



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 - N° 1 - 1/03/2015

EDITORIALE

Fabiola Gianotti

Devo dire che faccio molta fatica a descrivere questa nostra meravigliosa italiana, in solo mezza pagina e sicuramente non riuscirò a rendere onore ai suoi meriti. C'è di che essere orgogliosi! Personaggi ed eventi come questi riescono a mitigare (ma non a far dimenticare) i tristi e spregevoli episodi di italianità che quotidianamente ci affliggono: mafia, corruzione, clientelismo, furbizia, ignoranza, mancanza di senso civico, ecc.

Ma veniamo a lei, che è meglio: sognava di diventare una ballerina del Bolshoi, **invece ha scoperto il bosone di Higgs, la particella che tiene in piedi il cosmo.** Così oggi Fabiola Gianotti, 51 anni, è uno dei cervelli più brillanti del pianeta, in odore di Nobel, **ma coi piedi per terra!** Responsabile del progetto **ATLAS** al CERN, **dirige un team di oltre 3000 fra fisici, ingegneri e tecnici che hanno progettato e costruito la macchina più complessa che l'uomo abbia mai realizzato (il CERN impegna 11.000 persone di 100 paesi).** Grazie Fabiola per far funzionare questa enorme struttura che è l'LHC del CERN, uno dei pochi posti al mondo dove si lavora **"per la Scienza al servizio della Pace"**, dove collaborano tra loro scienziati i cui paesi di origine sono in guerra.

Dopo esserne stata coordinatrice dal 1999 al 2003, **eletta dai propri colleghi**, ha ripreso tale carica dal 2009 al 2013. In qualità di portavoce di ATLAS, **il 4 luglio 2012 ha annunciato presso l'auditorium del CERN, unitamente a Joseph "Joe" Incandela (Professore di Fisica all'Università della California, USA), portavoce dell'esperimento CMS, la prima osservazione di una particella compatibile con il bosone di Higgs** (la 17° particella).

Fabiola è anche membro del comitato consultivo per la Fisica al Fermilab negli USA e dell'Accademia dei Lincei per la classe di scienze fisiche. È diplomata in pianoforte al Conservatorio di Milano. Non è atea!

Il 4 novembre 2014 è stata selezionata dal consiglio del CERN, alla sua 173ª sessione, per la carica di **direttore generale.** È la **prima donna a ricevere tale designazione.** La nomina è stata formalizzata ne dicembre 2014 e **il mandato avrà inizio l'1/1/2016 per un periodo di cinque anni.** Per *Time* (vedi copertina), **la sua reputazione è già leggendaria.** Nella sua "motivazione", la rivista americana sottolinea il suo "essere donna" in

un mondo come quello della fisica, dominato dagli uomini.

La sua è stata un'impresa che, secondo il periodico USA, colloca Fabiola tra le persone più importanti dell'anno, subito dopo il presidente Usa Barack Obama, Malala Yousafzai (la ragazza pachistana simbolo della lotta delle donne contro i talebani) e Tim Cook, l'erede di Jobs al timone della Apple. **La sua non è la storia di un cervello in fuga.** Dopo il dottorato vinse un posto da ricercatore a Milano. Un paio di anni più tardi una borsa di studio e poi un contratto permanente al CERN. Continua così e sii di esempio per tutti!

Il presidente

Luigi Borghi (borghiluigi23@gmail.com)



(ansa)

In Breve

Le domene impossibili, di Leonardo Avella

Il momento migliore per mettere il sale nell'acqua Pag. 2 e 25

Astronautica, di Luigi Borghi

Come afferrare un asteroide e lo scudo magnetico Pag. 2

Astronautica, di Ciro Sacchetti e Davide Borghi:

Antares ed i motori russi Pag. 6

Astronautica di Luigi Borghi

Il motore impossibile. Pag. 13

Storia dell'astronomia di Franco Villa

Astronomia nell'antichità. Pag. 18



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo.” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Le domande Impossibili

Di Leonardo Avella

Per il ciclo “le domande impossibili”, ecco quella che vi propongo in questo numero:

Oggi voglio mangiare un bel piatto di pasta. Qual è il momento migliore per mettere il sale nell'acqua? La risposta nelle ultime pagine!!

Come afferrare un asteroide e lo “scudo magnetico” di Star Wars. Di Luigi Borghi.

I recenti fatti della sonda Rosetta e del suo lander Philae ci hanno fatto capire quanto difficile sia “aggrapparsi” ad un asteroide o ad una cometa, con una gravità quasi nulla.

È noto che NASA e alcune company private mirano allo sfruttamento delle risorse sugli asteroidi, pertanto si sta creando un certo know-how in materia.

La **Altius Space Machines**, (<http://www.altius-space.com/>) un'azienda di Denver in Colorado, si è specializzata nei sistemi di rendez-vous e docking.

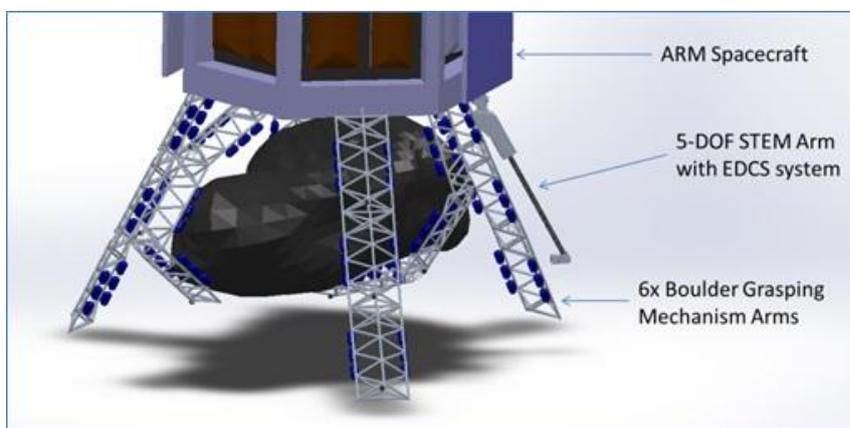
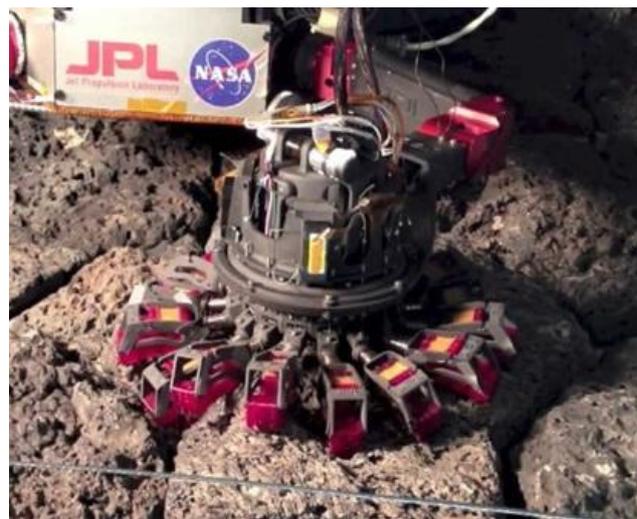
Altius, infatti, è in trattative con la NASA per lavorare alla discussa missione di cattura dell'asteroide. L'amministratore delegato Jonathan Goff, attraverso un'intervista rilasciata alla parabolicarc.com ci offre la possibilità di approfondire le modalità di questa impresa.

Quanto segue è stato pubblicato sul blog di Altius. **Il concetto di base risale ad uno studio dell'istituto Keck, che proponeva di selezionare un Near Earth Object e collocarlo in orbita lunare per studi successivi.** Rispetto all'inviare una missione di ricerca verso l'asteroide, il suo spostamento offre la possibilità a scienziati ed imprese commerciali di lavorare su di una massa molto grande (ipoteticamente pari all'ISS), ad una distanza conveniente e sicura.

NASA ha declinato lo studio in **due diversi approcci**: uno è quello originale del Keck, ovvero **catturare un oggetto di 6-10 metri di diametro**, mentre l'altro prevede l'impiego di manipolatori robotici per **staccare un masso di 3-10 metri da un asteroide più grande.**

Per quanto riguarda la rimozione del masso dalla superficie, si propone una struttura a gru (vedi in basso a sinistra), ma Altius ha lavorato con la DARPA a soluzioni diverse, come i cosiddetti “microspine grippers” (**vedi in alto destra**), o soluzioni ibride.

Altius ha poi raccolto tutta la propria competenza in due proposte contrattuali per il meccanismo di cattura, una delle





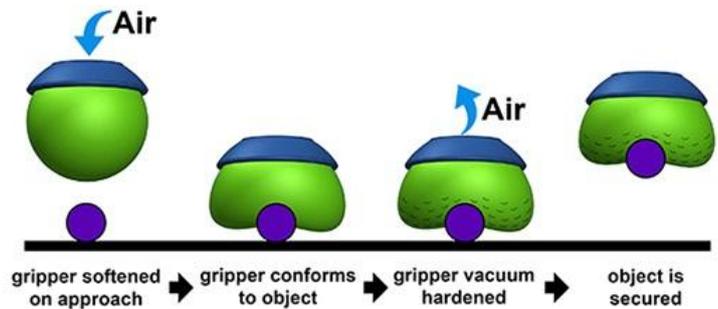
Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

quali è ora oggetto della trattativa commerciale. Si tratta del Kraken, così chiamato perché ricorda i tentacoli di un polipo (**pag. precedente in basso a destra**). Il sistema è composto da due componenti principali: i "tentacoli", in grado di aggrapparsi al suolo ed al campione, ed una struttura di controllo a "braccia" con un dispositivo per la raccolta di polveri.

Le "braccia" STEM sono dunque impiegate per una ispezione ravvicinata ed una mappatura del masso candidato, e per la rimozione della regolite dalla sua superficie ed alla base dello stesso. Fatto ciò, sei dei "tentacoli" si aggrappano al masso per la sua rimozione, mentre altri tre fungono da "gambe" per l'intera struttura. Una volta sollevato il masso, i sei tentacoli possono aggiustare la presa prima di cominciare il viaggio verso l'orbita lunare.

La fase 1 del contratto prevede di sviluppare due nuove tecnologie necessarie al Kraken: il sistema elettrodinamico di raccolta polveri (EDC) ed i grappini di ancoraggio per i tentacoli, con la realizzazione di un modello in scala. L'EDC usa forze elettrodinamiche per manipolare

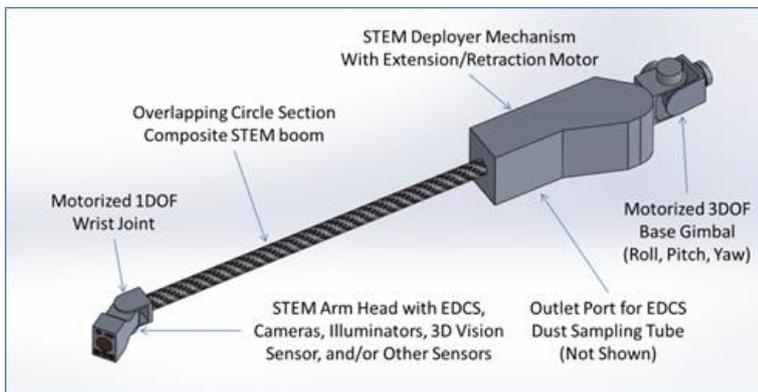


può funzionare. Tuttavia Empire Robotics ha sviluppato alcuni sistemi alternativi per bloccare il granulato anche in assenza di depressione atmosferica, ed essi verranno testati in camere a vuoto (**vedi sopra a destra**).

Infine, occorre lavorare sui tentacoli ai quali applicare i grappini, più propriamente definiti bracci a traliccio sotto-attuati. Il termine "sotto-attuati" (underactuated) indica che il braccio ha più snodi/gradi di libertà di quanto non abbia attuatori, e gli angoli di lavoro sono controllati da una combinazione di più meccanismi che lavorano sull'attuatore medesimo (di solito, un tendine, **vedi foto in basso a destra**).

A margine, vi è un grande gruppo di imprese, guidato da [ExoTerra Resources](http://ExoTerraResources.com), che sta sviluppando un bus per satelliti con propulsione solare elettrica da impiegarsi in questa ed altre missioni.

Come si ricorderà, la missione di cattura di asteroide è molto controversa, e recentemente tre deputati hanno inserito nel budget NASA alcune restrizioni all'impiego di fondi destinati in esclusiva ad essa. Fortunatamente, tutte le tecnologie di cui sopra hanno anche altri impieghi (l'EDC potrebbe



polveri, ed i suoi componenti possono essere inseriti in un braccio manipolatore STEM insieme a telecamere e fari di illuminazione (**vedi sopra**). Per quanto riguarda i grappini di ancoraggio (sviluppati da [Empire Robotics](http://EmpireRobotics.com)), essi sono costituiti da una membrana che circonda un materiale granulare.

L'aria (o altro gas) viene usato per tendere la membrana e distanziare le particelle granulari. A questo punto la superficie della membrana può conformarsi a praticamente qualsiasi forma; successivamente viene creata una depressione nella membrana, e come risultato le particelle si bloccano intorno all'oggetto. **Questo, in atmosfera: nel vuoto, questo approccio non**





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

corredare una sonda scientifica, mentre i grappini di ancoraggio potrebbero un giorno catturare capsule e satelliti per il docking), e pertanto lo studio potrà continuare.

Altius Space Machines recentemente si è aggiudicata ben 4 contratti per lo sviluppo di nuovi sistemi per la cattura di asteroidi (o il recupero di frammenti di essi), nell'ambito del discusso progetto NASA di riposizionare un piccolo corpo celeste in una orbita opportuna del sistema Terra-Luna.

Altius, tuttavia, è anche **subfornitore nel progetto Cubesat** che dovrà fungere da dimostratore per la tecnica di aerocattura tramite guscio magnetico ad attrito variabile, che vede la compagnia **MSNW** (plasma e fusione nucleare) come primo appaltatore.

La **MAC** (“magnetoshell aerocapture”) è un sistema per rallentare un veicolo spaziale usando le interazioni fra le molecole nell'atmosfera (elettricamente neutre) ed un guscio di plasma (ionizzato) che circonda il veicolo stesso. Lo “scudo magnetico” di **Star Wars** (quasi).

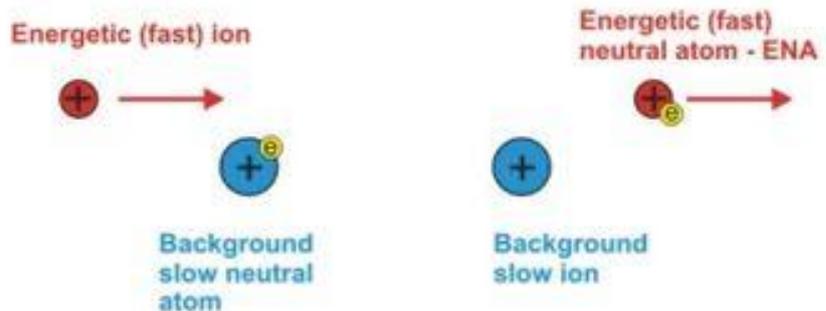
Gli altri sistemi di aerofrenata prevedono di deflettere le particelle di gas intorno alla navicella spaziale, mentre **qui si tratterebbe di “assorbire” le particelle neutre che impattano il guscio e rilasciarle successivamente, una volta che esse siano state accelerate alla stessa velocità del veicolo in ingresso atmosferico. Il trasferimento di velocità dal veicolo alle particelle si traduce in una diminuzione equivalente del momento del veicolo medesimo.**

In pratica, usando un elettromagnete dipolare ed un generatore di plasma, **viene creata una magnetosfera artificiale intorno alla capsula**, analoga a quella che naturalmente circonda un pianeta. L'elettromagnete dipolare è l'equivalente del campo magnetico terrestre, ed il plasma viene iniettato ed intrappolato dal campo dipolare. Quando una particella atmosferica neutra entra in contatto con il campo, si ha una collisione con scambio di carica, nella quale un elettrone si stacca dal gas atmosferico per ricongiungersi ad uno ione del plasma (**vedi schema a destra**).

Le elevate velocità e densità del processo fanno sì che la collisione con scambio di carica risulti predominante rispetto a tutti gli altri effetti sul plasma, come la ionizzazione.

A questo punto, la particella di gas atmosferico è diventata uno ione all'interno di un campo magnetico dipolare che si muove ad alta velocità, accelerandola. Per contro, lo ione della magnetosfera, ora neutro, si allontana con una velocità media che è quella della navicella. Ad altitudini ottimali (85-150 chilometri), e calibrando opportunamente la densità del plasma ed il diametro del guscio, si può essere certi che ogni particella neutra di atmosfera che attraverserà la magnetosfera verrà caricata elettricamente, catturata dal campo dipolare, accelerata alla velocità della capsula ed infine neutralizzata quando entrerà a sua volta in contatto con una “nuova” particella neutra esterna.

Charge Exchange Collisions



I vantaggi di questo approccio sono notevoli:

- 1) il diametro del guscio frenante può essere variato rapidamente intervenendo sulla corrente che arriva all'elettromagnete dipolare. **In questo modo si può variare la forza frenante in modo quasi istantaneo**, anche se la densità precisa dell'atmosfera non è nota all'ingresso.
- 2) il **diametro effettivo del freno è molto grande (fino a 100 metri)**, ed i coefficienti balistici sono uno o due ordini di grandezza inferiori rispetto ai sistemi gonfiabili, e molti ordini di grandezza inferiori rispetto agli scudi termici.
- 3) la riduzione dei coefficienti balistici si traduce in una riduzione (sempre di una o due magnitudini) della densità atmosferica richiesta per la frenata, il che, a sua volta, **comporta un crollo delle pressioni dinamiche e del calore sperimentati**



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

dalla navicella. Alcuni studi suggeriscono una riduzione del calore di **14mila volte**.

4) questo sistema può essere adottato sui veicoli a prescindere dalla loro forma più o meno aerodinamica

5) non sono richiesti superconduttori, bensì normali magneti alimentati a batteria.

6) lo stesso concetto di guscio magnetico potrebbe essere usato nello spazio per proteggere il veicolo da radiazioni e brillamenti solari.

MSNW ha già sviluppato studi per un sistema MAC per una missione automatica su Nettuno ed una con equipaggio verso Marte, e sono stati effettuati esperimenti in camera a vuoto che hanno evidenziato un aumento dell'attrito dovuto al MAC di ben mille volte.

Ora il contratto prevede una prima missione dimostrativa che userà un cubesat da 3 o 4 unità, dispiegato dall'ISS; l'esperimento dovrà testare l'efficacia del MAC sia come aerofreno che come scudo antiradiazioni all'interno delle fasce di Van Allen. MSNW realizzerà il carico pagante, mentre Altius si occuperà del bus del cubesat (struttura, energia, avioniche, sensori etc.).

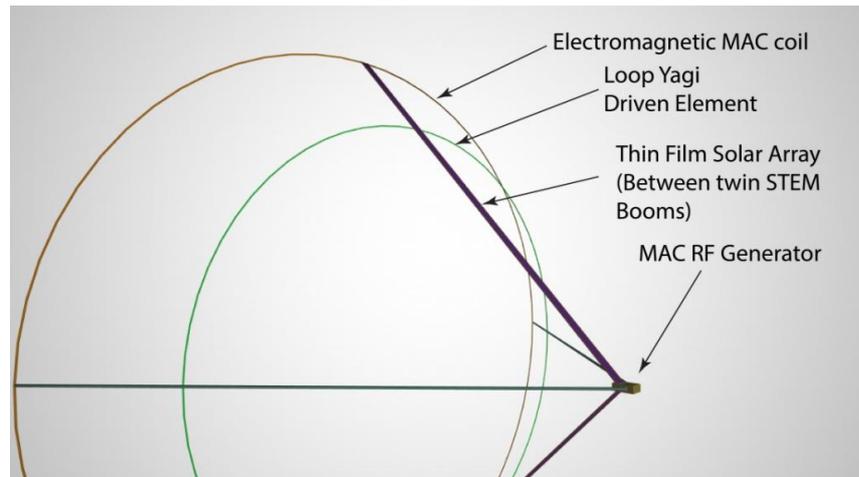
Sarà fondamentale la progettazione dell'interfaccia termica fra la bobina del MAC ed il satellite. Questo perché essa può arrivare ad un kilowatt di potenza durante il funzionamento, mentre la più grossa batteria mai installata su uno di questi microsattelliti è da **250 watt/ora**: il calore in eccesso deve essere disperso nello spazio per non danneggiare le elettroniche di bordo.

Nella fase due del programma, Altius dovrà trovare un modo per impiegare i cubesats in missioni interplanetarie, risolvendo questi tre principali problemi: propulsione, energia e comunicazioni.

Al proposito, il progetto MIDAS prevede di usare una bobina elettromagnetica ripiegabile ma di grande diametro (2-5 metri), per un MAC in grado di operare nelle atmosfere di Marte, Venere o dei giganti gassosi esterni. Sono inoltre previsti uno o più pannelli solari ad alta potenza, ripiegabili e con pellicola ultra-fine, per generare corrente anche oltre l'orbita marziana. Infine, MIDAS

prevede una antenna di grandi prestazioni per il contatto con la Terra.

Questi tre sistemi verrebbero tutti montati su comuni travi STEM per il dispiegamento nello spazio. (*vedi disegno sottostante*).



L'aumento del diametro della bobina (ottenuto piazzando l'elettromagnete all'estremità dei travi) consente di aumentare le prestazioni del MAC a parità di massa e potenza delle batterie, rendendo l'aerofrenata al plasma possibile nei pressi di qualunque corpo del sistema solare provvisto di atmosfera. Un altro beneficio di questa soluzione è che, visto che le travi non devono necessariamente avere la stessa lunghezza, è possibile creare il campo magnetico dipolare con un asse che non attraversi la navicella, il che potrebbe ridurre o eliminare le interazioni con particelle dannose durante il funzionamento come scudo anti-radiazioni.

Sebbene al momento gli esperimenti siano basati su piattaforme cubesat, il sistema MAC è evidentemente applicabile con profitto su veicoli molto più grandi e con elevate velocità di rientro, quali una capsula Orion in rientro da una missione marziana o lo stadio superiore di un razzo destinato al riutilizzo.

Per ora siamo in una fase assolutamente sperimentale, ma promettente. Vedremo presto come saranno affrontati i problemi ingegneristici che si manifesteranno sia nelle missioni verso gli asteroidi che verso Marte. Il MAC ha indubbiamente una serie di vantaggi che lo porranno sui blocchi di partenza.

<http://www.altius-space.com/>

<http://www.forumastronautico.it/index.php?topic=21740.0>



Antares e i motori russi

di Davide Borghi e **Ciro Sacchetti**.

Il mondo dei lanciatori spaziali e' in fermento in questi mesi.

La prima causa apparente sono alcuni incidenti al lancio come quello del razzo americano Antares e quello della navetta britannica SpaceShipTwo. Il problema di quest'ultima sembra sia dovuto almeno in parte ad un errore del co-pilota. Il problema dell'Antares sembra essere dovuto invece ad una difettosità dei motori russi AJ-26 da esso usato. Motori russi simili, peraltro, sono stati usati per più di un decennio su dozzine di lanci dei razzi Atlas americani. La seconda causa del fermento e' la situazione politico-militare internazionale dopo i fatti in Ucraina, Crimea in particolare.

La terza causa e' l'entrata in scena dei fornitori privati. Una quarta e ultima ragione e' infine il lancio di nuovi vettori pesanti americani e russi per piazzare payloads in orbita alta, per la prima volta da molti anni. Si tratta dell'americano Delta IV Heavy che ha lanciato la navetta Orion da 21ton in orbita LEO (9ton in orbita alta), lanciato il 5 Dicembre 2014. E del russo Angara 5 da 25ton in orbita LEO (4.5ton in orbita GEO), lanciato il 23 Dicembre 2014. [1] [20].

Lo scenario e' quindi intricato, e ulteriormente complicato da una pletera di sigle di motori russi e americani. Cogliamo ora l'occasione per cercare di mettere un po' di ordine e fotografare la situazione, peraltro continuamente in evoluzione.



I motori gemelli AJ-26 dell'Antares [22]

Il razzo Antares e' prodotto da **Orbital Sciences** che, a seguito dell'incidente, si accorda con la russa **Energomash** per avere 60 motori **RD-181** al posto dei vecchi **AJ-26** (versione modificata dalla AeroJet americana degli storici **NK-33** sovietici), ritenuti responsabili dell'esplosione del razzo Antares del 28 Ottobre.



Antares con motori AJ-26 [4]



L'esplosione del razzo Antares [23]

Il NK-33 e' il motore usato nel nuovo primo stadio del nuovo razzo **Soyuz-2-1v** (Союз) già lanciato in un primo, e unico finora, volo di prova il 28 Dicembre del 2013. Il NK-33, disponibile in quantità limitate in quanto fuori produzione, sarà rimpiazzato dal **RD-193**. Il NK-33 e' stato originariamente progettato e prodotto per il famoso **N-1** sovietico destinato alla Luna. Il motore e' stato prodotto in diverse dozzine di esemplari alla fine degli anni '60 e da allora questi esemplari sono utilizzati per la propulsione di diversi razzi. Ora ne sono rimasti solo una ventina disponibili, probabilmente destinati alle Soyuz-2-1v. [24] [25]



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

I motori NK-33 e quelli ad esso collegati come sviluppo sono particolari in quanto i getti di uscita, ricchi di ossigeno, tendono ad attaccare il metallo, causando eventualmente fallimenti strutturali. Gli Stati Uniti hanno investigato tecnologie basate su getti ricchi di ossigeno solo recentemente, mentre i sovietici hanno perfezionato queste tecnologie già negli anni '60. In particolare la metallurgia: l'ugello è ricavato da metallo corrugato, dando luogo ad una struttura leggera ma robusta. Inoltre siccome la densità del kerosene e dell'ossigeno liquido sono simili, se raffreddati opportunamente, viene usato un solo albero per entrambe le turbopompe. L'impulso specifico che ne risulta è particolarmente elevato, aumentando l'efficienza del motore.



Il NK-33 costruito per il razzo N-1 lunare.

Vogliamo inoltre ricordare che i motori in questione vennero scelti da Korolyov per il suo **N1**, a seguito di una vera e propria gara nell'ottobre 1960, tra gli **OKB-456** (*Opytno-Konstruyorkye-Byuro; Ufficio-Progettazione-Speciale*) di **Valentin Glushko**, l'**OKB-154** e l'**OKB-276** del totale outsider **Nikolaj Kuznetsov**, che lo vedrà vincitore con il suo non certo fortunato **NK-33**. Le ragioni che portarono Korolyov a questa infausta decisione furono dettate in primis da una profonda rivalità e odio verso Glushko nata dopo anni di collaborazione ed amicizia tra i due ingegneri, mentre la seconda ragione era la propensione di quest'ultimo ad utilizzare motori a propellenti ipergolici che a suo parere erano più redditizi rispetto a quelli del rivale Kuznetsov, ma anche altamente instabili, rischiosi per l'ambiente e difficilmente gestibili per l'elevatissima tossicità del propellente.

La tecnologia sviluppata sui motori a Kerosene era a lungo collaudata e più sicura rispetto a quella dei motori a Idrazina, Korolyov non avrebbe mai rischiato la vita di un equipaggio umano posto su un razzo spinto dai motori di Glushko, che incassò un duro colpo.

In questi anni oltre a collaborare con l'**OKB-1** di **Korolyov**, **Glushko** fornisce parallelamente motori all'**OKB-52** di **Chelomey** dando vita al razzo **Proton/UR-500**, questo sarà un altro dei principali motivi della frattura tra loro.[28]

Le precedenti **Soyuz-ST** usano invece i motori **RD-117** e le **Soyuz-U** i **RD-107** in 4 razzi laterali, che usano **RP-1** (Refined Petroleum: kerosene molto raffinato) e **LOX** (Ossigeno liquido), da 1021KN e con impulso specifico nel vuoto di 310s, ognuno con quattro camere di combustione che condividono lo stesso gruppo di turbopompe.

L'ordine di Orbital Sciences per 20 motori RD-181 con due opzioni ulteriori da 20 motori ciascuna, vale in totale quasi 1.0BLN \$ e copre le esigenze fino al 2020. [3] [4]

Il RD-181 è costruito nella fabbrica Khimki che costruisce anche gli **RD-180**, da 4150KN e 338s di impulso specifico, usati dal razzo americano **Atlas V** della United Launch Alliance (**ULA**) americana. Dopo gli attriti e le sanzioni americane seguite all'annessione russa della Crimea, il governo russo ha proibito



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 - N° 1 - 1/03/2015

l'esportazione di tali motori per missioni militari americane, che rappresentano una grossa fetta dei lanci degli Atlas.

La ULA, di conseguenza, per ragioni di sicurezza nazionale, ha, dal Settembre di quest'anno (2014), un accordo con la americana **Blue Origin**, per la fornitura di motori **BE-4** (a LOX e metano) sostitutivi dei russi RD-180. Questi BE-4, da 2400KN l'uno, diverranno operativi dal 2019 e fino ad allora le esigenze operative verrebbero comunque coperte dalle attuali scorte già acquistate di motori russi.

La **ATK Thiokol** (attiva nel settore aerospaziale e della difesa e la stessa dei razzi SRB laterali dello Space Shuttle) ha fornito di recente anche una seconda alternativa "domestica" con razzi a combustibile solido, che sarebbero anch'essi pronti per la deadline del 2019. [5]

Anche la americana **Aerojet Rocketdyne** ha proposto, a Giugno 2014, un motore doppio **AR-1** a RP-LOX da 2200KN l'uno, per un costo di 25MLN\$ a coppia di motori appaiati, e un costo di sviluppo complessivo di 1BLN\$.



I motori gemelli RD-180 [21]

Il Atlas V dal 2002 ha fatto ben 49 lanci con successo, spinti dai motori russi.

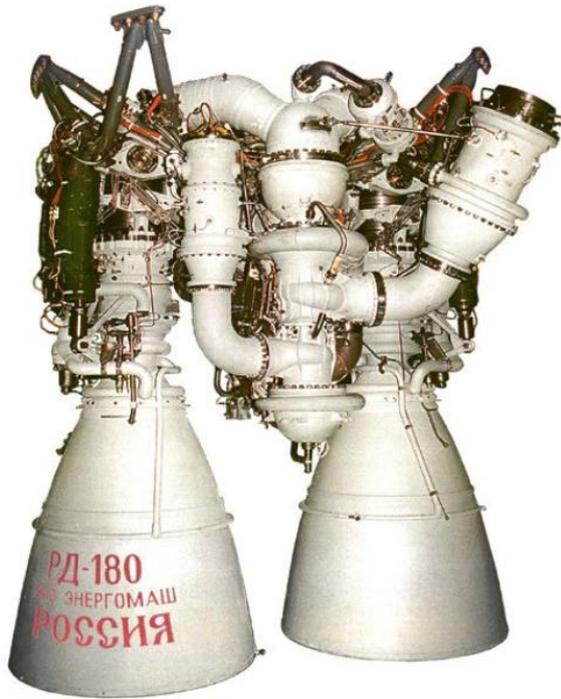
Il RD-180 e' derivato direttamente dal piu' vecchio **RD-170**, il più potente razzo a combustibile liquido, ideato per la navetta **Buran** successivamente montato a suo tempo sul **Energia** russo, e in produzione solo per un breve periodo di tempo. Ha 2 camere di combustione (contro le 4 del RD-170) con una singola turbina. La molteplicità delle camere di

combustione e' figlia dei problemi di stabilità della combustione avuti fin dagli anni '50 del XX secolo, dal gruppo di progetto **OKB-456** di **Valentin Glushko**, risolti appunto con più camere e più piccole.[28]

Il RD-180 e' ora importato e gestito dalla **RD Amross**, una joint venture locata in Florida, fra la americana **Pratt&Whitney** e la russa NPO Energomash (appunto). In realtà l'accordo preliminare di diversi anni fa, prevedeva che la joint-venture "amero-russa" (come direbbe Stefano Benni in "Terra!") dovesse essere già ora in grado di produrre una versione americana del motore russo, sul suolo della Florida. Poi sono sopraggiunti costi aggiuntivi pari a diversi miliardi di dollari, che hanno fatto preferire l'importazione diretta dei motori dalla Russia.

I motori russi dell'Atlas sono stati anche oggetto di una causa in tribunale scatenata da **Elon Musk**, fondatore della Tesla e di **Space X**, che ritiene che l'importazione di questi motori dalla Russia violi le sanzioni imposte per l'invasione della Crimea. Musk e' preoccupato della concorrenza a basso costo fatta da questi motori al proprio programma spaziale della Space X, in particolare le navette **Dragon** e il vettore **Falcon**. Le Dragon garantiscono comunque il finanziamento di 1.6BLN\$ all'anno che continua a fluire dalla NASA. L'agenzia pubblica americana continua anche a puntare anche sul settore privato per i viaggi umani alla ISS. La NASA continua infatti a finanziare Space X per una versione abitata della Dragon e la **Boeing** per la capsula **CST-100**. [6] [7] [8] [9]

La navetta abitata **SpaceShipTwo**, che ha subito la tragedia del 31 Ottobre 2014, della britannica **Virgin Galactic** di Sir **Richard Branson**, e' invece una iniziativa privata indipendente, a scopo commerciale e turistico.



RD-180 con la doppia camera di combustione [21]

Il RD-180 assomiglia molto al **RD-191** montato attualmente sui nuovissimi razzi **Angara** (Ангарá), nome ispirato al fiume siberiano collegato al lago siberiano Baikal e passante per Irkutsk. Il Angara e' stato costruito per rimpiazzare il vecchio **Proton** (Протон) / **UR-500** del 1965, con una capacita' di 20ton in orbita LEO. Il Proton usa ancora motori ipergolici (**idrazina**) che sono altamente tossici e corrosivi e provocano alti costi di bonifica in caso di incidente al lancio. I propellenti ipergolici esplodono nell'istante in cui il propellente viene a contatto col comburente. [10]

Il **Proton/UR-500**, venne impiegato per il programma di circumnavigazione lunare con equipaggio **L-1 ZOND** (1965/70).

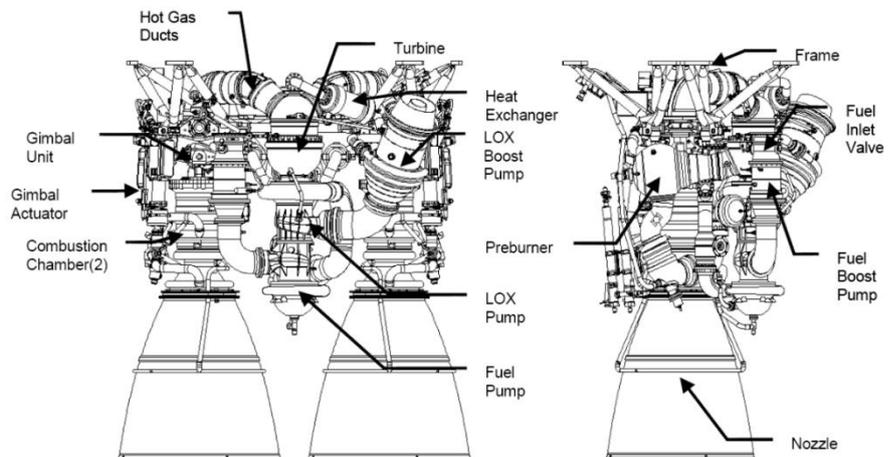
Con l'intento di soffiare agli Americani l'invio del primo equipaggio umano in orbita lunare, l'**URSS** inizia una serie di lanci automatici Il 28 settembre 1967 il lancio del **Porton** fallisce, la sua ricaduta al suolo sviluppa una nube tossica

che contamina una vasta zona del Kazakhstan. Altri lanci non perfettamente riusciti portano a considerare il **Proton** un lanciatore non sicuro per il volo umano. Il 13 luglio 1969, a tre giorni dal lancio dell'**Apollo-11**, viene lanciata verso la Luna la sonda **Luna-15**, approntata in tutta fretta a bordo di un **Proton**. Avrebbe dovuto allunare, prelevare un campione di suolo e riportarlo a terra consentendo all'**URSS** di essere i primi in possesso di un campione lunare, ma la sonda fallirà l'allunaggio proprio durante la passeggiata di **Armstrong** e **Aldrin**. [28]

Il Angara viene lanciato da **Plesetsk**, vicino ad Arkangel, e fornisce la possibilità di sganciarsi dalla dipendenza da **Baikonur** in Kazakhstan, anche prima dell'operatività' del sito Vostochny, nell'Amur, nell'estremo oriente russo, che, a causa dei costi esorbitanti (13.5BLN\$) e della situazione finanziaria russa, non rappresenta una prospettiva solida. [11]

Il Angara 1 ha effettuato un primo volo suborbitale il 23 Luglio 2014, seguito da un volo del Angara 5 con lancio in orbita geosincrona il 23 Dicembre 2014. Entrambi hanno trasportato con successo masse di prova da 1430Kg e 2000Kg rispettivamente.

Il RD-180 e' simile anche al **RD-151** che fornisce propulsione al **Naro-1** sud-coreano.



RD-180 in dettaglio [26]

I sessanta RD-181 ordinati dalla Orbital Sciences sono discendenti dal **RD-171** montato



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 - N° 1 - 1/03/2015

sul razzo ucraino **Zenit** (Зеніт), progettato dal **Yuzhnoye Design Bureau (OKB-586)** basato a Dnipropetrovsk (oggi *Yuzhnoe*) in Ucraina, negli anni settanta era la più grande industria di missili al mondo. [12] [28]

La configurazione con gli RD-181 ha dimostrato un MTBF (Mean Time Between Failure) più che doppio rispetto al tempo di volo dei razzi Antares ad oggi. Gli RD-151 e gli RD-191 combinati hanno alle spalle oltre 10h di test time cumulativo.

I vecchi motori doppi AJ-26 erano forniti dalla Aerojet Rocketdyne. [13] Usano propellente RP-1 e LOX, generano una spinta di 3800KN e un impulso specifico di 312s. Un impulso specifico di tutto rispetto per un motore chimico tradizionale. Naturalmente battuto (alla grande) dai motori a ioni come quello da 3100s di impulso specifico della **Deep Space 1** americana che però sviluppa una forza di soli 0.09N!

L'**impulso specifico** rappresenta una misura dell'efficienza del motore. E' la forza sviluppata rispetto al peso del propellente utilizzato nell'unità di tempo. Un impulso elevato significa meno propellente necessario per produrre spinta. [14] [15]

Come paragone: i vettori laterali SRB a combustibile solido della **ATK Thiokol** dello **Space Shuttle** hanno un impulso di 268s per 14000KN, mentre i tre leggendari **RS-25** della Pratt&Whitney-Rocketdyne dell'Orbiter hanno un impulso di 452s per 2279KN. I motori Pratt&Whitney dell'aereo spia **Black Bird** della Lockheed, hanno un impulso di 1800s per raggiungere Mach 3.5, mentre i **General Electric CF5** dei **Boeing 747** hanno un impulso di 6000s per raggiungere Mach 0.8. [16]

Come si vede il quadro e' piuttosto complesso e articolato, ma sintomatico del fermento nel settore dovuto sia all'interesse commerciale che militare per le applicazioni spaziali. Un elemento di assoluta novità sta nei programmi spaziali di aziende private, una buona notizia per una prospettiva di abbassamento dei costi di accesso allo spazio (Elon Musk vuole dimezzarli per l'orbita LEO), anche se probabilmente le aziende coinvolte dovranno essere in parte

mantenute dalle agenzie governative. L'apporto del settore pubblico aiuta infatti a dare quella continuità di investimenti necessaria per una attività a lungo termine come questa, anche in presenza di momentanei punti di arresto come appunto gli incidenti della SpaceShipTwo e dell'Antares nel 2014.



RD-171 [27]

Chiudiamo con un ultimo cenno storico sugli AJ-26 al secolo NK-33, con la chiusura in gran segreto del programma lunare e lo smantellamento dei razzi N-1, Kuznetsov proseguì per altri tre anni i lavori di miglioria sui suoi motori portandoli a diventare dei veri gioielli capaci di resistere a dieci accensioni e a bruciare per più di tre ore senza guasti. Quando si rese necessaria la scelta dei motori per il **Buran**, Glushko, che nel frattempo aveva



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

assorbito l'odiato **OKB-1** trasformandolo nell'**NPO Energia**, temendo che i suoi **RD-170** venissero scalzati dai motori di Kuznetsov, con un abile mossa politica nel 1977 ne fece decretare la distruzione, che di fatto però non avvenne mai realmente. Infatti 70 esemplari circa di NK-33 vennero ammassati di nascosto in un magazzino e sulle porte venne apposto un cartello recante la scritta “Scorie Radioattive Pericolo di Morte”, qui vi rimasero fino alla caduta dell'Unione Sovietica, nel 1995 furono rinvenuti e in una Russia in profonda crisi economica, 36 vennero venduti alla suddetta Aerojet Californiana per la modica somma di 450 milioni di Dollari.[28]

Bibliografia:

[1]

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

[2]

http://en.wikipedia.org/wiki/Antares_%28rocket%29

[3] <http://rt.com/news/215063-antares-russian-rocket-engines/>

[4] <http://spacenews.com/orbital-sciences-orders-rd-181-engines-for-antares-rocket/>

[5] <http://www.nasaspaceflight.com/2014/11/at-expand-alternative-atlasv-rd-180/>

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Falcon_9

[7] <http://www.virgingalactic.com/>

[8] http://en.wikipedia.org/wiki/Virgin_Galactic

[9] <http://en.wikipedia.org/wiki/RD-180>

[10]

http://en.wikipedia.org/wiki/Hypergolic_propellant

[11]

http://en.wikipedia.org/wiki/Vostochny_Cosmodrome

[12] http://en.wikipedia.org/wiki/Yuzhnoye_Design_Bureau

[13] http://en.wikipedia.org/wiki/Aerojet_Rocketdyn_e

[14] http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_impulse

[15] <http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/specimp.html>

[16] <http://www.parabolicarc.com/2014/12/16/orbital-replace-russian-engines-russian-engines-antares/>

[17] http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_orbital_launchers_families

[18] http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_orbital_launch_systems

[19] http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_orbital_rocket_engines

[20] http://en.wikipedia.org/wiki/Orion_%28spacecraft%29

[21] <https://militarytechcooperations.wordpress.com/tag/rocket-engine/>

[22] <http://www.spaceflightinsider.com/missions/commercial/orbital-sciences-chooses-rd-181-aj-26-engine-replacement/>

[23] <http://spacenews.com/42340antares-rocket-explodes-after-liftoff/>

[24] <http://en.wikipedia.org/wiki/NK-33>

[25] <http://www.russianspaceweb.com/nk33.html>

[26] http://www.alternatewars.com/BBOW/Space_Engines/Russian_Engines.htm

[27] <http://rocketscience.wikia.com/wiki/RD-171>

[28] IL MISTERO DEI COSMONAUTI PERDUTI di Luca Boschini.

Per un quadro più completo:

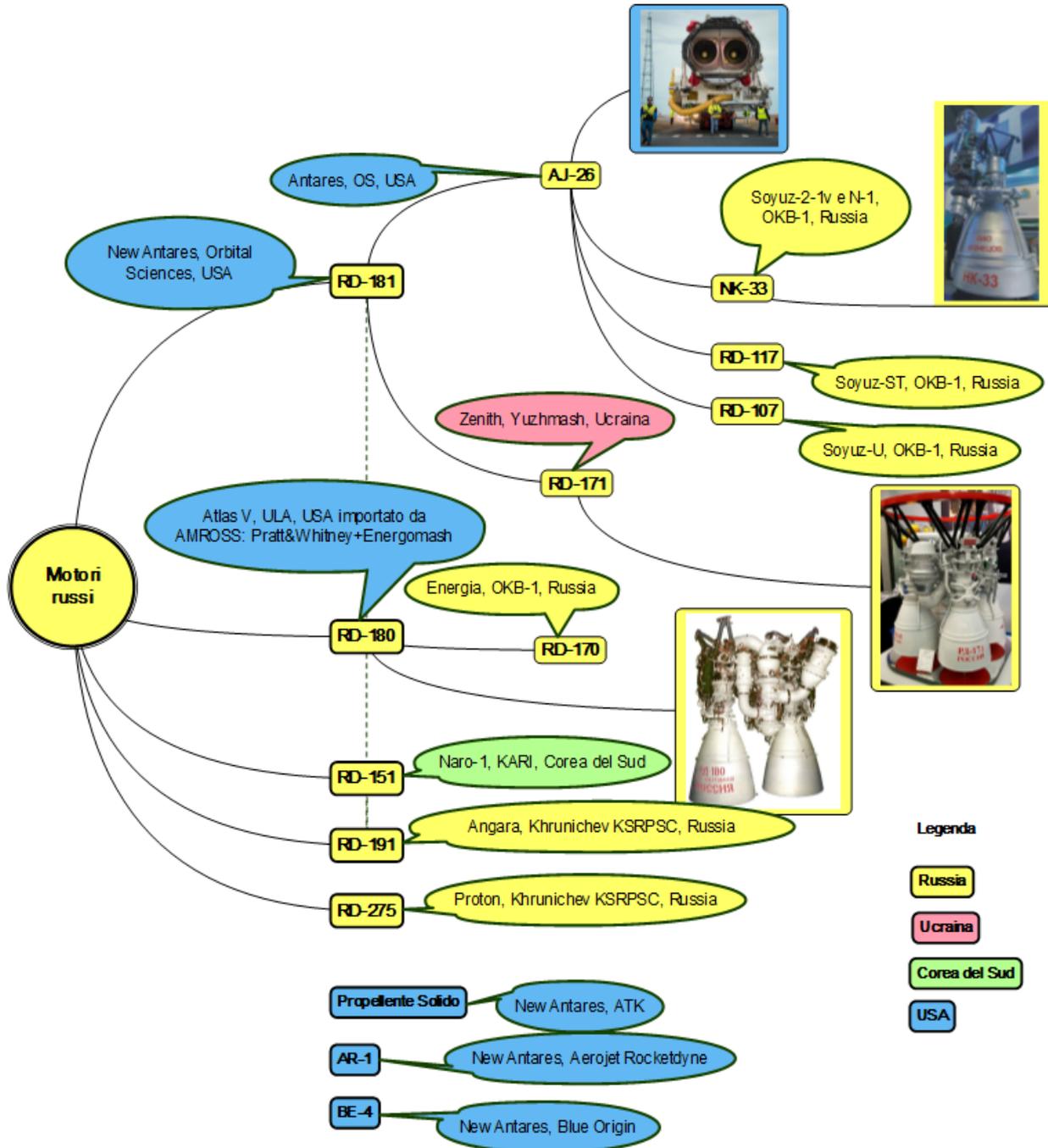
- Lista completa dei lanciatori: [17] [18]
- lista completa dei motori: [19]

Quadro riassuntivo dei motori russi descritti nell'articolo.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Il motore impossibile “garantito dalla NASA”

Di Luigi Borghi

Da un articolo di P.Attivissimo sul suo blog:
<http://attivissimo.blogspot.it/2014/08/antibufala-il-motore-impossibile.html>

ed un articolo della Parabolic arc:
<http://www.parabolicarc.com/2014/08/01/nasa-engineers-confirm-major-propulsion-breakthrough/emdrive/#sthash.ppPVKgzP.dpuf>

Questo benedetto motore ha tenuto banco per qualche mese, quindi ho pensato che meriti una analisi più approfondita. Sono partito pertanto dall'opinione di colui che di bufale se ne intende parecchio, perché le “smonta” di mestiere: Paolo Attivissimo! Un personaggio pubblico, membro del CICAP, scrive articoli su diverse riviste scientifiche ed ha scritto anche diversi libri.

È il curatore del suo blog, che ha un peso notevole in rete per chi segue le novità scientifiche, e ci pregiamo pure di averlo come socio onorario nella nostra associazione. Ecco quello che ha concluso Paolo:

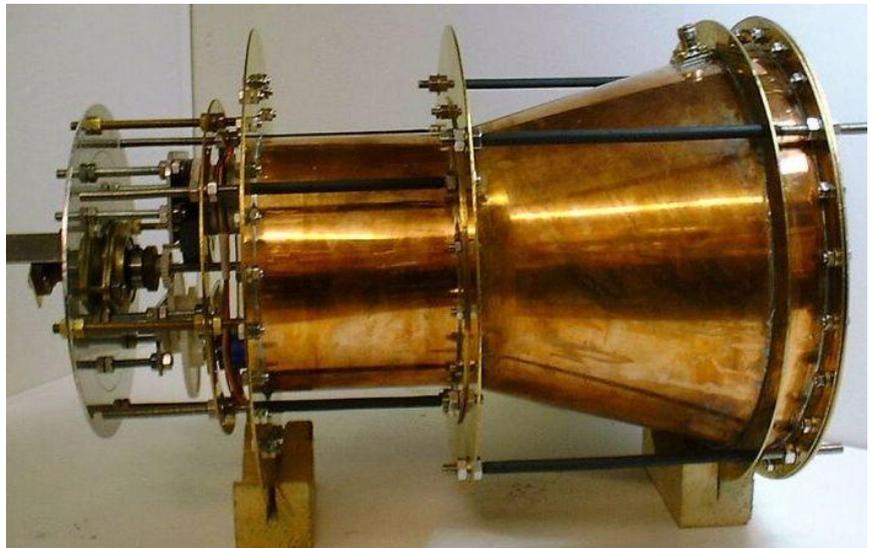
Se un inventore solitario annuncia di aver inventato un motore che va contro le leggi della fisica come le conosciamo, l'amara esperienza di tante bufale e truffe precedenti spinge a presumere che si tratti di nuovo di un imbroglio o di un abbaglio fino a prova contraria. Ma se c'è una conferma indipendente e se oltretutto ci si mette di mezzo nientemeno che la NASA a garantire la scoperta, allora cambia tutto. È quello che è successo con l'**EmDrive** (immagine qui sopra) dello scienziato britannico Roger Shawyer alcuni mesi fa. O almeno così è sembrato, a giudicare dagli annunci fatti da [Wired UK](http://www.wired.com), [NBC News](http://www.nbc.com), [Discovery.com](http://www.discovery.com), [The Independent](http://www.the-independent.com), [HuffingtonPost.it](http://www.huffingtonpost.com), [Repubblica](http://www.repubblica.com) e tante altre testate giornalistiche. Poi è arrivata la realtà, largamente snobbata dai media che avevano pompato la notizia.

L'EmDrive, secondo il suo inventore, sarebbe un

sistema di propulsione basato sull'emissione di microonde in una cavità chiusa simile a un tronco di cono. La forma della cavità e le sue dimensioni che producono la risonanza alle microonde **produrrebbero spinta senza dover usare propellente**, a differenza di qualunque altro sistema di propulsione.

Questo sarebbe rivoluzionario, perché permetterebbe di avere un motore con autonomia infinita: per esempio, basterebbe dotare un'astronave di un EmDrive, alimentato da pannelli solari, per poter viaggiare sotto spinta continua tra i pianeti.

Sparirebbe il problema del propellente, che



costituisce la stragrande maggioranza della massa di un veicolo spaziale odierno e che obbliga a viaggiare nello spazio principalmente per inerzia, allungando enormemente i tempi di viaggio.

Sembra troppo bello per essere vero, insomma. Eppure anche un **esperimento indipendente condotto in Cina alcuni anni fa ha ottenuto lo stesso risultato** e la NASA ha pubblicato un [articolo](#) (più precisamente un *conference paper*) che sembra confermare che l'EmDrive funziona.

La spinta ottenuta dal test della NASA è mille volte più ridotta di quella ottenuta in Cina ed è modestissima (circa 30-50 micronewton, [paragonabile](#) a tre-cinque centomillesimi della spinta esercitata dal peso di un telefonino tenuto in mano), ma comunque esiste e soprattutto è inattesa secondo le leggi della fisica.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

C'è un problema, come segnalano gli esperti linkati in coda a questo articolo: **nell'esperimento condotto dai ricercatori NASA anche un esemplare di controllo che non doveva produrre spinta ha prodotto una spinta.** L'esemplare di controllo, essendo privo delle modifiche fisiche interne progettate per generare spinta (fessure), non doveva funzionare: serviva per validare il metodo di sperimentazione.

Se si provano due dispositivi, uno costruito per funzionare e l'altro costruito per non funzionare, e salta fuori che funzionano entrambi, c'è decisamente qualcosa che non va nell'impostazione dell'esperimento.

Con valori di forza così piccoli, è molto probabile insomma che il risultato sia in realtà un errore.

Per esempio, il propulsore non è stato provato nel vuoto, ma in aria, per cui la piccolissima spinta potrebbe essere stata indotta da un flusso d'aria riscaldata dall'apparato.

Un altro problema segnalato dagli esperti è che l'esperimento attribuito dai media alla NASA nel suo complesso è stato svolto in realtà da un piccolo gruppo di ricercatori della NASA nel corso di soli otto giorni e riguarda soltanto alcune misurazioni, senza addentrarsi in valutazioni dei principi fisici, e un *conference paper* è tipicamente un semplice annuncio di risultati preliminari, senza la solidità e il rigore richiesti a una pubblicazione scientifica formale. L'ente spaziale, insomma, non ha affatto confermato o avallato massicciamente il funzionamento dell'EmDrive.

Prima di considerare confermata una rivoluzione scientifica del genere servono prove ripetute e schiacciati, come sempre. **Comunque sia, l'episodio dimostra che la comunità scientifica non è affatto chiusa e pronta a liquidare qualunque invenzione che sembra violare le leggi della fisica: se vengono portate prove sufficienti, anche concetti apparentemente bizzarri come una propulsione senza propellente vengono investigati.**

Per ora le prove non sono sufficienti, per cui si resta con i piedi per terra in attesa di altri esperimenti.

Fonti aggiuntive: [Phil Plait](#), [Mika McKinnon](#), [Steven Novella](#), [John Baez](#) (anche [qui](#)), [Marco Passarello](#), [Greg Egan](#), [Ars Technica](#).

Ovviamente non posso che condividere l'impostazione di Paolo Attivissimo sopra

esposta, ma se finisse qui avrei semplicemente potuto fornirvi i link del suo blog (cosa che ho fatto ad inizio articolo), avrei ottenuto lo stesso risultato nei confronti dei lettori, ed avrei fatto anche molta meno fatica. Ma a me piace scavare per cercare di capire ciò che è nelle mie facoltà. Quindi mi sono dato da fare e sono entrato più nel dettaglio.

Partiamo da chi ha inventato questo sistema chiamato EmDrive (che sta per Relativity Drive): si chiama Roger Shawyer e la tecnologia è anche chiamata 'quantum vacuum plasma'.

Il motore di Shawyer è estremamente leggero e semplice. Esso fornirebbe una spinta 'facendo rimbalzare delle microonde all'interno di un contenitore chiuso'.

In teoria non dovrebbe funzionare affatto. Così la proposta è stata derisa ed ignorata da tutti, eccetto un team di scienziati cinesi.

Essi hanno costruito nel 2009 un motore simile ed ha funzionato. I cinesi sono stati in grado di produrre 720 millinewton di spinta (73 mg), abbastanza per costruire un propulsore per satelliti. Ma anche dopo questo nessuno ha creduto in questa tecnologia.

Ora, lo scienziato americano Guido Fetta e un team degli Eaglework della NASA - un laboratorio avanzato di propulsione guidato dal Dottor Harold 'Sonny' White presso il Johnson Space Center ha pubblicato un articolo che dimostra che un motore simile (che hanno chiamato 'Q-thruster' o anche Cannae Drive) funziona con gli stessi principi che sono necessari per produrre spinta. Il loro modello però produce molta meno spinta - solo da 30 a 50 millinewton (ammesso che i test siano stati fatti in modo corretto come giustamente fa notare Attivissimo). In pratica il motore di questo tipo utilizzerebbe come carburante **le fluttuazioni quantiche del vuoto.** L'esistenza delle fluttuazioni quantiche del vuoto non sono in dubbio, perché esperimenti con **l'effetto Casimir di meccanica quantica hanno dimostrato senza ambiguità che le fluttuazioni quantiche del vuoto esistono.** Quello che rimane da dimostrare è che queste fluttuazioni possano essere utilizzate per scopi pratici. In pratica, semplificando la spiegazione, il funzionamento sarebbe questo:



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

le particelle atomiche prodotte dalle fluttuazioni sono ionizzate a formare un plasma. Questo plasma caricato elettricamente viene esposto ad un campo magnetico che induce le particelle che formano il plasma a spostarsi nella direzione opposta del moto del veicolo.

Il Q-thruster non sarebbe tecnicamente un motore senza reazione, perchè il plasma viene espulso e produce la forza che spinge la nave nella direzione opposta, proprio come un motore a razzo convenzionale.

Ma quest'azione non richiede che il veicolo spaziale trasporti il propellente. Secondo la NASA, un veicolo spaziale, pesante 90 tonnellate e mosso da un motore di questo tipo potrebbe raggiungere Proxima Centauri in appena 29,9 anni di viaggio.

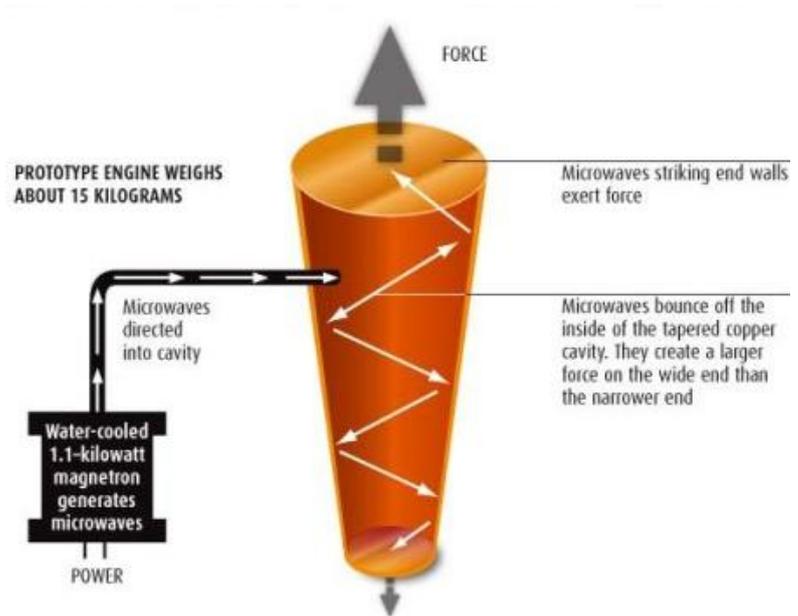
Ma torniamo alla dinamica di funzionamento che è quella che mi "intra" di più.

Si tratta di una sorta di cono cavo progettato in modo da intrappolare gli elettroni sul bordo, cosicché quando le onde elettromagnetiche rimbalzano nella cavità ci sono più elettroni che spingono sul bordo di quelli che spingono sul fondo e questa differenza crea energia", spiega Guido Fetta, scienziato americano di origini italiane e inventore del Cannae Drive.

A me sembra che ci sia qualche cosa che non quadra, anche perché è vero che la spinta sul fondo risulterà sicuramente inferiore di quella sulla parte superiore ma si trascura la piccola componente di forza esercitata sulla superficie inclinata del tronco di cono.

Un anno fa, un team in Cina disse di aver replicato l'esperimento noto come EmDrive, suscitando scarso interesse. Più o meno in quel periodo però uno scienziato americano di origini italiane, Guido Fetta, ha aperto in Pennsylvania una società per commercializzare qualcosa di simile. L'ha chiamata Cannae Drive.

Per una questione di assonanze, molti hanno pensato che l'avesse fatto per ricordare il concetto del

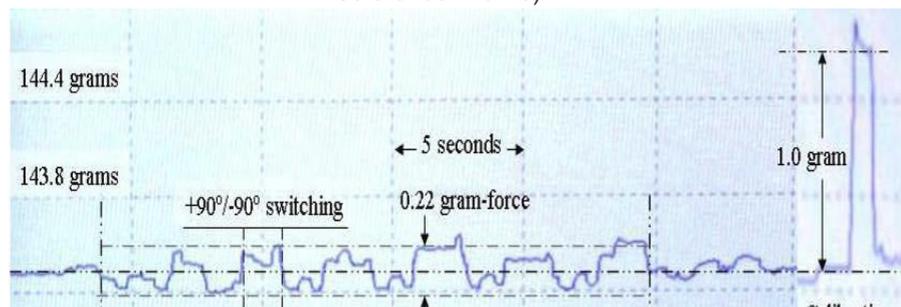


"motore impossibile" (cannot drive), ma in realtà Fetta sostiene di essersi ispirato alla Battaglia di Canne, quella in cui l'esercito cartaginese di Annibale sconfisse a sorpresa i romani: "Trovarono un'energia nascosta"

Certo è che Guido Fetta è un personaggio misterioso. In Rete non si rintraccia una sua biografia, se non una laurea in Ingegneria chimica. Ma sul sito di Cannae Drive ci sono i video in cui spiega come ha realizzato il dispositivo in grado di produrre energia senza carburante.

Va detto che nell'esperimento della Nasa l'energia creata era pochina (meno di quella necessaria a un telefonino). Ma c'era. E se il Cannae Drive funzionerà su scala più grande, **potremo dire di essere entrati veramente in una nuova era spaziale.**

In basso un diagramma dove si vede bene l'ambiguità dei risultati, ma anche il fatto che "ci sono" dei risultati di spinta (il picco finale di 1 g, è solo di confronto).





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Vale la pena approfondire alcuni aspetti legati al cosiddetto verificato e collaudato effetto Casimir ed all'energia del vuoto citata in questo articolo.

L'energia del vuoto (da wikipedia http://it.wikipedia.org/wiki/Energia_del_vuoto) è una quantità di energia presente ovunque nello spazio, anche quando privo di materia. Il corrente limite superiore per la densità di energia del vuoto è 10^{-9} J per m^3 .

Questa energia può essere legata alle fluttuazioni dei campi quantistici, allorché gli effetti quantistici entrano in gioco in modo decisivo. L'ampiezza di queste fluttuazioni è governata dal principio d'indeterminazione. Tuttavia, la predizione del Modello Standard per il valore dell'energia del vuoto è enormemente più elevata rispetto al valore osservato.

L'energia del vuoto può avere effetti misurabili, tra cui l'emissione spontanea di luce o raggi gamma, l'effetto Casimir e il Lamb shift. Viene inoltre ipotizzato abbia conseguenze su scala cosmologica determinando l'espansione accelerata dell'universo (**cioè parte dell'energia oscura**). La teoria quantistica dei campi, che descrive le interazioni fra le particelle elementari in termini di campo, contribuisce alla dimostrazione dell'esistenza di questa energia identificandola con l'energia di punto zero. Un esempio è l'effetto Casimir (da Wikipedia http://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_Casimir) che rappresenta la forza attrattiva che si esercita fra due corpi estesi situati nel vuoto (ad esempio due piastre parallele), dovuta alla presenza del campo quantistico di punto zero.

Tale campo trae origine dall'energia del vuoto determinata da particelle virtuali che si creano continuamente per l'effetto di fluttuazioni quantistiche, secondo quanto previsto dal principio di indeterminazione di Heisenberg.

Il fenomeno prende il nome dal fisico olandese Hendrik Casimir, che lo teorizzò nel 1948 in base a considerazioni di meccanica quantistica, nel corso delle sue ricerche sull'origine delle forze viscosive nelle soluzioni colloidali.

Nella formulazione originaria, Casimir calcolò l'effetto per due lastre metalliche piane parallele, distanti tra loro pochi micron, tra le quali era stato creato il vuoto e che non erano soggette ad alcun campo elettromagnetico. La teoria prevede che solo le particelle virtuali la cui lunghezza d'onda sia un sottomultiplo intero della distanza tra le lastre contribuiscono all'energia del vuoto all'interno di esse.

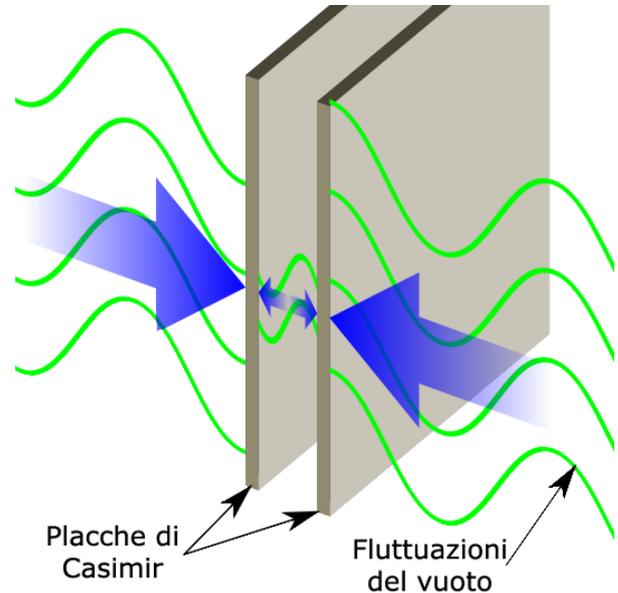


Illustrazione dell'effetto Casimir tra due piastre parallele.

Potendo esistere tra le piastre solo determinate particelle, l'interazione con le pareti interne dell'apparato provoca una spinta verso l'esterno inferiore a quella generata verso l'interno dalle particelle libere che si trovano al di fuori. Il risultato è una forza netta che tende a spingere le lastre una contro l'altra e che può essere misurata.

Per concludere ed aggiungere un altro pezzo di background a questa storia, vale la pena di ricordare anche un altro effetto noto che è sicuramente coinvolto nei risultati ottenuti dall'esperimento della NASA, che è **L'effetto Woodward**.

È una teoria proposta nel 1997 dal fisico James F. Woodward, ricercatore alla California State University di Fullerton, il quale ha ipotizzato che ioni carichi di energia subiscano fluttuazioni transienti di massa quando vengono accelerati.

Benché molti scienziati abbiano espresso dubbi sulla validità di questa ipotesi, essa non è ancora stata confutata a livello teorico.

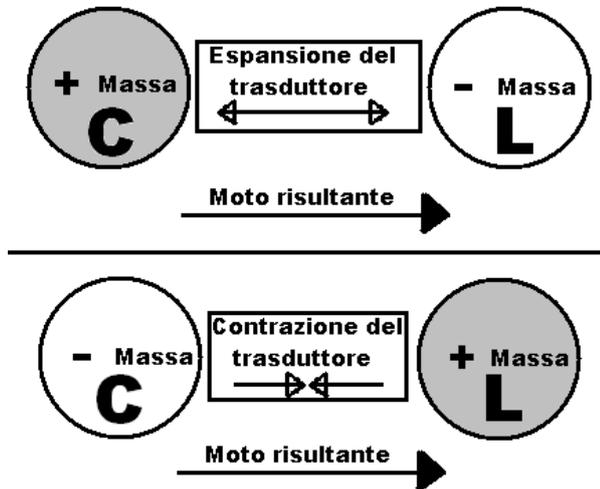
Qualora venga provata, questa teoria consentirebbe di immaginare una nuova classe di motori spaziali che non avrebbero bisogno di espellere materia per funzionare.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Alcuni gruppi di ricercatori sono all'opera al fine di condurre esperimenti in grado di provare o confutare l'esistenza di tale effetto.



Descrizione schematica dell'effetto Woodward

Woodward ha pubblicato un articolo su questo effetto che è stato presentato nel 1997 al Breakthrough Propulsion Physics Workshop della NASA. Ha inoltre richiesto un brevetto sui propulsori basati su questo effetto.

L'ipotesi di Woodward è correlata alla formulazione di Dennis William Sciama del principio di Mach, un vago concetto proposto dal filosofo Ernst Mach in cui Albert Einstein vide tra le righe l'idea che "l'inerzia nasca da un certo tipo di interazione tra i corpi". Woodward stesso ha chiamato la sua ipotesi **effetto Mach**. Le fluttuazioni della massa sono ipotizzate come risultato delle reazioni tra gravità e radiazioni basate sull'inerzia.

L'ipotesi è inoltre correlata all'effetto Nordtvedt, postulato da Kenneth L. Nordtvedt della Montana State University, che ha osservato come alcune teorie sulla gravità suggeriscano che corpi massivi cadano con differenti accelerazioni dipendenti dalla propria energia gravitazionale intrinseca. Questo effetto violerebbe il principio di equivalenza, che stabilisce l'indipendenza delle leggi di gravitazione dalla velocità e dal luogo, legge fisica considerata fondamentale dalla maggioranza dei fisici teorici. L'esperimento Lunar Laser Ranging ha mostrato che, se l'effetto

Nordtvedt esistesse, sarebbe comunque molto debole.

La principale critica mossa a questa ipotesi è che l'effetto postulato da Woodward violerebbe il principio di conservazione della quantità di moto. Tuttavia Woodward risponde a questa critica spiegando che ogni dispositivo che provocasse una fluttuazione di massa per derivarne un'accelerazione starebbe usando la massa dell'universo come massa di reazione, cosicché nel sistema di riferimento - l'universo locale - il momento verrebbe conservato. In tal modo non viene però spiegata la non-località di tale effetto ed esso potrebbe confliggere con la relatività speciale.

Un articolo di J.H. Whealton, pubblicato il 4 settembre 2001 dall'Ufficio informazioni scientifiche e tecniche del Dipartimento dell'energia statunitense, ha avanzato seri dubbi sulla fondatezza matematica della teoria di Woodward. Woodward ha tuttavia replicato evidenziando degli errori nella matematica di Whealton, che a suo parere avrebbe mal compreso i fondamenti dell'effetto.

Esperimenti:

- Nel 2004, John G. Cramer, Curran W. Fey e Damon V. Cassisi dell'Università of Washington hanno annunciato di aver condotto dei test sull'ipotesi di Woodward, i cui risultati tuttavia non consentono di trarre conclusioni.
- Il 20 gennaio 2006 Paul March e Andrew Palfreyman hanno presentato i risultati dei loro esperimenti alla conferenza dell'*American Institute of Physics*: i loro risultati eccedono le previsioni di Woodward di uno o due ordini di grandezza.

Insomma siamo ancora lontani dall'aver la situazione sotto controllo e ben chiara, ma non credo che il 'Q-thruster' o Cannae Drive o EmDrive finisca qui.

Ne sentiremo parlare ancora.

L'articolo della NASA (in PDF) lo trovate qui:

<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20140006052.pdf>



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Storia dell’Astronomia: Astronomia nell’antichità.

Di Franco Villa.

Lo studio dell’astronomia assunse un aspetto scientifico quando, dopo le conquiste di Alessandro Magno, si fusero le culture greca e babilonese e fu un prodotto dell’intensa attività filosofica che si svolse ad Atene nel IV secolo a.C.. L’obiettivo principale degli astronomi era lo studio dei moti planetari e la loro previsione con grande precisione.

L’astronomia babilonese si innestò nella tradizione greca dando sviluppo all’astronomia del periodo ellenistico. I risultati conseguiti in questo periodo, costituiranno il sapere astronomico del Medioevo latino e islamico, e permetteranno agli astronomi del Rinascimento di consegnare un’astronomia matematica nelle mani di Copernico, Galileo e Keplero.



Figura 1

La celebre mappa del mondo di origine babilonese (500 ca. a.C.), conservata al British Museum di Londra, rappresenta il globo terrestre come un disco piatto circondato dalle acque. Questa concezione del mondo era diffusa presso le antiche civiltà della Mesopotamia e della Grecia, dovuta anche al fatto che esse non avevano esperienza di navigazione nell’oceano.

I materiali scritti babilonesi e greci sono molto limitati ma fortunatamente Tolomeo, nel II secolo d.C., con il suo Almagesto, riassume gli scritti dei cinque secoli precedenti. Quest’opera monumentale fu importantissima per lo studio dell’astronomia nei secoli successivi.

I babilonesi avevano una notazione numerica efficiente basata su un sistema posizionale di due simboli. Per secoli avevano registrati eventi astronomici e meteorologici per cui con la loro tecnica di calcolo erano in grado creare tavole (effemeridi) delle posizioni future dei pianeti, del Sole e della Luna permettendo agli astrologi di esercitare la loro attività di previsione.

1	11	21	31	41	51
2	12	22	32	42	52
3	13	23	33	43	53
4	14	24	34	44	54
5	15	25	35	45	55
6	16	26	36	46	56
7	17	27	37	47	57
8	18	28	38	48	58
9	19	29	39	49	59
10	20	30	40	50	

Figura 2

Il sistema di numerazione sessagesimale babilonese utilizza le 59 cifre scritte con un sistema additivo

Le osservazioni astronomiche permisero sia ai babilonesi che agli egiziani di realizzare calendari efficienti sia per le feste religiose che per le attività agricole.

Probabilmente anche i greci utilizzarono la documentazione babilonese.

Erano greci i primi cosmologi che cercavano di descrivere il mondo.

Talete di Mileto (625-547 a.C.) affermò l’esistenza di una unità materiale della natura identificata con l’acqua.

Anassimandro di Mileto (610,545 a.C.) credeva che la terra fosse un cilindro, su una delle cui facce viveva l’umanità, in quiete al centro dell’universo.

I pitagorici (VI secolo), che avevano il numero alla base di tutte le cose, erano convinti che la terra fosse sferica.

Aristotele di Stagira (384 , 322 a.C.) lo spiegò con il fatto che l’ombra della Terra proiettata sulla Luna è sempre circolare. Egli sottolineò anche che viaggiando verso sud o nord si vedono stelle diverse. Nell’Antichità e nelle civiltà del Medio Evo e del Rinascimento c’era già la convinzione che la Terra fosse sferica.

L’idea dei pitagorici del mondo visto come un Cosmo fu ripresa da Platone ed Aristotele.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Principi cosmologici si trovano già elencati dal filosofo ionico Anassimene di Mileto (VI secolo a.C.) e poi da Empedocle (ca. 450 a.C.), con la teoria dei quattro elementi: terra, acqua, aria, fuoco.

Aristotele completa l'idea del mondo, c'è un contrasto fra la terra e il cielo, la caducità della prima e la perfezione del secondo. I corpi celesti compiono moti circolari e sono formati dal quinto elemento o "Quintessenza". La terra è immobile e le stelle ruotano regolarmente mantenendo le loro posizioni relative. Questa perfezione è guastata da sette eccezioni, i pianeti, che si muovono in modo variabile a loro piacimento e addirittura, a volte, si fermano o tornano indietro!

Platone avrebbe assegnato ai contemporanei il compito di mostrare che anche il moto dei pianeti era regolare e costituito da combinazioni di moti circolari uniformi.

Eudosso di Cnido (408-355 a.C.) allievo di Platone, matematico di elevato livello, contribuì in modo fondamentale agli sviluppi successivi della scienza matematica greca. Egli diede una spiegazione per i complessi movimenti dei pianeti con un vero e proprio modello matematico che forniva delle precise prescrizioni espresse in termini matematici, con cui era possibile fare dei calcoli circa le posizioni nel tempo dei pianeti.

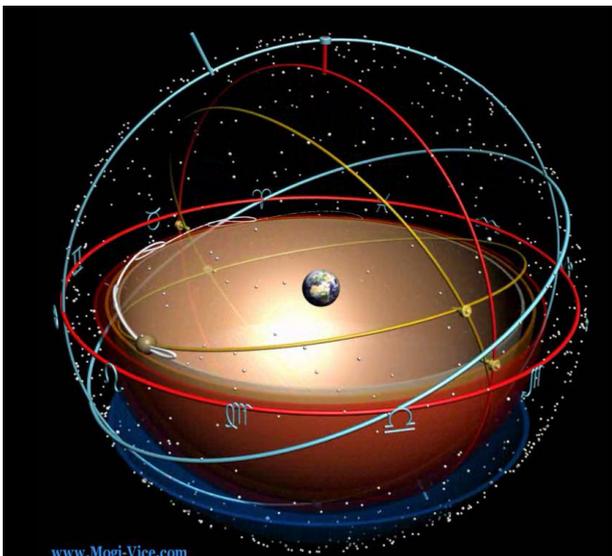


Figura 3

Il modello delle sfere omocentriche di Eudosso. Le orbite di ogni pianeta risulta dalla combinazione dei moti di varie sfere collegate, ciascuna con la propria velocità uniforme.

Il risultato più rilevante dei suoi studi fu l'elaborazione del cosiddetto modello delle sfere omocentriche, un ingegnoso sistema cosmico che intendeva spiegare le singole particolarità del moto dei pianeti: varie sfere aventi lo stesso centro, ma assi diversi, vengono trascinate nella rotazione le une dalle altre, componendo così tutti i moti voluti. Nel modello detto "delle sfere omocentriche di Eudosso" le sfere sono una dentro l'altra e concentriche alla terra.

Ogni corpo celeste è situato sull'equatore di una sfera che ruota con velocità uniforme intorno ai suoi due poli. Per spiegare sia le fermate e le retrogradazioni dei pianeti, sia il loro moto in latitudine, i poli di una sfera planetaria sono trasportati da una seconda sfera più grande, concentrica alla prima, che ruota con velocità diversa intorno ad altri due poli. I poli della seconda sfera sono a loro volta fissati sulla superficie di una terza sfera, concentrica alle precedenti e più grande di esse, che ruota anch'essa attorno ad altri due poli con una velocità propria.

Con un'appropriata scelta di poli e velocità di rotazione si può rappresentare con tre sfere sia il moto del sole che della luna mentre per ognuno dei cinque pianeti noti sono necessarie quattro sfere. Inoltre, le sfere che muovono ciascun pianeta devono essere indipendenti da quelle degli altri. Poiché per la rotazione diurna del cielo delle stelle fisse è sufficiente una sola sfera il numero complessivo di sfere necessario è di ventisette. Nel modello di Eudosso le sfere sono solo un espediente matematico, inteso solo alla descrizione del moto.

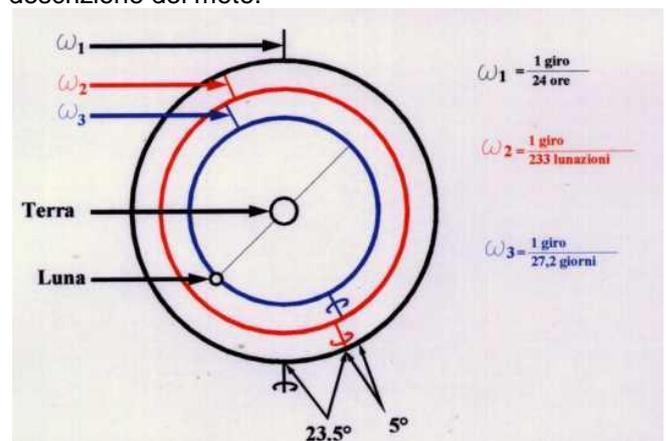


Figura 4

Le sfere di Eudosso che spiegano il moto della Luna, ognuna con la propria velocità angolare e la propria direzione dell'asse di rotazione.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Aristotele, in seguito, lo perfezionò aggiungendo altre ventotto sfere, combinandole in un sistema meccanico in modo tale che il moto sia trasmesso fisicamente da una sfera all'altra.

Essendo i pianeti equidistanti dalla Terra nemmeno in questo modo si può spiegare la loro periodica variazione di luminosità.

Il sistema aristotelico sarebbe stato alla base della filosofia naturale insegnata in futuro nelle università.

Eraclide Pontico (circa 390-310 a.C.) propose un sistema misto, geo-elio-centrico, nel quale i pianeti Mercurio e Venere girano attorno al Sole, mentre il resto dei corpi celesti girano attorno alla Terra. Il Sole, nella sua orbita attorno alla Terra, trascina con sé le sfere di Mercurio e Venere. Spiegò il moto apparente delle "stelle fisse" con un moto rotatorio compiuto dalla Terra in circa 24 ore attorno al proprio asse.

La Biblioteca di Alessandria

L'esempio più significativo dell'interesse dei regni ellenistici verso il sapere, il suo sviluppo e la sua custodia è senza alcun dubbio la Biblioteca reale di Alessandria costruita intorno al III secolo a.C. durante il regno di Tolomeo II Filadelfo. Non abbiamo notizie certe sulla sua fine; si ritiene che la Biblioteca o almeno settori delle sue collezioni siano stati distrutti in diverse occasioni prima e dopo il I secolo d.C.. Tolomeo II rifornì la Biblioteca sia attraverso l'acquisto di libri su tutti i mercati e richiedendoli agli stati con cui intratteneva rapporti, sia organizzando la redazione di molte opere nuove. Furono reclutati esperti che, oltre a padroneggiare la propria lingua, conoscevano perfettamente il greco, così vennero formate squadre di traduttori.

Fra i capo-bibliotecari della Biblioteca vi furono **Aristarco di Samo** ed **Eratostene di Cirene**.

Di tutta la ricerca condotta dagli astronomi ellenistici tra il IV secolo a.C. e il I secolo a.C., il periodo che va da Eudosso a Ipparco (dopo di cui le ricerche si interrompono), non restano che due opere minori. Si tratta del lavoro di Aristarco, dal titolo "Sulle dimensioni e le distanze del Sole e della Luna", pervenutoci da fonti greche e arabe, e di quello di Ipparco, il Commentario ai "Fenomeni" di Arato e di Eudosso. Lo stesso Archimede accennò alla teoria eliocentrica di Aristarco.

Ogni altra opera di Callippo, Eraclide Pontico, Conone di Samo, Archimede, Apollonio di Perge, Seleuco di Seleucia e Ipparco è andata perduta.

Aristarco di Samo (310-230 a.C.), forse riprendendo le idee di Eraclito Pontico, fu il primo aperto sostenitore del moto della Terra intorno al suo asse e del moto di essa attorno al Sole, cioè la prima formulazione dell'ipotesi eliocentrica. Dato che la Terra si muove intorno al Sole lungo un cerchio, ipotizzò che

"le stelle, essendo fisse, avrebbero dovuto mostrare un moto annuo apparente nel cielo (parallasse), a causa della variazione della posizione della Terra rispetto a loro mentre compiva il suo moto intorno al Sole".

Per spiegare l'assenza di questo moto, Aristarco concluse che le stelle fisse si devono trovare a distanze enormemente maggiori del diametro dell'orbita terrestre. Questa geniale e rivoluzionaria osservazione non convinse i suoi contemporanei né i suoi successori, che non accettarono le sue ipotesi.

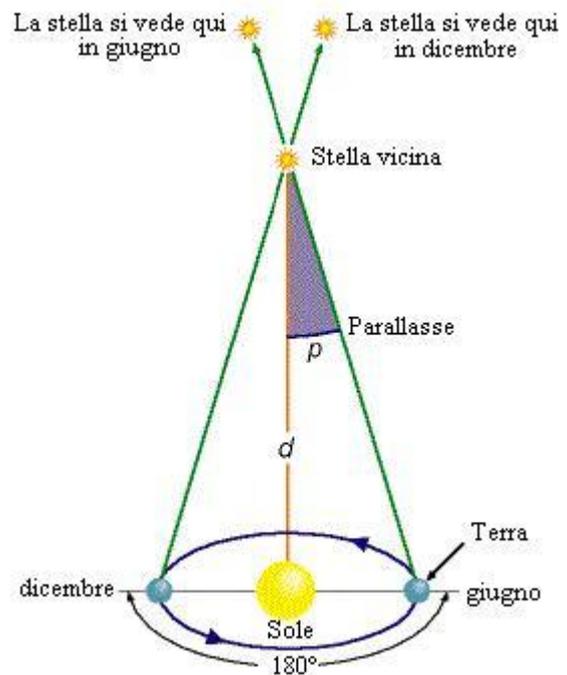


Figura 5

La parallasse. I corpi celesti appaiono visti in direzioni diverse da diverse località sulla Terra. Questa differenza è molto piccola per le stelle a causa della loro grande distanza.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Anche Archimede accennò alla teoria eliocentrica di Aristarco, dice di lui ne *L'Arenario*:

...Aristarco ha pubblicato un libro contenente certe ipotesi da cui appare, come conseguenza delle assunzioni fatte, che l'universo è molte volte più grande dell'universo appena citato. Le sue ipotesi sono che il sole e le stelle fisse restano ferme, che la terra gira intorno al sole sulla circonferenza di un cerchio di cui il sole occupa il centro, e che la sfera delle stelle fisse, situata intorno allo stesso centro, è così grande che il cerchio, in cui egli suppone che la terra si muova, dista dalle stelle fisse tanto quanto il centro della sfera dista dalla sua superficie....

Aristarco affrontò per primo la misura delle distanze di Luna e Sole dalla Terra, nonché le loro dimensioni. Egli misurò l'angolo tra Luna e Sole nell'istante esatto in cui la Luna si trovava in quadratura con il Sole, ossia quando la Luna era al primo o all'ultimo quarto. In questo momento l'angolo Terra-Luna-Sole è esattamente retto, ossia uguale a 90° .

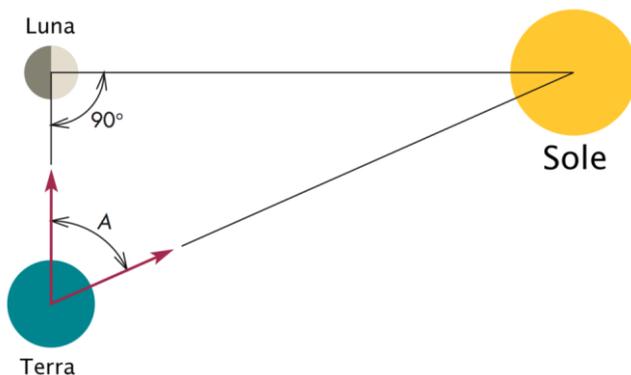


Figura 6

Dalla misura dell'angolo fra le direzioni da cui si vedono Sole e Luna quando questa è in quadratura, Aristotene trovò il rapporto fra le loro distanze. L'idea era rivoluzionaria ma la misura imprecisa.

L'angolo misurato risultò di 3° , per il quale la distanza Terra-Sole sarebbe stata "da 18 a 20 volte la distanza Terra-Luna". In realtà l'angolo è solo di $9'$ e la distanza del Sole è di 400 volte quella della Luna ma a quei tempi non era possibile questa precisione.

Poiché nelle eclissi di Sole la Luna lo copre interamente Aristarco considerò che le dimensioni dei due astri dovevano essere nello stesso rapporto.

Aristarco ricavò anche la distanza della Luna dalla durata di una eclisse lunare.

Il ragionamento si fonda sulla convinzione che la Terra sia di forma sferica e che la Luna ruoti attorno ad essa lungo una circonferenza di raggio R a velocità costante:

- il centro della Luna attraversa l'ombra della Terra (diametro) in 3 ore e percorre la sua orbita in 28 giorni = 672 ore, per cui la circonferenza dell'orbita è $672/3 = 224$ diametri terrestri; il raggio dell'orbita lunare (cioè la distanza dalla Terra) sarà di $168/6,28 =$ circa 36 diametri terrestri.

Aristarco per misurare il diametro lunare valutò il tempo di percorrenza della Luna nell'ombra della Terra durante l'eclisse, circa 3 ore. Poiché la Luna percorre nel cielo ogni ora una distanza pari al suo diametro si ottiene che esso è 3 volte quello della Terra.

Poiché il Sole e la Luna hanno la stessa dimensione angolare apparente di circa $30'$, dalle dimensioni relative dei tre astri, Aristarco concluse che il Sole è molto più grande ed è più naturale che sia la Terra a muoversi.



Figura 7

Durante l'eclisse il Sole è quasi esattamente coperto dalla Luna. I loro diametri e le loro distanze sono proporzionali, quindi il Sole è molto più grande della Luna.

Prima misurazione delle dimensioni della Terra.

Eratostene di Cirene (circa 276-195 a.C.) realizzò la prima misurazione delle dimensioni della Terra. Egli si accorse infatti che, a mezzogiorno del solstizio d'estate, a Siene (l'attuale Assuan) i raggi solari cadevano



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

verticalmente illuminando il fondo dei pozzi. Ciò invece non accadeva ad Alessandria d'Egitto: qui formavano un angolo pari a un cinquantesimo dell'angolo giro ($7,2^\circ$) rispetto alla verticale del luogo.

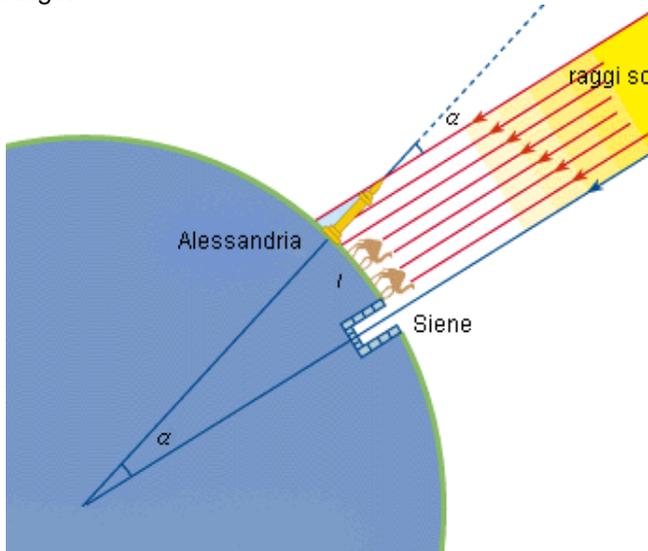


Figura 8

Nel giorno dell'equinozio i raggi del Sole sono verticali a Siene (la moderna Assuan) che si trova sul Tropico del Cancro mentre arrivano con una inclinazione di 7° ad Alessandria. Conoscendo la distanza fra le due città Eratostene calcolò il diametro della Terra.

Eratostene assunse che la forma della Terra fosse sferica e che i raggi solari fossero paralleli. Di conseguenza, l'angolo di $7,2^\circ$ è uguale all'angolo che ha per vertice il centro della Terra e i cui lati passano rispettivamente per Alessandria e per Siene.

Se quest'angolo è un cinquantesimo dell'angolo giro, la distanza tra le due città (un arco di circonferenza massima) deve essere un cinquantesimo della circonferenza terrestre.

A quel tempo, la distanza tra Alessandria e Siene era considerata di 5.000 stadi che, moltiplicato per 50, dava una misura di 250.000 stadi: si tratta della prima determinazione della circonferenza della Terra basata su un metodo scientificamente valido.

Secondo alcuni storici uno stadio corrispondeva a 157,5 metri attuali e quindi la circonferenza terrestre, stimata da Eratostene, era di 39.690 chilometri, molto vicino alla realtà.

Apollonio di Perga (262 -190 a.C.), matematico famoso, perfezionò il modello di Eudosso ed Aristotele introducendo il modello ad epiciclo e deferente riuscendo così a spiegare il cambiamento di luminosità dei pianeti.

Con epiciclo (letteralmente, "sopra il cerchio") si indica un cerchio il cui centro è collocato sulla circonferenza di un cerchio di raggio maggiore detto deferente che è, almeno nelle prime versioni della teoria, centrato sulla Terra. La variazione di distanza ottenuta dalla combinazione dei moti dell'epiciclo e del deferente, permetteva di spiegare abbastanza sia la variazione di luminosità che il moto apparente tra le stelle.

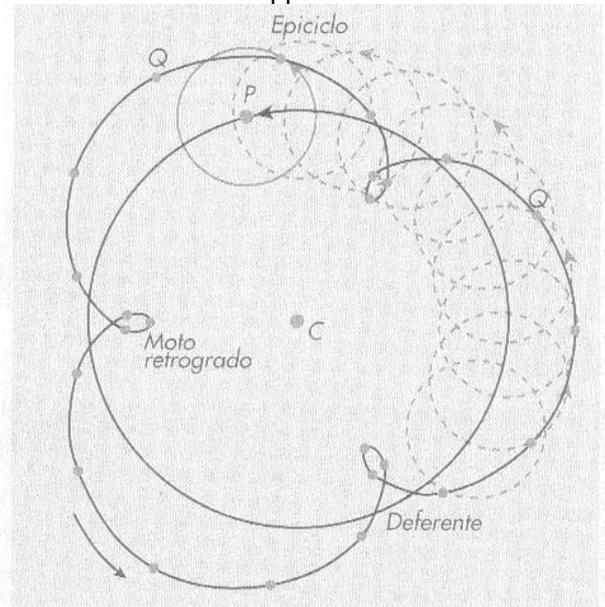


Figura 9

modello ad epiciclo e deferente di Apollonio di Perga. Il pianeta ha una traiettoria circolare (epiciclo) il cui centro ruota a sua volta con una traiettoria circolare (deferente). La velocità è sempre uniforme. La combinazione dei due moti spiega la variazione periodica di luminosità dei pianeti e il moto retrogrado.

I filosofi greci avevano come punto fermo la perfezione del cielo per cui le traiettorie dei corpi celesti devono essere circonferenze percorse con velocità costante.

Le orbite dei pianeti in realtà sono ellissi percorse con velocità variabile e per questo gli astronomi greci non riuscirono mai a descriverle perfettamente.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Ipparco di Nicea (190-120 a.C.) fu, forse, il più grande astronomo dell'antichità essendo il fondatore dell'*astrometria*, quella branca di astronomia che si occupa della posizione e del movimento dei corpi celesti.

Ipparco adattò per i greci l'uso del sistema sessagesimale e le tecniche aritmetiche dei babilonesi, adottò la divisione sessagesimale per l'eclittica e per il cerchio e sviluppò la trigonometria necessaria per la geometria che gli serviva per le previsioni.

Redisse il più accurato catalogo stellare dell'antichità, pervenutoci grazie a Tolomeo, in cui riportò le coordinate celesti di oltre 1000 stelle, ordinate in sei classi di magnitudine apparente, la prima delle quali per le stelle più brillanti e la sesta per quelle appena visibili a occhio nudo.

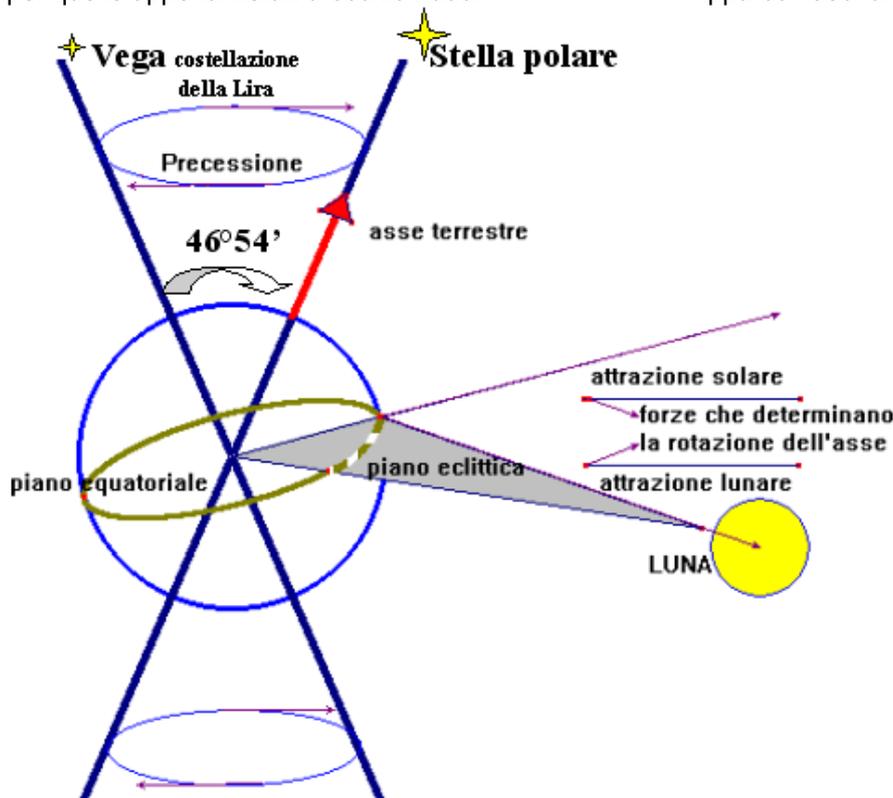


Figura 10

La precessione degli equinozi, scoperta da Ipparco, è dovuta alla forza di attrazione del Sole e della Luna

Compilò un elenco delle eclissi lunari osservate a Babilonia dall'VIII secolo, studiò i movimenti apparenti del Sole e della Luna, determinando la durata delle stagioni, l'apogeo e l'eccentricità dell'orbita solare e la durata del mese lunare; in

base a tali cognizioni fu in grado di fare previsioni esatte delle eclissi di Sole e di Luna.

Nel confrontare le sue coordinate stellari con quelle date circa 150 anni prima dagli astronomi Aristillo e Timocari scoprì il fenomeno della precessione degli equinozi, il lento moto da est verso ovest dei punti equinoziali.

Di certo si deve a lui il calcolo esatto della lunghezza dell'anno tropico, ossia del tempo impiegato dal Sole per tornare nella stessa posizione, vista dalla Terra, lungo l'eclittica, e che ha come punto zero il punto d'Ariete (punto γ) o equinozio di primavera.

Ipparco ideò anche alcuni strumenti per le sue osservazioni: un cerchio per evidenziare il giorno degli equinozi (vedi fig.11) e la "diottra" (fig.12) per misurare i diametri apparenti del Sole e della Luna.

Nel suo modello astronomico il Sole si muove a velocità costante di moto circolare attorno ad una Terra decentrata rispetto all'orbita in modo da ottenere la corretta differenza di durata delle stagioni. (vedi fig.13).

Per la Luna costruì un raffinato modello, partendo dalla sua posizione in tre eclissi diverse, ottenute da antichi documenti babilonesi, in cui si muove di moto uniforme su un epicyclo il cui centro si muove a sua volta uniformemente su un cerchio deferente.

Il sistema geocentrico di Ipparco determinò l'accantonamento dei precedenti tentativi di formare sistemi eliocentrici.

Il grande divulgatore del modello a epicyclo e deferente sarà poi nel II secolo d.C. **Claudio Tolomeo (circa 100-175 a.C.)** attraverso la sua opera la *Megále syntaxis* ("Grande trattato") più noto però con il nome arabo di *Almagesto*, un trattato matematico e astronomico che costituirà



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

per circa mille anni la base delle conoscenze astronomiche islamiche e latine fino a Copernico.



Figura 11

Il cerchio di Ipparco giace nel piano dell'equatore celeste dove si trova il Sole nei giorni degli equinozi. In tutti i giorni dell'anno l'ombra del cerchio è un'ellisse, che diventa un segmento solo e soltanto il giorno degli equinozi.

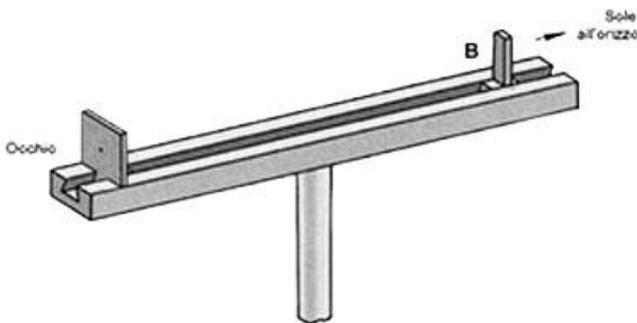


Figura 12

La "diottra" uno strumento lungo 2 m inventato da Ipparco per misurare i diametri apparenti del Sole e della Luna

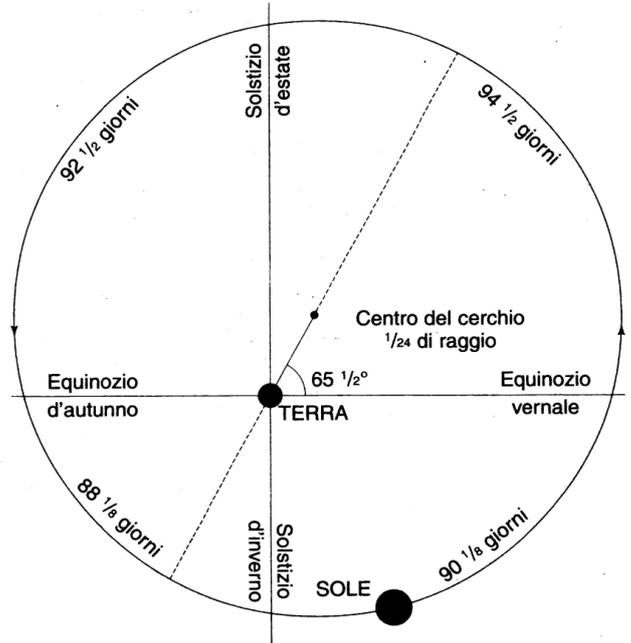


Figura 13

Modello del moto del Sole di Ipparco

Bibliografia

Storia dell'astronomia (Cambridge University Press)

Le idee dell'astronomia Mauro Arpino Nostromics 2010

<http://it.wikipedia.org>

<http://www.treccani.it/enciclopedia/>

<http://www.astrofiliastriumcaeli.it/>

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

<http://www.astronomiamo.it/>

<http://www.mogi-vice.com/> (video di Massimo Mogi Vicentini. Modelli di scienza.)

<http://www.vialattea.net/>

LICEO SCIENTIFICO NICCOLO' RODOLICO
Firenze



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 - N° 1 - 1/03/2015

Le domande Impossibili

Di Leonardo Avella

La domanda di questo numero è la seguente:

Oggi voglio mangiare un bel piatto di pasta.

Qual è il momento migliore per mettere il sale nell'acqua?

Oramai dovrete saperlo, questa rubrica non è stata creata per dare risposte brevi o scontate a quesiti apparentemente semplici. Questa rubrica ha lo scopo di far divertire l'autore ma anche (spero) di suscitare la curiosità nei lettori. Nulla è banale in sé; è l'occhio dell'osservatore che rende il fenomeno noioso o al contrario avvincente, ed io spero di rendervi un gesto ripetitivo e banale come questo almeno un po' intrigante.

L'idea di scrivere l'articolo nasce da un episodio che mi è capitato personalmente. Ero a cena da amici ed ho assistito ad una discussione: al momento di scolare la pasta marito e moglie si sono accorti che nè l'uno (che aveva messo su l'acqua) nè l'altra (che aveva buttato la pasta) avevano salato l'acqua; ognuno aveva pensato che lo avrebbe / avesse fatto l'altro. Ne è nato un piccolo diverbio, nel quale sono state fatte delle affermazioni interessanti... Ma erano anche vere?!??

Lo scienziato che è dentro di me si è scatenato; ho pensato che valesse la pena fare una indagine più approfondita ed ho cominciato a chiedere un po' in giro.

Ho potuto constatare che le due scuole principali di pensiero sono le seguenti:

- Ci sono quelli che asseriscono che non faccia una gran differenza quando mettere il sale, (in genere coloro mettono il sale subito dopo aver riempito la pentola, quando l'acqua è ancora fredda)

- Ci sono poi quelli che lo mettono subito dopo l'ebollizione dell'acqua e poco prima di buttare la pasta.

Dopo il mio sondaggio potrei dimostrare scientificamente quello che tutti sospettano, ovvero che in tutte le coppie se l'uomo la pensa in un modo, la donna sicuramente la pensa al contrario. Potrei dimostrarlo scientificamente, ma

non lo farò. Pare anche che l'appartenza all'una o all'altra classe di pensiero non dipenda dal sesso..

Non intendo rispondere subito alla domanda, vorrei prima che ci divertissimo un po'... e quale modo migliore se non andare a leggere tutte le scemenze che appaiono in rete?

Aggiungerò una didascalia denominata "**leggenda_metropolitana_nn**" tutte le volte che ci sarà una inesattezza. Tale inesattezza che verrà smitizzata nel proseguo dell'articolo. Iniziamo da Yahoo answer, che invece di dare una sola risposta (ovvero quella giusta) colleziona tutte le risposte possibili. Vedere per credere.



Ecco la domanda:

La migliore risposta secondo il richiedente, che tira in ballo una fantomatica "**convenienza energetica**" (**leggenda_metropolitana_01 - convenienza energetica**) è la seguente:

Migliore risposta

Scelta del richiedente



lamù ha risposto 8 anni fa

sul quando ti hanno già risposto. sul perchè è semplice. il sale si mette prima della pasta per far sì che la pasta lo assorba in maniera omogenea e che abbia il tempo necessario per salarsi. aggiungelo prima o dopo il bollore non ha alcun effetto sulla cottura ma è conveniente dal punto di vista energetico. Infatti, fornendo lo stesso calore, l'acqua arriva ad ebollizione prima rispetto alla miscela acqua-sale

Valutazione e commento del richiedente

E' la risposta ke volevo avere!

14

2

Commento



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Tra Lamù e Rospikk preferisco quest'ultima, almeno è più sintetica!

Altre risposte (128)

Valutata la migliore ▾



rospikk ha risposto 8 anni fa
appena l'acqua bolle e prima di metterci la pasta dentro

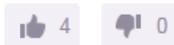


Commento

Er Sannita secondo me vince l'oscar della fantasia, non certo quello della veridicità! Come no, subito dopo aver buttato la pasta è meglio **(leggenda metropolitana_02 - subito dopo aver calato la pasta)**... Classificata secondo gli utenti di Yahoo al secondo posto (!!!)

er sannita ha risposto 8 anni fa

La convinzione generale dice che ciò avviene dopo la prima ebollizione ma...questo vi stupirà, è stato detto da "Maestri pastai" (Professionisti di GRAGNANO, paese dove è nata la pasta) che l'ideale sarebbe aggiungere il sale dopo la seconda ebollizione, quella che avviene cioè, poco dopo aver calato la pasta! ...Più di loro, non ne dovrebbe sapere nessuno!!!
Provare per credere!



Commento

La donna svampita risponde invece che...



cinzia ha risposto 8 anni fa
io lo metto subito altrimenti poi non mi ricordo se l'ho messo oppure no e rischio di metterlo 2 volte!

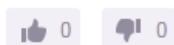


Commento

Ed ecco a voi il salutista!
(leggenda metropolitana_03 - il sale riveste esternamente la pasta)!

cando ha risposto 8 anni fa

Io la metto gli ultimi due minuti di cottura perché il sale riveste esternamente la pasta, la rende saporita ma non l'assorbe il che notoriamente è più salutare. ciao Cando .



Commento

Da questo blog ho scoperto perché quando getto il sale nell'acqua bollente il bollore aumenta al punto che questa deborda improvvisamente ed esce dalla pentola.

<http://conoscitestesso.ipself.it/forum/viewtopic.php?f=57&t=1552>

Come mai?

Ma certo! Come ho fatto a non pensarci prima!
Una spiegazione è che il sale porti energia nell'acqua e, osservando che l'aumento di ebollizione è temporaneo, ne deduciamo che in realtà ciò che produce energia è il suo scioglimento. (leggenda metropolitana_04 - il sale sciogliendosi produce energia)

Sempre su internet si trova anche chi sostiene che la pasta debba essere cotta passivamente...

Ma cosa è la cottura passiva della pasta, proposta dallo chef Elio Sironi?

"La pasta deve cuocere solo due minuti – a partire dal bollore, ovvero dopo che l'acqua ha ripreso a bollire in seguito al versamento della pasta – sul fuoco acceso. Poi dobbiamo spegnere il fornello e coprire la pentola con il coperchio: in questo modo la pasta continua la cottura passivamente fino al termine dei minuti previsti. Esempio, se delle linguine devono cuocere 11 minuti, vorrà dire che cuoceranno 2 minuti a fuoco acceso e i restanti 9 minuti a fuoco spento e coperte."

Cosa ci perdiamo se non la seguiamo?

"Se la pasta bolle per tutto il tempo sul fuoco, disperderà amido e glutine. Ovvero libererà nell'acqua – e dunque non nel piatto – sapori e nutrienti preziosi."(leggenda metropolitana_05 - cottura passiva)

Fonte: <http://www.dissapore.com/cucina/tutto-quello-che-avete-sempre-voluto-sapere-sulla-cottura-passiva-della-pasta/>

Altra fonte:

http://donna.libero.it/un_post_a_tavola/rivoluzione-pasta-spaghetti-cucina-ricetta-cottura-chef-ne2519.phtml?ssonc=1229571876



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Passiamo alla (**legghenda metropolitana_06 - intacca le pentole**). Una credenza piuttosto diffusa sostiene che:

“Le pentole d'acciaio inossidabile vanno trattate con riguardo. Quando si cuociono i legumi, non salare mai l'acqua fredda: il sale si dissolve solo al caldo e si fisserà sulle pareti della pentola che si attaccherà poco a poco, lasciando punti di corrosione. Per contro, l'acqua di cottura delle patate rende loro lo splendore, a condizione che si lasci la pelle.”

Fonte:

<http://digilander.libero.it/acqua67/consigli%20cucina.htm>

Bene, adesso è finito il momento dello humor e passiamo alle cose serie..

Nota: da qui in poi mi sono ispirato largamente ad un post sul blog del mitico Bressanini.

[http://bressanini-](http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2009/09/09/bollire-lacqua/)

[lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2009/09/09/bollire-lacqua/](http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2009/09/09/bollire-lacqua/)

(**legghenda metropolitana_06 - intacca le pentole**)

La credenza è falsa, e viene smentita piuttosto bene al seguente link:

<http://www.murlocultura.com/site/murlocultura/35-anno-2012/murlocultura-2012-nr-1/91-quando-si-sala-l-acqua-per-la-pasta>

Un gesto semplice

Quante volte abbiamo messo su l'acqua per cuocere la pasta? Ebbene, un gesto così semplice nasconde tante chicche scientifiche. Innanzitutto avrete notato che non appena l'acqua fredda comincia a scaldarsi iniziano ad uscire delle minuscole bollicine, quando siamo ancora ben lontani dalla temperatura di ebollizione. Ebbene, si tratta dei gas che erano disciolti in acqua (azoto, ossigeno, etc) e che evaporano mano a mano che l'acqua si scalda. Eh si, perché più l'acqua è fredda, più i gas riescono a sciogliersi in acqua. I pesci ci respirano con

l'ossigeno disciolto in acqua... Mano a mano che l'acqua scalda i gas in eccesso escono... Ed ecco spiegate le bollicine!

Se ho fretta, il modo migliore per risparmiare tempo è chiudere la pentola con un coperchio. Con il coperchio l'acqua bolle più velocemente grazie al fatto che disperdiamo meno calore nell'ambiente (ed anche il pianeta terra è contento, perché risparmiamo energia!). Bressanini sul suo blog riferisce che prendendo 4 litri d'acqua alla temperatura iniziale di 19,5 gradi e misurando i tempi per raggiungere i 96 °C con e senza coperchio, i risultati sono i seguenti:

T °C	Min. con coperchio	Min. senza coperchio
40	06:56	07:05
50	10:36	10:40
60	14:09	14:32
70	17:47	18:40
80	21:43	23:33
90	25:34	29:06
96	28:08	34:13

E' vero che il sale fa aumentare la temperatura di ebollizione dell'acqua, ma se lo buttiamo dopo la prima ebollizione (quando l'acqua è ancora "dolce"), dobbiamo aprire il coperchio. Questo gesto fa disperdere una certa quantità di calore... Un punto a favore del sale aggiunto subito! Assolutamente sconsigliabile richiudere il coperchio dopo aver buttato la pasta, (a meno che non si usi il metodo molto marketing ed anche ecosostenibile di Elio Sironi). Se lo facciamo, infatti la schiuma monta ed esce dappertutto insieme all'acqua, sporcando il fornello e rischiando anche di spegnere la fiamma.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Quando siamo vicini al punto di ebollizione, inizia a presentarsi un altro fenomeno curioso: si formano delle piccole bolle sul fondo della pentola che non riescono a raggiungere la superficie; se riescono a staccarsi dal fondo a mezz'acqua anzi spariscono! Questo fenomeno dipende dal fatto che verso la superficie l'acqua è più fresca quindi il vapore acqueo ritorna ad essere liquido.

Al raggiungimento del punto di ebollizione, le bolle di vapore si formano ovunque all'interno della pentola, arrivano senza problemi in superficie e si disperdono nell'ambiente. Da notare che, una volta raggiunto il punto di ebollizione, l'acqua non aumenta più di temperatura; questo è il motivo principale per cui nelle ricette ci sono scritti i minuti di cottura in acqua bollente. Non è detto che 100 °C sia la temperatura migliore per cuocere la pasta, ma almeno è un parametro comune per tutti.

Un esempio? Ci sono cibi che se cotti a 65 °C invece che a 100 °C sono più gustosi... Come si fa? Mettendoli in lavastoviglie!!

<http://blog.moebiusonline.eu/index.php/2011/03/30/cucinare-in-lavastoviglie/>

Ma questa è un'altra storia, proseguiamo nel nostro cammino che ci sono ancora tante cose da dire...

Ad essere pignoli l'acqua non bolle esattamente a 100 °C ovunque; la temperatura di ebollizione dipende principalmente dalla pressione atmosferica (oltre che dalle sostanze disciolte in essa). Al livello del mare bolle a 100 °C, ma il punto di ebollizione diminuisce di un grado Celsius ogni 300 metri di altezza.

Ecco spiegato il perché la pentola a pressione riduce i tempi di cottura: portando l'acqua a pressioni più alte, avremo temperature di ebollizione superiori a 100 °C. Tipicamente l'acqua dentro una pentola a pressione è intorno ai 120 °C, oltre i quali scatta la valvola.

Ma dove nascono le bolle di vapore? Non nascono dal nulla ma “germogliano” a partire da impurità disciolte in acqua o da piccoli graffi della pentola.

Se l'acqua è purissima e la pentola è senza graffi, si può arrivare ben oltre i 100 °C senza avere il bollore; si parla di acqua super riscaldata.. Occhio che appena ci si butta dentro qualcosa le bolle trovano un appiglio per crearsi e l'acqua esplode!! Ecco un paio di video che mostrano il pericoloso fenomeno:

<https://www.youtube.com/watch?v=2SzUrfvWPU>
https://www.youtube.com/watch?v=1_OXM4mr_i0

Svisceriamo i dettagli

Aggiungere sale all'acqua ne aumenta il punto di ebollizione, è vero, ma di quanto?

Per aumentare la temperatura di ebollizione di un litro d'acqua di un grado centigrado servono 58 grammi di sale. Per i maniaci dei calcoli, ecco qui come si ottengono i 58 grammi. Vedere la sezione “Approfondimento chimico 1” del seguente link:

<http://www.murlocultura.com/site/murlocultura/35-anno-2012/murlocultura-2012-nr-1/91-quando-si-sala-l-acqua-per-la-pasta>

58 grammi sono una bella quantità per un litro d'acqua....



Se consideriamo che la pentola normalmente viene riempita con circa 4 litri di acqua, per aumentare di un grado la temperatura di ebollizione dovremmo aggiungere ben 232 grammi di sale.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Eccoli in foto. Sono un bel po', vero?



Per darvi un'idea più precisa ho scattato anche un'altra foto che fa vedere la piramide di 232 grammi di sale anche da un'altra angolazione:



Abbiamo dunque stabilito che il sale che mettiamo nell'acqua per cuocere la pasta (circa 10 grammi/litro) non aumenta in maniera apprezzabile il punto di ebollizione.

Sfatiamo la **(leggenda metropolitana_01 - convenienza energetica)**. Dato che il punto di ebollizione è circa lo stesso, l'energia che serve a portare ad una temperatura di ebollizione l'acqua dolce o salata è circa la stessa. Anche se il sale alzasse di 10 gradi il punto di ebollizione, per portare l'acqua ad una temperatura di 110 °C dovremmo immettere nel sistema la stessa

energia indipendentemente da quando l'acqua viene salata.

Mettere il sale subito (quando l'acqua è ancora fredda) ha indubbiamente due vantaggi:

- Non mi dimentico di metterlo dopo
- Non devo aprire il coperchio quando l'acqua bolle (dunque non spreco energia e risparmio tempo)

Ma veniamo alla **(leggenda metropolitana_02 - subito dopo aver calato la pasta)** non ho trovato molto, il mio spirito scettico mi porta a diffidare delle affermazioni non sostenute da prove, anche se tali affermazioni arrivano da "maestri pastai" di Gragnano.

Per quanto riguarda questa **(leggenda metropolitana_03 - il sale riveste esternamente la pasta)** direi che si smentisce da sé. La pasta si cuoce a causa dell'acqua calda che idrata e fa perdere la struttura ordinata all'amido presente. Il gusto è salato grazie all'acqua che penetra nella pasta, non ho mai visto granuli di sale che rivestono esternamente la pasta appena scolata...

Ma affrontiamo la **(leggenda metropolitana_05 - cottura passiva)**

Su questa è stato un po' difficile reperire informazioni attendibili. Per fortuna il mitico Bressanini ci viene ancora in aiuto in un post molto interessante sugli spaghetti.

Il post è reperibile al seguente link:

<http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2008/03/26/lequazione-degli-spaghetti/>



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena ; 24° - Anno 7 – N° 1 - 1/03/2015

Andrea4nero chiede a Bressanini:



Andrea4nero 5 febbraio 2010 alle 16:26

Dario, un saluto e i miei complimenti per il blog. Finora non ho mai scritto nulla ma oggi leggendo un articolo sulla cottura della pasta ho sentito la necessità di avere chiarimenti. In particolare mi riferisco all'intervento di Sironi (lo chef del "Bulgari" a Milano) a identità golose. Riporto un estratto: «Sto perfezionando la cottura passiva: in pratica la pasta bolle a fuoco vivo per 4 minuti, poi spengo e metto da parte la pentola perché la pasta cuocia dolcemente in un'acqua che perderà via via calore. L'amido rimarrà così nella pasta senza intaccare il glutine». Vero o falso? Pro e contro?

E Bressanini, arguto come sempre, risponde così:



Dario Bressanini 5 febbraio 2010 alle 16:44

Andrea4nero: a parte la faccenda dell'amido che "intacca" che mi risulta oscura, questa cottura non è per nulla nuova. Ne parlava anche Harold McGee qualche anno fa. E' una **banale** applicazione dei principi della termodinamica, visto che non è necessario l'acqua a 100 gradi per cuocere la pasta ma solo la temperatura sufficiente per gelificare l'amido. Il rischio però è, se non c'è agitazione, che la pasta di attacchi.

A naso direi che l'unico vantaggio è quello del risparmio energetico, ma dubito molto che vi sia un vantaggio gustativo

Ci rimane giusto il tempo di sfatare l'ultimo mito. Se buttiamo il sale quando l'acqua è bollente, vedremo un improvviso aumento del bollore; tale aumento non è dovuto al fatto che il sale sciogliendosi produca energia (**leggenda metropolitana_04 - il sale sciogliendosi produce energia**). In realtà i cristalli di sale agiscono da appigli per la formazione delle bolle, che altrimenti non saprebbero come formarsi. Se invece del sale buttassimo un pugno di sabbia otterremmo lo stesso aumento del bollore, a riprova che la produzione di energia non c'entra nulla.

Vorrei concludere questo viaggio con un paio di considerazioni personali.

La prima è che spesso il sapere dei nostri nonni è sbagliato (o si fonda su assunzioni sbagliate). Non smetterò mai di suggerire agli amici di essere scettici, chiedersi sempre il perché delle cose e mettere in discussione le tradizioni, altrimenti si rischia di far la fine di quel mio amico che cuoceva

sempre il pollo in forno senza le cosce. Quando gli chiesi il perché, egli rispose: "perché si fa così, mia mamma lo ha sempre cotto senza cosce". Intervistammo la mamma che ci rispose: "perché si fa così, la nonna lo ha sempre cotto senza cosce". Andammo dalla nonna che ci rispose: "certo che toglievo sempre le cosce, altrimenti il pollo non ci entrava nel mio piccolissimo forno!".

La tradizione, per dirla con le parole di Bottura "non è altro che una innovazione ben riuscita", e innova solo chi mette in dubbio l'esistente, aggiungo io.

Fonte:

<http://www.lacucinaitalia.it/lcipro/index.php/2014/04/italiani-di-successo-bottura/>

Alla prossima domanda impossibile!

Altre fonti:

http://www.albertobarbazza.it/Ricette/Bollire_acqua.aspx

<http://www.dissapore.com/grande-notizia/qual-e-il-momento-migliore-per-mettere-il-sale-nella-pasta/>

Lecture consigliate:

"**Pane e Bugie**", di Dario Bressanini
<http://www.lafeltrinelli.it/libri/dario-bressanini/pane-e-bugie/9788861904347>

"**Le bugie nel carrello**", di Dario Bressanini
<http://www.lafeltrinelli.it/libri/dario-bressanini/bugie-carrello/9788861903562>

Entrambi sono disponibili anche in e-Book.