono i sacchetti per alimenti.

Si pesa tutto: bottiglia con aria compressa, tappo, palloncino, filo (figura 1). Quindi si svita con precauzione il tappo della bottiglia permettendo il passaggio dell'aria compressa nel palloncino che rapidamente si gonfia. Si pesa di nuovo tutto osservando una **diminuzione di peso**. Poiché la quantità di materia pesata, aria compressa, è la stessa questa diminuzione è **causata da un aumento della spinta di Archimede pari al peso dell'aria spostata dal palloncino gonfio**.

Si deve ora determinare il volume del palloncino, che di solito ha forma ovoidale. Il metodo più semplice è quello di misurare i tre assi, due dei quali sono uguali essendo la sezione trasversale del palloncino un cerchio. Quindi si può approssimare la forma del palloncino ad una sfera e calcolare un diametro medio. Se si approssima il palloncino ad un ellissoide il calcolo del volume è anche più semplice e preciso.

E' utile confrontare il valore così ottenuto con il volume, calcolato precedentemente, delle pompate.





**figura 1**  
Nella bottiglia è contenuta aria compressa. Svitando il tappo il palloncino si gonfia ed il peso totale diminuisce a causa dell'aumento della spinta di Archimede.

Infine si fa uscire l'aria dal palloncino e si pesa di nuovo tutto osservando che praticamente il valore non è cambiato. Infatti, alla perdita dell'aria contenuta nel palloncino corrisponde la scomparsa della spinta corrispondente al peso di un volume d'aria pari a quello del palloncino. Ad essere pignoli, è possibile notare una piccola diminuzione di peso (circa 0,1g), valore che non appare significativo con una bilancia al decimo di grammo. In realtà ciò è causato dal fatto che l'aria persa, che era all'interno del palloncino, ha una pressione leggermente maggiore di quella esterna (circa 3 kPa) e quindi pesa circa il 3% in più. Questa circostanza si può verificare utilizzando una bilancia al 0,01 g e ripetendo più volte la prova.

## Riepilogo del materiale necessario.

- bilancia con sensibilità almeno 0,1 g.
- bottiglie di plastica vuote da 1,5 l con tappo normale e con tappo munito di valvola da camera d'aria di bicicletta.
- pompa da bicicletta, righello graduato.
- palloncini di gomma da 30 cm.

## Esempio numerico.

### 1) metodo del palloncino

- ❑ dimensioni del palloncino come elissoide (assi 2a, 2b, 2c):  
2a=16,0 cm, 2b=16,0 cm, 2c=18,0 cm  
incertezza per ogni asse = 0,5 cm
- ❑ raggio sfera (media aritmetica) = 8,3 ± 0,3 cm  
Er = 4 %
- ❑ volume sfera  $V = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = 2400 \text{ cm}^3 = 2,4 \text{ dm}^3$  Er = 12%  $\square V = 0,3 \text{ dm}^3$   
(con il calcolo come elissoide  $V = 4/3 \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$  si ottiene praticamente lo stesso valore)
- ❑ peso della bottiglia con aria compressa, tappo con valvola, palloncino sgonfio, filo = 61,5 g
- ❑ peso della bottiglia, tappo con valvola, palloncino gonfio, filo = 58,5 g
- ❑ aumento = peso (o massa) dell'aria immessa  $m = 3,0 \text{ g}$ , incertezza  $\square m = 0,2 \text{ g}$  Erm = 7%
- ❑ densità dell'aria  $d = m/V = 3,0 \text{ g} / 2,4 \text{ dm}^3 = 1,3 \text{ g/dm}^3$ ; incertezza Erd = 20%  $\square d = 0,2 \text{ g/dm}^3$

$$\text{densità dell'aria} = 1,3 \pm 0,2 \text{ g/dm}^3$$

### 2) metodo della pompa a piede.

- ❑ misure della pompa: altezza = 38 ± 1 cm, diametro interno = 3,0 ± 0,2 cm,
  - ❑ volume di una pompata =  $\pi \cdot r^2 \cdot h \cong 270 \text{ cm}^3 = 0,27 \text{ dm}^3$   
applicando la propagazione degli errori si ha ErV = 15%  $\square V = 0,04 \text{ dm}^3$ .
  - ❑ numero di pompate = 10, volume delle 10 pompate  $V = 2,7 \pm 0,4 \text{ dm}^3$  ErV = 15%
  - ❑ peso della bottiglia: all'inizio  $P_1 = 54,8 \text{ g}$ , dopo 10 pompate  $P_2 = 58,0 \text{ g}$ ,
  - ❑ aumento = peso (o massa) dell'aria immessa  $m = 3,2 \text{ g}$ , incertezza  $\square m = 0,2 \text{ g}$  Erm = 6%
  - ❑ densità dell'aria  $d = m/V = 3,2 \text{ g} / 2,7 \text{ dm}^3 = 1,2 \text{ g/dm}^3$ ; incertezza Erd = 20%  $\square d = 0,2 \text{ g/dm}^3$
- $$\text{densità dell'aria} = 1,2 \pm 0,2 \text{ g/dm}^3$$



## Conclusioni.

L'esperienza proposta utilizza, a parte la bilancia, materiale economico facilmente reperibile.

E' possibile determinare la densità dell'aria con una incertezza del 20%, utilizzando due metodi diversi fra i quali esiste un buon accordo.

Varie prove eseguite in tempi diversi portano a risultati compresi tra  $1,1$  e  $1,5 \text{ g/dm}^3$ .

Anche con una bilancia con sensibilità  $1 \text{ g}$  è possibile effettuare la misura ma l'incertezza sarà maggiore.

Un buon argomento di approfondimento riguarda l'analisi delle possibili cause d'errore. Ad esempio l'umidità dell'aria e la temperatura incidono in modo trascurabile ( $0,01 \div 0,02 \text{ g/dm}^3$ ).

Si può ottenere questa stima partendo dalla tensione di vapore saturo e dalla percentuale di umidità ed applicando al vapore d'acqua le leggi dei gas.

Per la buona riuscita della prova è importante verificare che la valvola non perda, per questo è utile inserire una guarnizione.

## Curiosità

L'ambiente a pressione maggiore, che si ottiene all'interno della bottiglia, permette altre interessanti e curiose osservazioni.

Introduciamo un palloncino nella bottiglia e gonfiamolo. Per fare questo è necessario inserire una cannucchia nel collo della bottiglia in modo che l'ambiente interno della bottiglia sia sempre in comunicazione con l'ambiente esterno se no il palloncino gonfiandosi tapperebbe la bottiglia. Annodato il palloncino si pompa l'aria nella bottiglia. Si nota che il palloncino riduce le sue dimensioni apparentemente sgonfiandosi (figura2).

All'apertura della bottiglia il palloncino si "rigonfia", riassumendo le dimensioni iniziali.

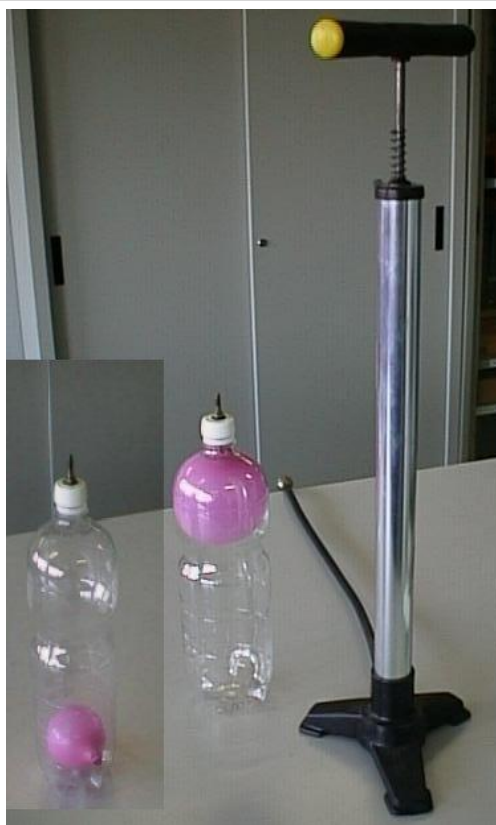


figura 2

*Un piccolo palloncino è gonfiato all'interno della bottiglia, munita di tappo con valvola. Dopo aver pompato aria nella bottiglia, il palloncino riduce le sue dimensioni. Svitando il tappo, il palloncino riacquista le sue dimensioni rimanendo intrappolato nella parte inferiore della bottiglia.*

Bibliografia: LA FISICA NELLA SCUOLA  
anno 2000- N1 Franco Villa:  
Determinazione della densità dell'aria



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

## Il Programma Mercury.

di **Ciro Sacchetti**.

Talvolta è difficile condensare nelle righe di un articolo le vicende che hanno contribuito a scrivere una importante pagina di Storia dell'Astronautica e i personaggi che ne hanno fatto parte, ma la scomparsa di Scott Carpenter nell'ottobre di quest'anno, rende necessario un tributo al Progetto Mercury del quale fu membro nella prima squadra di Astronauti Statunitensi, la "Mercury Seven".

*ingegnosi in situazione di forte tensione, che siano di forte intelligenza, che tollerino trattamenti fisici di diversa intensità e che siano stabili, sereni, sicuri di sé".* Le parole pronunciate da Flickinger davano il via ad una prima selezione di candidati a cura della NASA, che dovevano rispondere ai seguenti criteri:

- età inferiore ai 40 anni.
- altezza inferiore 183,5 centimetri.
- ottime condizioni fisiche.
- titolo di studio di *Bachelor*.
- diploma di pilota collaudatore ed abilitazione a pilotare aerei jet.
- minimo di 1500 ore di volo.

Alla fine la commissione esaminatrice composta da due dirigenti della NASA, un chirurgo di volo e due psicologi scelse 110 possibili candidati che vennero ridotti a 69.

Parallelamente ai primi test per selezionare i piloti, la NASA diede il via ad uno studio che aveva come obiettivo il lancio di un satellite che diventerà una capsula, capace di ospitare un uomo e di eseguire varie orbite intorno alla Terra. Questo richiese un programma completamente automatico per effettuare un atterraggio con l'ausilio di un paracadute che venne affidato Langley Research Center, per i razzi vettori vista la grande esperienza sviluppata in questo campo

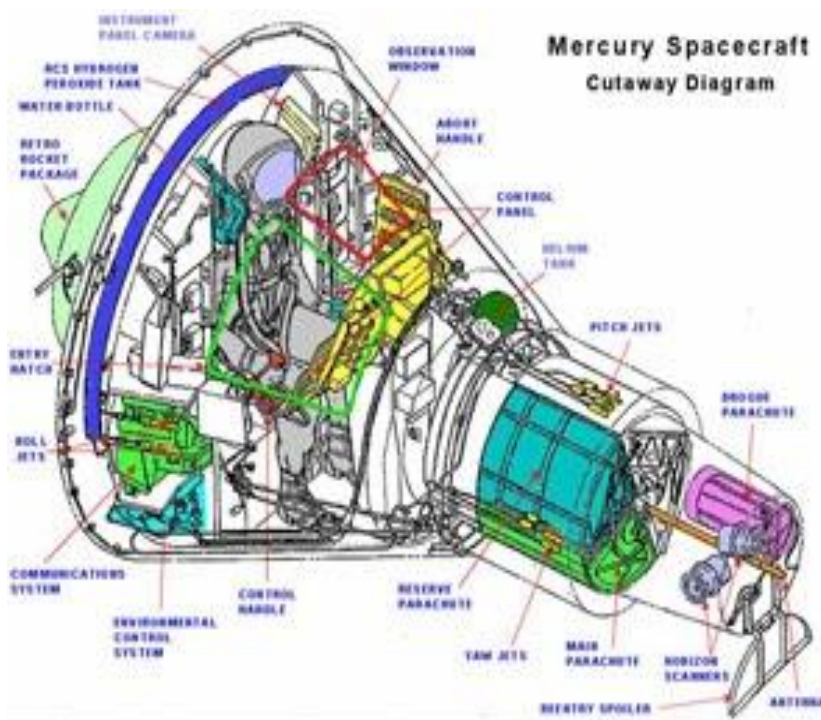


Nei primi anni 50, in piena guerra fredda, era evidente ad ambedue i blocchi che la frontiera da varcare per la supremazia militare e politica era lo spazio.

Nel marzo 1955 non era stata ancora costruita nessuna navicella capace di ospitare un equipaggio umano, ma lo studio sui propulsori per voli ad altitudini elevate suggeriva che di lì a poco si sarebbe giunti al primo volo spaziale umano.

In quello stesso periodo il Generale Brigadiere Don Flickinger compilò la prima lista di ben 508 candidati provenienti dall'Air Force, dalla NAVY, e dai Marines. che potenzialmente potevano diventare esploratori dello spazio.

*"Stiamo cercando individui che siano ottimi osservatori, che dimostrino di essere razionali e*







# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo." - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

venne incaricata la U.S. Air Force la quale scelse ed adattò ai fini del lancio per un volo umano, i razzi balistici di tipo Redstone e Atlas, per quest'ultimo si avvale dell'aiuto di Werner Von Braun e del suo staff di scienziati Tedeschi.

La capsula Mercury fu progettata da Max Faget dello Space Task Group della NASA, l'incarico della costruzione delle capsule Mercury venne conferito alla McDonnell Aircraft Corporation di St. Louis Missouri, la quale fu incaricata di costruirne ben 20 esemplari numerati da 1 a 20.

Il veicolo spaziale era dimensionato per un solo individuo, di dimensioni talmente ridotte (1,7 metri quadri di volume interno), da essere indossato più che pilotato; così veniva scherzosamente descritto dai tecnici; al suo interno erano installati 120 controlli, 55 interruttori elettrici, 30 fusibili e 35 leve meccaniche, il modulo poteva essere anche



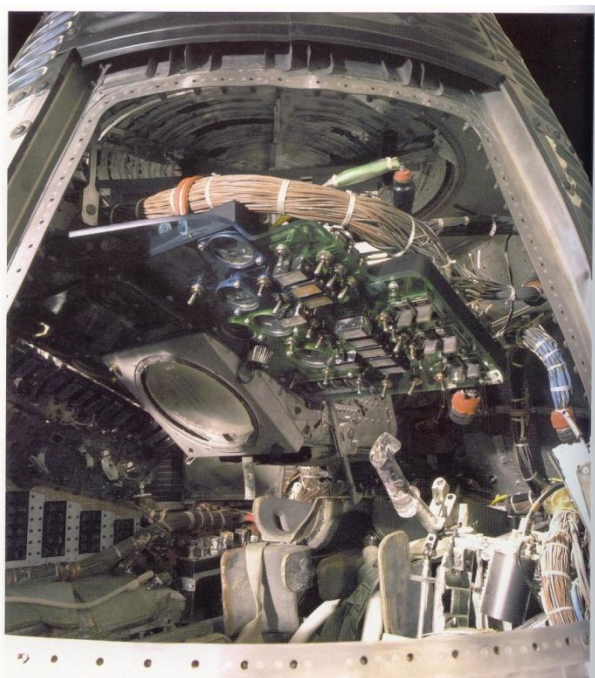
controllato interamente da terra se necessario.

Sulla sommità era posizionato il LES (Launch Escape System), un piccolo razzo a combustibile solido capace di una spinta pari a 23.400 Kg. che in caso di un problema durante il lancio tale da minacciare l'incolumità del pilota, si sarebbe attivato per pochi secondi allontanando il modulo Mercury dal veicolo di lancio difettoso. La capsula sarebbe poi atterrata dolcemente frenata dal paracadute destinato al rientro portando in salvo il suo occupante. In caso di successo non essendo più necessario, il LES era provvisto di un piccolo razzo anch'esso a propellente solido capace di una spinta di 360 Kg. per 1,5 secondi sufficienti

per separarlo dalla Mercury, la separazione della capsula dal lanciatore era prevista mediante tre razzi "Posigrade" a combustibile solido con capacità di spinta di 120 Kg. per un secondo.

Non essendo pensato per radicali cambi di orbita, il modulo Mercury era dotato di semplici propulsori per il controllo d'assetto formati da tre serie per ciascun asse; imbardata, beccheggio e rollio, tre retrorazzi a combustibile con 140 Kg. di spinta per 10 secondi, una volta azionati con modalità di "accensione increspata", cioè con accensione in sequenza mentre il motore precedente era ancora in funzione, garantivano il rientro in atmosfera della capsula.

Anche se il volo sarebbe stato sub-orbitale, il surriscaldamento dovuto all'attrito all'addensarsi dei primi strati atmosferici era un problema, il modulo venne perciò dotato di uno scudo termico in berillio posizionato nella parte inferiore della Mercury. Questo accorgimento avrebbe permesso di sopportare l'intenso calore generato, in caso di un assetto non ottimale nella fase di rientro. Un piccolo spoiler posto sulla punta del modulo avrebbe permesso di posizionare la Mercury in assetto ottimale. Il portello per l'accesso in capsula venne provvisto di un oblò e di bulloni esplosivi da utilizzare nel caso in cui dopo l'ammarraggio l'astronauta avesse dovuto uscire



dal modulo in tutta fretta, nulla era dato al caso. Il 26 novembre 1958 il Programma Mercury venne ufficialmente avviato.



# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013

All'inizio del 1959 i 69 candidati furono inviati a Washington dove a seguito di un ulteriore step di valutazione vennero scelti 32 finalisti. Successivamente una commissione formata da due psichiatri dell'Air Force, George Ruff e Ed Levy, sottopose i 32 ad una serie di test finali tra cui il Test di Rorschach, il Minnesota Multiphasic Personality Inventory test (MMPI). Una serie di esami utilizzati per selezionare gli ufficiali militari e gli aviatori, e una batteria di test specifici per valutare il comportamento cognitivo sotto pressione e la capacità di sopportare lo stress mediante isolamento prolungato, rumore assordante e altre situazioni di forte disagio.

Il profilo psicologico che ne risulterà sarà lo standard di riferimento seguito nelle selezioni fino al 1987.

Il 9 aprile 1959 la NASA presentò i 7 astronauti

- Tenente Colonnello **John Glenn Jr.** U.S. Marine Corps
- Tenente **Malcom Scott Carpenter** U.S. Navy
- Tenente Comandante **Walter Marty Schirra** Jr. U.S Navy
- Capitano **LeRoy Gordon Cooper** Jr. U.S.Air Force
- Capitano **Donald Kent Slayton** U.S. Air Force.

Questo team presentato alla stampa di allora, era la risposta Americana alla sfida dichiarata tra Stati Uniti e Unione Sovietica nella corsa verso la conquista dello spazio.

Mentre i clamori della stampa per la presentazione dei "Mercury seven" facevano sognare il popolo Americano, i primi test sui Razzi lanciatori senza equipaggio non davano esiti positivi. Si registravano infatti fallimenti preoccupanti dovuti alle problematiche più disparate rendendo impensabile un lancio umano.

Intanto l'Unione Sovietica il 4 ottobre 1957 lanciava con successo lo "Sputnik1" che con lo "Sputnik2" il 3 novembre, nonostante avessero deciso preventivamente il sacrificio della piccola cagnetta "Laika", si attestava nella sfida del secolo.

Anche la NASA decise di testare la nuova capsula Mercury impiegando animali da laboratorio, primati come scimpanzè e orango, addirittura un maiale.

I sistemi della capsula Mercury vennero testati a lungo con successo, il sistema di salvataggio L.E.S. rispose appieno alle aspettative della McDonnell portando durante un lancio di prova nell'aprile 1959 la capsula ad ammarare dolcemente nell'oceano dove con l'ausilio di navi appoggio ed elicotteri fù recuperata velocemente.

La resistenza dello scudo fu provata con l'ausilio di un essere vivente, un maiale "Gentle Bess", il quale sopravvisse all'impatto ma se fosse stata mantenuta per lungo tempo la posizione seduta alla quale era stato costretto il suino, lo avrebbe portato alla morte in quanto innaturale, per cui la NASA decise di escludere per i test futuri questo tipo di animali.

Il 13 dicembre 1958 era già stato testato lo scimpanzè "Gordo" che lanciato con successo a



primari del progetto Mercury:

- Tenente Comandante **Alan Bartlett Shepard** Jr. U.S. Navy
- Tenente Colonnello **Virgil "Gus" Grissom** U.S. Air Force





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013



bordo di un razzo Jupiter rimase a gravità zero per ben 8 minuti rientrando sano e salvo.

Il 28 maggio 1959 furono lanciati a bordo di una capsula Mercury posta in cima ad un razzo Jupiter i due primati "Able e Baker", toccarono quota 482.000 metri atterrando incolumi a 1700 Km.

Da Cape Canaveral, successivamente vennero eseguiti altri lanci sia con che senza animali a bordo, testando le combinazioni Mercury-Atlas e Mercury-Redstone ottenendo dati importantissimi su angolo di rientro nell'atmosfera e resistenza dello scudo termico. Il 31 gennaio 1961 da Cape Canaveral venne lanciata una combinazione Mercury-Redstone, con a bordo un piccolo scimpanzè impaurito di nome "Ham", il volo ebbe successo ma con degli inconvenienti, il razzo Redstone diede più spinta del previsto e dovettero essere ricalcolati tutti i parametri di volo. Dopo l'ammarraggio si rischiò seriamente di perdere la capsula che si stava inabissando con il suo occupante, nonostante tutto "Ham" tornò sano e salvo. Questo volo ed un altro nel novembre 1961 segnano la fine dei voli con impiego di animali come cavie.

Ma i voli automatici continuarono fino al 12 aprile 1961 dove, da oltre cortina arrivò un altro duro colpo agli Stati Uniti, Radio Mosca annunciava che il Maggiore Juri Alekseevic Gagarin a bordo

della capsula "Vostok" era in orbita intorno alla Terra.

Il governo Americano capeggiato dal Presidente J.F.Kennedy, fecero grandi pressioni all'agenzia spaziale perché tutti i soldi versati al programma cominciasse a dare dei risultati.

Alla NASA ci si domandava come rispondere in maniera adeguata alla ormai egemonia Sovietica. La combinazione Mercury-Atlas dava garanzia di potenza sufficiente per posizionare la capsula in una orbita bassa, ma poca garanzia sull'affidabilità del razzo. La Mercury-Redstone dava più garanzia di sicurezza sul lanciatore ma meno potenza costringendo la capsula a compiere al massimo una parabola che non permetteva la messa in orbita del modulo.

Si decise per il lanciatore Atlas, ma non per un volo umano, ma ancora una volta per un volo automatico, una prova generale ad anticipare lo storico primo volo umano Statunitense.

Il volo si rivelò un completo fallimento, il razzo non si girò di 70° per posizionarsi nella traiettoria di fuga, venne attivato il sistema di salvataggio della capsula L.E.S. e successivamente il razzo fu fatto esplodere.

Durante tutto questo tempo i sette primi astronauti, oltre a presenziare ad iniziative varie e interviste, furono preparati alla missione che avrebbero dovuto compiere. Tra i vari test vennero sottoposti alla prima centrifuga a simulare l'aumento di forza di gravità che avrebbero sopportato durante il lancio. Furono inoltre svolti molti esperimenti in una enorme vasca per simulare l'assenza di gravità.

La NASA per il primo volo umano scelse la soluzione più sicura nella combinazione Mercury-Redstone 3, la sequenza dei voli stabili che il primo Americano a volare nello spazio sarebbe stato Alan Shepard.

Il 5 maggio 1961 la missione battezzata "Freedom7" dallo stesso Shepard, in una America che con il fiato sospeso nutre speranze di rivale verso il rivale Sovietico, prende il via il volo che in appena 15 minuti da inizio all'era dei voli spaziali Statunitensi.

Il piano di volo prevedeva decollo dalla terra ferma con una parabola-suborbitale ed il rientro con ammaraggio nell'oceano dove alcune unità navali e altrettanti elicotteri furono tempestivi nel recupero consegnando Shepard alla giusta gloria nazionale.





# Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista de "Il C.O.S.Mo" - e-mail: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net) - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - 19°-Anno 5 - numero 4 | 1/12/2013



Il 21 luglio dello stesso anno sarà la volta di Gus Grissom nella missione "*Liberty Bell*". Era diventata consuetudine degli astronauti dare un nomignolo ai rispettivi voli. La Mercury-Redstone 4 compì in altrettanti 15 minuti il secondo volo sub-orbitale Americano.

Ma non si era ancora compiuta una vera e propria orbita, per la quale era necessario il missile Atlas

che suscitava ancora molte perplessità nei tecnici della NASA.

Il 19 novembre 1961 il lancio della Mercury-Atlas 5 dove venne impiegato lo scimpanzè "*Enos*" dette un buon parametro di sicurezza, perciò il 20 febbraio 1962 l'astronauta John Glenn a bordo della "*Friendship 7*", in 4ore e 55 minuti compirà svariate orbite intorno alla terra diventando il primo Americano ad aver orbitato intorno al nostro pianeta.

Scott Carpenter fu il quarto Americano ad andare nello spazio e il secondo a compiere delle orbite. Gli succederanno Walter Schirra il 3 ottobre 1962 ed infine Gordon Cooper il 15 maggio 1963 che chiuderà di fatto l'intero programma.

I sette della Mercury avranno destini diversi tra loro.

Donald "*Deke*" Slayton non volerà mai in quanto gli venne riscontrata una grave insufficienza cardiaca, gli verrà affidato l'incarico di direttore degli equipaggi Gemini e Apollo; Glenn si ritirerà per sempre entrando in politica; un tragico incidente farà perdere la vita a Grissom nell'*Apollo 1*; per gli altri voleranno in altri programmi come Shepard che con l'*Apollo 14* camminerà sulla Luna, ma credo sia bello ricordarli il giorno in cui vennero presentati a tutto il mondo, del tutto ignari del loro destino ma fieri di essere i pionieri di quella nuova frontiera.

