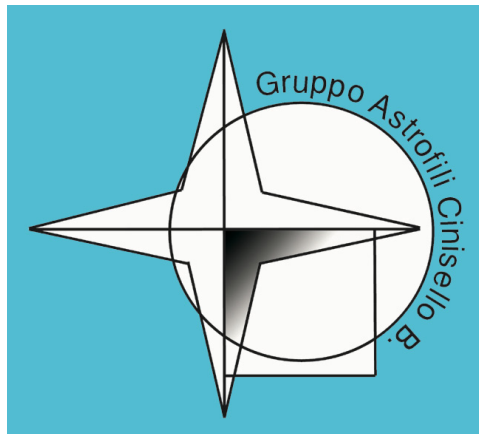




il **BOLLETTINO**
del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO
numero 67 - Giugno 2020



BUCHI NERI E VIAGGI NEL TEMPO

ESSERE ASTROFILI IN TEMPI DI PANDEMIA

IN QUESTO NUMERO

EDITORIALE

Essere astrofili in tempi di pandemia - <i>Cristiano Fumagalli</i>	3
Nota dal responsabile del bollettino - <i>Stefano Spagocci</i>	4
Qualche considerazione in merito all'equazione di Drake - <i>Adriano Gaspani</i>	5
Non siamo così periferici?	
Considerazioni sul principio antropico - <i>Stefano Spagocci</i>	13
Le stelle nelle monete celtiche! - <i>Davide Villa</i>	20
Piccola enciclopedia astronomica	
Buchi Neri e Viaggi nel Tempo - <i>Franco Vruna</i>	26
Astro News - <i>Cristiano Fumagalli</i>	29

EDITORIALE

ESSERE ASTROFILI IN TEMPI DI PANDEMIA

Cristiano Fumagalli

Siamo sinceri, alzi la mano chi avrebbe mai pensato ad una situazione simile! Credo che nessuno lo possa fare, sembra di vivere in uno di quei film “fanta-catastrofici” che più volte abbiamo guardato con un senso di esagerazione. Eppure eccoci qui, chiusi nelle nostre case, presi da ansie e paure e con la vita completamente stravolta, le sicurezze di prima sembrano scomparse. Ovviamente, anche la vita da astrofilo è completamente cambiata, ancora di più rispetto a quella da semplice cittadino. La parte dedicata alle osservazioni non c'è più, gli osservatori chiusi, le località montane irraggiungibili e i nostri strumenti chiusi negli armadi per chissà quanto ancora. Si ha voglia di parlare di astronomia dal balcone, ma per chi vive in città come me e con un piccolo cortile illuminato a disposizione, l'osservazione degli oggetti celesti è pura immaginazione.

Anche le nostre associazioni e i planetari sono chiusi; ci manca la possibilità di incontrarci, di parlare di astronomia, di fare divulgazione. In questo caso, però, ci stanno aiutando i nuovi software per i meeting, le cosiddette stanze virtuali. Ora possiamo nuovamente vederci, programmare gli incontri e la divulgazione, grazie alle dirette sui social media; certo, sono assai diverse dalle conferenze, ci siamo accorti che in queste dirette non si può parlare per più di 20-30 minuti e bisogna andare subito al “sodo” e in modo semplice, pena la perdita d'interesse. È un modo diverso di spiegare l'astronomia, più rapido e, diciamo, concreto. È un'esperienza che servirà moltissimo anche per il futuro, affiancando alle normali conferenze in pubblico anche queste “pillole” di scienza da condividere in filmati sui social.

In questo caso le restrizioni della pandemia si sono trasformate in un'opportunità, come sempre succede quando, con calma, si ragiona insieme. Adesso ci aspetta il graduale ritorno alla “normalità” anche se proprio così non sarà. Dovremo farlo con cautela, studiando dei protocolli severi per evitare contagi, almeno fino a quando dovremo, gioco forza, convivere con il COVID-19. È strano dover pensare a incontri in numero ridotto, osservazioni pubbliche a numero chiuso, distanziamenti, indossare guanti e mascherine, dover pensare a disinfestazioni di ambienti e osservatori, compresi gli strumenti. Dovrà, però, essere così, fino a quando non si avrà un vaccino, una cura.

Alle fine tutto tornerà sicuramente come prima; torneremo ad incontrarci liberamente per parlare di astronomia, divulgazione, osservazione e fotografia del cielo. Sarà allora che dovremo ricordarci di oggi e cosa abbiamo temporaneamente perso e capire che dovremo godere di ogni istante vissuto insieme poichè nulla, ma proprio nulla, è scontato nella vita!

NOTA DAL RESPONSABILE DEL BOLLETTINO

Stefano Spagocci

Da qualche settimana, per fortuna, siamo relativamente liberi, e incrociamo le dita perché il virus è sempre in agguato! L'editoriale di Cristiano, però, rimane a testimonianza di un periodo che non avremmo mai immaginato di dover vivere, un periodo in cui, non dimentichiamolo, decine di migliaia di nostri compatrioti hanno perso la vita, per non parlare delle centinaia di migliaia di vittime in tutto il mondo. Un periodo, però, da cui abbiamo imparato molto, come Cristiano molto giustamente sottolinea!

Chi scrive, data la sua nota fissazione per la matematica, e la forzata disponibilità di tempo, si è dedicato all'analisi dell'epidemia, applicando il cosiddetto "modello SIR" ai dati del contagio. Poiché non ne siamo ancora fuori (occorre riconoscerlo ed essere prudenti), è troppo presto per trarre conclusioni definitive dall'analisi. Posso però anticipare che i dati, a differenza di ciò che hanno scritto taluni giornalisti (sulla cultura matematica dei quali sarebbe divertente indagare), hanno mostrato di seguire molto bene l'andamento previsto dal modello, assumendo però diversi valori dei parametri per ognuna delle fasi dell'epidemia.

In sintesi, ogni decreto restrittivo emanato (non importa da chi lo sia stato, non sto facendo politica in questa sede) entro pochi giorni ha portato ad un notevole miglioramento nei parametri dell'epidemia e mi sento di affermare ad alta voce che il *lockdown*, certo una misura molto dura per tutti, una misura liberticida per necessità, nella sola Lombardia abbia salvato dalle quarantamila alle sessantamila vite umane e non mi sembra poco! Dall'analisi ho tratto altre lezioni, umane e scientifiche, ma di ciò riferirò nel prossimo numero del Bollettino. Chi segue le mie iniziative editoriali, però, stia all'erta, perché qualcosa bolle in pentola riguardo al COVID-19.

QUALCHE CONSIDERAZIONE IN MERITO ALL'EQUAZIONE DI DRAKE

Adriano Gaspani

I.N.A.F. - Osservatorio Astronomico di Brera-Milano
adriano.gaspani@inaf.it

Introduzione

La possibilità dell'esistenza della vita extraterrestre è un argomento molto dibattuto a tutti i livelli, sia nell'ambito accademico che in quello della fantascienza, ma anche nella vita quotidiana. Insieme al dibattito in merito al fatto che le civiltà aliene esistano o meno su pianeti facenti parte di sistemi planetari extrasolari, che peraltro sono scoperti con frequenza sempre maggiore, appare spesso trattata la questione relativa ad un possibile arrivo sulla Terra.

Questa possibilità entusiasma da sempre i cosiddetti xenologisti, cioè coloro i quali credono e ardentemente sperano in un eventuale contatto, considerando, a mio avviso del tutto erroneamente, gli esponenti di una cultura aliena che potrebbero approdare sulla Terra come messaggeri di pace e fratellanza, latori di un livello tecnologico molto superiore al nostro attuale che, una volta condiviso con la popolazione del nostro pianeta, permetterebbe la soluzione di miriadi di problemi tra cui ad esempio quello della cura delle malattie attualmente ritenute incurabili.

Dalla parte opposta abbiamo la schiera degli scettici, i quali non solo ritengono altamente improbabile un contatto ma addirittura negano categoricamente l'esistenza, al minimo nell'intera nostra galassia, di civiltà differenti dalla nostra.

Mancando prove oggettive sperimentali in relazione all'esistenza o meno delle civiltà aliene, il dibattito è destinato a protrarsi senza fine nel tempo. Gli xenologisti utilizzano gli strumenti della logica per tentare di dimostrare l'esistenza di civiltà aliene, primo fra tutti il principio di mediocrità, mentre i negazionisti utilizzano concetti connessi al principio antropico e motivazioni religiose e creazionistiche, soprattutto derivate dalle dottrine delle religioni monoteistiche.

Supponendo, quale ipotesi di lavoro, l'effettiva esistenza di civiltà aliene intelligenti e tecnologicamente evolute, bisogna prevedere anche uno scenario di tipo catastrofico connesso alla volontà da parte di queste civiltà di invadere la Terra al fine di assoggettarla e di conquistarne le risorse. Ovviamente, in questo caso, contro una civiltà invadente depositaria di una tecnologia molto superiore alla nostra attuale non avremmo alcuna speranza.

Archeologia Cosmica

La probabilità di esistenza delle civiltà aliene tecnologicamente evolute diventa essenziale nel momento in cui si desidera valutare la possibilità di contatto attuale tra noi e "loro" ma è

completamente inessenziale nel quadro dell'analisi probabilistica dell'esistenza di civiltà tecnologiche all'interno di una determinata galassia, partendo dal tempo della sua formazione e continuando lungo tutto il suo sviluppo temporale. Appare chiaro che se trascuriamo la probabilità di esistenza attuale delle civiltà evolute e tecnologiche quello che rimane è la semplice probabilità che una civiltà di questo tipo si sia sviluppata da qualche parte prima o poi nella galassia, considerata lungo tutta la sua vita evolutiva.

Questo tipo di ricerca va sotto il nome di "archeologia cosmica". La formazione di una determinata civiltà entro una galassia non dipende da noi e i meccanismi che concorrono ad essa sono molteplici, complessi ed imprevedibili; dal punto di vista operativo possiamo dunque considerare lo sviluppo delle civiltà aliene tecnologiche un fenomeno completamente casuale e quindi trattabile con successo con la teoria della probabilità ma non come è stato fatto generalmente fino ad ora da molti ricercatori, i quali sono partiti dall'equazione di Drake o simili.

Esistono civiltà intelligenti tecnologicamente evolute nelle galassie?

Questa è la domanda fondamentale a cui dobbiamo rispondere; ovviamente, nonostante le strampalate affermazioni (peraltro non verificate) di talune persone, nessuno ha mai incontrato un alieno per strada o al bar. Un altro problema è il cosiddetto "paradosso di Fermi", il quale mette in evidenza l'esistenza di un "grande silenzio", cioè mancano completamente tracce oggettive della presenza, da qualche parte, di queste civiltà extraterrestri.

Molte soluzioni sono state proposte per risolvere il paradosso di Fermi ma nessuna di esse si è dimostrata soddisfacente. L'unico strumento, condiviso sia dagli xenologisti sia dai negazionisti, è l'equazione di Drake, sviluppata nel 1961, la quale tenta di fornire una stima approssimativa del numero di civiltà aliene attualmente presenti nella sola nostra galassia.

La formulazione originale di tale equazione può essere manipolata in modo da renderla più adatta al calcolo probabilistico ed utilizzeremo quindi l'equazione di Drake quale punto di partenza, ricordando che se storicamente fu messa a punto per stimare il numero di civiltà aliene intelligenti e sufficientemente tecnologiche attualmente presenti nella nostra galassia, essa è di tipo generale e può essere applicata a qualsiasi galassia e come tale la tratteremo.

L'equazione di Drake, nella sua formulazione classica, tenta di ottenere una stima ragionevole del numero N_c di civiltà intelligenti e tecnologicamente evolute attualmente presenti in una galassia e potenzialmente in grado di comunicare nella banda elettromagnetica; tale equazione, però, presenta non pochi problemi, come vedremo più oltre, tanto da renderla completamente inutile ai nostri fini.

Le iniziali strategie di ricerca delle tracce delle civiltà aliene

La ricerca di intelligenze extraterrestri basata su argomenti scientifici è iniziata verso la fine degli anni '50. Si conoscevano ormai abbastanza bene i meccanismi di formazione ed evoluzione

delle stelle per affermare che la formazione di un sistema planetario doveva essere un fenomeno comune, inoltre la tecnica radioastronomica era già abbastanza sviluppata per poter captare eventuali segnali radio emessi da altre civiltà distanti qualche decina di anni luce. Si sarebbe potuto anche pensare di captare segnali luminosi artificiali ma questi sono soggetti all'estinzione da parte delle polveri interstellari e all'assorbimento da parte di un cielo coperto di nubi, tutti ostacoli ignoti alle radioonde.

Ammesso quindi che le eventuali civiltà extraterrestri abbiano più o meno le nostre conoscenze o conoscenze più avanzate, cercheranno di mandarci segni della loro esistenza usando le radioonde. Inoltre, poiché fra le radioonde una delle più studiate è la riga di 21 centimetri dell'idrogeno, potrebbero scegliere proprio questa lunghezza d'onda per avere una maggiore probabilità che un osservatore terrestre si accorga di segnali modulati, una specie di alfabeto Morse, sovrapposti ai segnali naturali emessi dal gas galattico.

In base a questi ragionamenti, esposti da Giuseppe Cocconi e Philip Morrison in un articolo apparso sulla rivista *Nature* il 19 settembre 1959, il radioastronomo americano Frank Drake pensò di utilizzare il nuovo radiotelescopio di 25 metri di diametro dell'osservatorio radioastronomico nazionale degli Stati Uniti, situato a Green Bank in West Virginia. Il progetto di Drake prese il nome di "Ozma", dal nome della principessa del fantastico paese di Oz, protagonista di un libro di racconti per bambini molto popolare nei paesi anglosassoni.

Da circa un secolo utilizziamo le trasmissioni radio, sia per scopi civili che militari, quindi da circa un secolo disperdiamo involontariamente segnali radio nello spazio, rivelando così la nostra presenza. Un osservatore extraterrestre che avesse raggiunto uno sviluppo tecnologico sufficientemente elevato sarebbe in grado di notare una periodica variazione delle emissioni radio terrestri, legata al periodo di rotazione della Terra ma anche al suo periodo di rivoluzione intorno al Sole. Nel caso della rotazione giornaliera si avrebbero dei massimi di flusso radio tutte le volte che l'osservatore vede l'Europa oppure il Nord America, dovuti al gran numero di trasmittenti, sia di tipo civile che militare, presenti in quei particolari continenti.

L'Equazione di Drake

Per ottenere una stima, sia pure grossolana, di quante civiltà aliene tecnologicamente evolute possano oggi esistere nella Via Lattea, l'astronomo americano Frank Drake nel 1961 propose la seguente equazione, diventata ormai famosa, composta dal prodotto di 7 fattori:

$$N = R \cdot f_p \cdot n_i \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

dove N è il numero delle civiltà attualmente presenti nella Via Lattea con le quali potremmo in teoria comunicare, R è il tasso medio di formazione delle stelle durante tutta la vita della Via Lattea che si ottiene dividendo il numero di stelle galattiche (circa 300 miliardi) per l'età della Galassia (circa 10 miliardi di anni), f_p rappresenta la frazione di stelle con un sistema planetario, n_i il numero di pianeti, in ciascun sistema, in condizioni adatte allo sviluppo della vita, f_v la frazione

di pianeti adatti in cui la vita si sviluppa effettivamente e si evolve verso forme molto complesse, f_i la frazione di questi pianeti su cui si sviluppano forme di vita intelligente, f_c la frazione di questi in cui le forme di vita intelligente sviluppano interesse per le comunicazioni interstellari e infine L è la durata media di una civiltà tecnologicamente avanzata.

In questa equazione l'unico termine tradizionalmente abbastanza sicuro è R ma dal 2015 è possibile avere una buona stima anche del prodotto $f_p \cdot n_i$ in quanto Silburt e collaboratori hanno pubblicato le loro analisi statistiche dei dati osservativi ottenuti durante la missione del satellite Kepler. Analizzando le caratteristiche della grande quantità di esopianeti scoperti dal satellite in orbita intorno a stelle di tipo solare o di spettro più avanzato e selezionando quelli le cui dimensioni sono dell'ordine di grandezza di quelle della Terra è stato possibile stabilire che la probabilità di avere un pianeta di tipo terrestre orbitante nella "zona di abitabilità" (HZ) del sistema planetario a cui appartiene, entro cui l'acqua può mantenersi liquida, è pari a $\eta=0.064$. Questo dato è di fondamentale importanza in quanto è possibile porre:

$$\eta = f_p \cdot n_i$$

ma siccome mediamente abbiamo che nella zona di abitabilità di un sistema planetario è compreso un solo pianeta allora sarà $n_i=1$, quindi $f_p=0.064$. In più, essendo η una valutazione statistica, avremo anche il suo margine di incertezza che è dell'ordine di $\sigma(\eta)=\pm 0.02$. Allo stesso modo avremo $\sigma(f_p)=\pm 0.02$.

Bene, ora le incognite nell'equazione di Drake sono ridotte a cinque che però sono sempre troppe... Inoltre in teoria si dovrebbero escludere tutte le stelle doppie o multiple, i cui eventuali pianeti avrebbero orbite fortemente perturbate dalla presenza della o delle compagne (ma in realtà le recenti scoperte relativamente ai sistemi extrasolari ci mostrano l'esistenza di sistemi planetari a prima vista molto improbabili) ed inoltre vanno escluse le stelle di grande massa ed alta luminosità che hanno un'evoluzione molto veloce, quindi una durata troppo breve per permettere lo sviluppo di forme di vita avanzate sui loro pianeti.

Esiste quindi tutta una serie di limitazioni, le quali fanno drasticamente diminuire il numero di stelle che può essere teoricamente preso in considerazione. Per stimare i restanti parametri alla luce della attuali conoscenze bisogna avanzare alcune ipotesi di lavoro del tutto gratuite. Ad esempio Drake suppose correttamente che, analogamente a quanto avviene nel caso del nostro Sistema Solare, esista attorno a una stella un solo pianeta adatto alla vita e suppose anche, molto euristicamente, che laddove esistono le condizioni adatte allo sviluppo della vita questa evolva sempre e naturalmente verso forme di vita intelligente.

Ciò equivale a porre:

$$f_v = f_i = 1$$

ma non è detto che tutte le forme di vita intelligente diventino tecnologicamente avanzate e

soprattutto interessate allo sviluppo di comunicazioni interstellari, quindi Drake assunse $f_c=0.01$, cioè solo una su 100 civiltà sarebbe interessata o avrebbe sviluppato la tecnologia atta a comunicare con altri sistemi planetari.

Infine, l'incognita rimanente è L . Quanto può durare una civiltà tecnologicamente avanzata? La nostra ha poco più di cento anni e le tecniche per captare segnali extrasolari hanno circa sessant'anni. La nostra civiltà potrà durare secoli o millenni o anche molto meno; dipende dalla nostra capacità di rispettare l'ambiente e di non avviarcì verso catastrofi nucleari o verso la distruzione dell'ambiente per eccesso di tecnologia. L'aumento dell'effetto serra e la rarefazione dello strato di ozono sono segnali premonitori inquietanti ma esistono anche le catastrofi cosmiche che mettono a rischio la sopravvivenza del genere umano.

Drake, al cui tempo i dati di Kepler non erano ancora disponibili, assunse erroneamente $f_p=0.7$ e fissò la durata media L di una civiltà tecnologicamente evoluta in:

$$L = 10000 \text{ anni}$$

eseguendo i calcoli con i dati originali di Drake risulta:

$$N = 30 \times 0.7 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.01 \times 10000 = 2100$$

cioè nella Galassia esisterebbero attualmente 2100 civiltà in grado di comunicare con noi, se lo volessero.

Tale stima potrebbe risultare decisamente ottimistica ma esistono stime che lo sono ancora di più, ad esempio quella eseguita nel 1979 da Isaac Asimov nel suo libro *Le Civiltà Extraterrestri*. Date le ipotesi fatte il calcolo è estremamente incerto, comunque Frank Drake e con lui i più appassionati fautori del progetto SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence), A.G.W. Cameron, Carl Sagan, Cyril Ponnamperna e altri, hanno perseverato in questa ricerca che qualcuno, ottimista per natura, ha paragonato alla ricerca di una bottiglia con un messaggio dispersa in mezzo all'oceano. In realtà l'impresa è molto ma molto più ardua perché non è detto che la bottiglia contenente il messaggio esista veramente. Malgrado ciò i proseliti sono cresciuti di numero, si sono tenuti molti convegni scientifici sull'argomento e l'Unione Astronomica Internazionale ha fondato un'apposita commissione dedicata alla bioastronomia.

La soluzione di Asimov dell'equazione di Drake

Isaac Asimov nel 1979 tentò una soluzione dell'equazione di Drake, ipotizzando che la nostra Galassia contenesse 300 miliardi di stelle e stimando l'entità delle varie frazioni che vi appaiono. Secondo Asimov esisterebbero 75 miliardi di sistemi planetari adatti ad ospitare la vita e di questi 5.2 miliardi sono posti ad una distanza dalla loro stella in modo che vi possa essere acqua allo stato liquido, quindi sono ubicati nella cosiddetta "zona di abitabilità" (HZ).

Asimov prevede quindi che potessero esistere 2.5 miliardi di sistemi in cui fosse stato presente

almeno un pianeta utile posto nella zona di abitabilità, dei quali almeno 1.3 miliardi potessero avere caratteristiche morfologiche simili a quelle della Terra. Di questi, almeno 650 milioni sarebbero stati adatti a sviluppare forme di vita di tipo terrestre. La vita però si dovrebbe essere effettivamente sviluppata solo su 600 milioni di pianeti adatti; di questi solo 430 milioni avrebbero sviluppato vita di tipo multicellulare e di questi ultimi solo 413 milioni avrebbero sviluppato una ricca vita di tipo terrestre. In 390 milioni di essi si sarebbe evoluta una civiltà intelligente e tecnologica.

Asimov ne concluse che una civiltà tecnologica si sviluppa in media su 1 pianeta su 566038 e di conseguenza dalla formazione della Galassia ad oggi le civiltà aliene tecnologicamente evolute si sono formate al ritmo di una ogni 18868 anni. Alla fine Asimov stimò che attualmente potessero esistere 530000 civiltà aliene tecnologicamente evolute e in grado di comunicare. Al di là del fatto che lo studioso di origine russa possa forse aver sovrastimato il numero di stelle adatte presenti nella nostra galassia, vedremo più avanti che convertendo le sue valutazioni in termini probabilistici si possono fare alcune considerazioni degne di interesse.

Analizzando i dati forniti da Asimov si perviene a stabilire che la probabilità P_a di incontrare casualmente nella nostra galassia un sistema planetario orbitante intorno ad una stella la quale ospiti una civiltà aliena tecnologicamente evoluta e in grado di comunicare è pari a:

$$P_a = 1.8 \times 10^{-6}$$

questo valore mi sembra comunque piuttosto ottimistico.

La teoria di Claudio Maccone

Uno sviluppo interessante, ma che comunque è ben lungi dal risolvere il problema, è la teoria sviluppata in questi ultimi anni da Claudio Maccone, un ricercatore indipendente che parte dal presupposto, del tutto corretto, che non debba essere valutato il numero esatto di civiltà aliene presenti nella nostra galassia bensì la sua distribuzione di probabilità derivante dalla combinazione delle distribuzioni di ciascuno dei sette parametri che entrano nell'equazione di Drake, considerati come variabili casuali dotate di valore medio e varianza finita.

Il calcolo della distribuzione di probabilità associata al numero N_c di civiltà presumibilmente presenti oggi nella nostra galassia si dimostra difficile da eseguire, in quanto tale valore si ottiene con il prodotto di sette variabili casuali. Maccone sostituisce ai sette fattori che entrano nell'equazione di Drake il loro logaritmo naturale, rendendo in questo modo additiva la formula di Drake e permettendo una utile applicazione del teorema del limite centrale alle varie distribuzioni di probabilità associate a ciascun fattore che entra nel calcolo.

Questo lo ha condotto inevitabilmente ad ottenere, per il numero N_c complessivo di civiltà attualmente presenti nella nostra galassia, una distribuzione di probabilità di tipo log-normale con un valore di picco dell'ordine delle 3500 civiltà aliene tecnologicamente evolute attualmente presenti nella nostra galassia.

La distribuzione log-normale mostra una lunga coda lentamente discendente che propone valori gradualmente minori. Allo stesso modo diventa una distribuzione log-normale anche la probabilità relativa alla distanza reciproca tra i sistemi planetari dove risiederebbero le civiltà aliene. Tale distribuzione di probabilità, relativa alle distanze, è stata denominata “distribuzione di Maccone”.

Dal punto di vista matematico il metodo è estremamente elegante e molto piacevole ma nuovamente il risultato finale è soggetto ai consueti livelli di incertezza, dovuti al fatto che i valori di almeno sei dei sette fattori di partenza sono oggi decisamente incogniti e pare che per stimarli non esista altra soluzione che tirare (ragionevolmente) a indovinare.

Un risultato più sensato...

Ritorniamo ora all'equazione di Drake ma utilizzando $f_p=0.064$ e un sottoinsieme di 100 miliardi di stelle invece dei 300 miliardi utilizzati da Drake. Questo è motivato dal fatto che solo le stelle comprese nella “Galactic Abitability Zone” (GHZ) devono essere prese in considerazione per lo sviluppo della vita.

Eseguiamo nuovamente i calcoli e otteniamo:

$$N = 10 \times 0.064 \times 1 \times 1 \times 0.01 \times 10000 = 64$$

quindi in questo caso dovremmo prevedere solo 64 civiltà aliene con cui teoricamente potremmo in qualche modo comunicare (se lo volessero...). Questo risultato mi sembra decisamente più sensato rispetto alle consuete grandi stime ottimistiche.

Perché le equazioni di tipo Drake sono inutili

Come abbiamo visto, le equazioni di tipo Drake sono quelle nelle quali il numero di civiltà aliene N_c esistenti in un dato momento nella Galassia è dato da un'equazione del tipo:

$$N_c = P \cdot N_s$$

dove N_s è il numero di stelle della Galassia e P è la probabilità di esistenza di una singola civiltà aliena tecnologicamente evoluta. La probabilità P in genere viene calcolata valutando un certo numero M di probabilità individuali P_k e moltiplicandole tra di loro:

$$P = \prod P_k$$

Se ciascuna delle M probabilità individuali P_k è tale che $0 \leq P_k \leq 1$, allora siccome tutti i possibili valori dell'intervallo $[0,1]$ sono teoricamente ammissibili con la medesima probabilità, possiamo

assumere che ciascuna P_k sia assimilabile ad una variabile aleatoria uniformemente distribuita sull'intervallo $[0,1]$. La media di ciascuna di esse sarà pari a 0.5 (valore di massima entropia) e la deviazione standard di ciascuna di esse sarà $\sigma(P_k)=1/\sqrt{12}$ per ogni k . Applicando la teoria standard di propagazione degli errori si ottiene facilmente:

$$\sigma(P)/P = \sqrt{(M/3)}$$

vale a dire che aumentando il numero M di probabilità da moltiplicare tra loro, il valore $\sigma(P)/P$ supera facilmente 1, rendendo senza senso la valutazione della probabilità P e di conseguenza anche il valore di N_c in quanto:

$$\sigma(P)/P = \sigma(N_c)/N_c = \sqrt{(M/3)}$$

anche $\sigma(N_c)/N_c$ supera 1, se $M \geq 3$.

Applichiamo questo risultato al valore di N_c ottenuto da Frank Drake nel 1961. L'equazione di Drake moltiplica tra loro sei termini ed il numero di stelle della Galassia ritenute adatte alla vita, quindi avremo $\sigma(N_c)=\sqrt{(2) \cdot N_c}$ e siccome egli ottenne $N_c=2100$, allora $\sigma(N_c)=\pm 45.8$. Sinceramente il valore ipotizzato da Drake non mi pare abbia molto senso.

Conclusione

Nel presente lavoro è stato mostrato che l'equazione di Drake, anche se largamente usata da oltre mezzo secolo, non può fornire alcun risultato significativo. In realtà questo problema è più generale e si applica a tutte le formule che prevedono di ottenere il risultato sulla base della moltiplicazione di un certo numero di probabilità indipendenti, soprattutto nel caso che il numero dei termini da moltiplicare sia maggiore o uguale a 3. La via della valutazione probabilistica diretta basata sulla probabilità composta, nel caso della stima del numero di civiltà aliene esistenti nella nostra galassia, è attraente per la sua semplicità ma è completamente priva di senso, in quanto il margine di errore sul risultato diventa rapidamente maggiore del risultato stesso: affermare, ad esempio, che si ipotizzi l'esistenza di 500 possibili civiltà aliene con un margine d'errore di 600 in più o in meno, non ha alcun senso.

NON SIAMO COSÌ PERIFERICI?

CONSIDERAZIONI SUL PRINCIPIO ANTROPICO

Stefano Spagocci

In apertura di questo numero, Adriano Gaspani illustra le sue interessantissime considerazioni riguardo all'equazione di Drake, equazione che in teoria permetterebbe di calcolare il numero di civiltà tecnologicamente avanzate nella nostra galassia. Gli scettici riguardo all'esistenza di civiltà extraterrestri, apprendiamo da Gaspani, invocano il principio antropico a supporto delle loro posizioni. Chi scrive non è per nulla "negazionista" verso l'esistenza di civiltà extraterrestri: più semplicemente, prende atto dell'assenza di evidenza sperimentale a riguardo e attende speranzoso. D'altra parte, però, crede anche nel principio antropico: credere in tale principio, quindi, non implica necessariamente scetticismo nei riguardi dell'esistenza di civiltà extraterrestri!

Evidentemente l'immagine del principio antropico presso il grande pubblico è quella di una teoria che affermi l'insignificanza del genere umano rispetto all'immensità del cosmo: se questo è il contenuto del principio, è logico che chi ci crede fermamente rifiuti l'idea dell'esistenza di civiltà extraterrestri. Se la vita esistesse anche al di fuori della Terra, il genere umano sarebbe parte di una dinamica di portata cosmica e non sarebbe dunque così insignificante!

Tutto vero, ma il principio antropico, a mio avviso ma credo oggettivamente, non afferma l'insignificanza del genere umano e si può credere fermamente sia nel principio che nell'esistenza di civiltà extraterrestri. Con questo articolo l'autore spera di contribuire al formarsi di un'immagine corretta del principio antropico, principio che non svaluta il genere umano né, viceversa, lo divinizza: semplicemente, mette la nostra esistenza nella giusta prospettiva. E non è poco!

A metà strada

La rivoluzione copernicana ha detronizzato l'uomo dal posto di "re dell'universo". Sappiamo oggi che la Terra è un pianeta medio, attorno a una stella media, alla periferia di una galassia media, in un universo sconfinato. Eccettuate le frange più estreme del creazionismo, nessuno più mette in dubbio le conquiste della rivoluzione copernicana. Copernico aveva ragione ma, come vedremo, l'uomo non è così periferico nell'universo come potrebbe sembrare. Ciò, beninteso, in una prospettiva scientifica e indipendentemente dalla fede (o assenza di fede) di ciascuno.

Passando ad esempi concreti, citiamo il fatto che il corpo umano contiene circa 10^{28} atomi. D'altra parte, la massa del Sole equivale a quella di circa 10^{28} corpi umani. Se moltiplichiamo per un miliardo la tipica altezza di un essere umano, otteniamo l'ordine di grandezza del diametro solare (circa un milione di chilometri, 10^6 km). Se la dividiamo invece per un miliardo (10⁹), otteniamo la tipica taglia delle molecole biologiche (un nanometro, 10^{-9} m).

Il principio antropico

Sappiamo oggi che se molte costanti fisiche fossero anche di poco diverse da quelle attuali la vita, almeno come la concepiamo noi, non sarebbe possibile. Si tratta del “principio antropico”, enunciato negli anni ‘70 del secolo scorso da Brandon Carter e perfezionato da eminenti fisici, tra cui Steven Weinberg (uno dei creatori del modello standard delle particelle elementari) e Leonard Susskind (nel contesto di teoria delle stringhe e multiverso). Qui ci concentreremo, in particolare, su sei numeri che illustrano concretamente la valenza di tale principio.

Il parametro N

Il parametro N è il rapporto tra l'intensità della forza elettromagnetica e l'intensità della forza gravitazionale (misurato considerando, ad esempio, due protoni a una certa distanza e paragonando le rispettive forze). N vale circa 10^{36} : la forza gravitazionale è infatti la più debole di tutte le forze, è molto più debole di quella elettromagnetica e la gravità domina solo perchè le altre forze sono a corto raggio o, nel caso elettromagnetico, nulle per cariche nulle!

Una gravità più debole non darebbe alcun problema. Se N avesse sei zeri in meno (variazione del 20% circa, nella scala logaritmica rilevante per la cosmologia), cioè valesse circa 10^{30} , non si potrebbero sviluppare esseri viventi. Infatti, in tali condizioni, una stella evolverebbe in un milionesimo del tempo previsto per una stella ordinaria; il Sole, quindi, morirebbe in soli diecimila anni, non dando tempo alla vita di svilupparsi, e se anche si sviluppasse vita, le dimensioni permesse per evitare lo schiacciamento per gravità sarebbero un millesimo di quelle attuali; non si potrebbero quindi evolvere esseri più grandi di un insetto!

Il parametro ϵ

Il parametro ϵ è la frazione della massa di un insieme di protoni e neutroni che, in conseguenza di reazioni di fusione nucleare, si trasforma in energia. Tale numero vale circa 0.007 (in altre parole, nelle reazioni che coinvolgono la forza forte lo 0.7% della massa si trasforma in energia, frazione da confrontarsi col milionesimo di conversione nelle reazioni chimiche e con il 100% nelle reazioni materia/antimateria). Il numero ϵ quantifica quindi l'importanza della forza forte (la forza che tiene assieme sia i protoni e neutroni nel nucleo atomico che i quark negli adroni, le particelle elementari composte appunto da quark).

Se ϵ valesse 0.006 o meno, la forza sarebbe meno forte del 15% circa e non sarebbero possibili strutture più complesse di quella delle nane brune, sfere di idrogeno nelle quali non si riescono ad accendere le reazioni di fusione nucleare; tali nane brune non emetterebbero energia sufficiente per sostenere la vita in eventuali pianeti che si dovessero formare attorno. Una stella ordinaria si può infatti “accendere” solo se preliminarmente un protone riesce a legarsi a un neutrone e formare un nucleo di deuterio; due atomi di deuterio, infatti, danno un atomo di elio e può così aver inizio la catena di reazioni rilevanti per la vita di una stella. Se ϵ fosse più piccolo di 0.006, la forza forte non lo sarebbe dunque a sufficienza per lo scopo!

Se ϵ valesse più di 0.008, la forza sarebbe più forte del 15% circa e di nuovo non sarebbe possibile la vita, a causa dell'assenza di acqua. Infatti tale forza sarebbe così forte da far sì che tutti i protoni si leghino a coppie e non si formi idrogeno, uno dei due elementi di cui l'acqua è composta. Se anche eventuali stelle basate sull'elio (nucleo costituito da due protoni) dessero tempo alla vita di svilupparsi, non sarebbe quindi possibile la sopravvivenza di esseri viventi!

Il parametro ω

Il parametro Ω rappresenta il rapporto tra la densità media dell'universo e la cosiddetta densità critica (circa 6-8 atomi di idrogeno per metro cubo). In un universo senza energia oscura (l'energia che permea il nostro universo e ne causa il moto accelerato di espansione, scoperta alla fine degli anni '90 del secolo scorso), $\Omega > 1$ (densità maggiore di quella critica) implicherebbe un universo destinato a ricollassare e con geometria sferica, $\Omega < 1$ (densità minore della critica) implicherebbe un universo destinato ad espandersi per sempre e con geometria iperbolica (a sella).

Dalla dimensione media delle macchie di temperatura nel fondo cosmico a microonde (la radiazione a microonde residuo del big bang che permea il nostro universo), secondo una logica che qui non possiamo esporre si è dedotto che $\Omega = 1$ (geometria euclidea).

Il numero Ω è il parametro più critico per l'esistenza di strutture complesse, quindi anche della vita. Se infatti un secondo dopo il big bang Ω avesse avuto un valore differente da 1 anche solo per la diciottesima cifra dopo la virgola, l'universo si sarebbe diluito o ricollassato nel cosiddetto big crunch in un tempo praticamente nullo su scala cosmica! D'altra parte la teoria dell'inflazione, che postula una rapidissima espansione dell'universo a partire da 10^{-36} secondi dopo il big bang, porta automaticamente a $\Omega = 1$ alla fine del processo. L'inflazione, quindi, ci ha fornito automaticamente il giusto valore di Ω , senza il quale non sarebbero stati pensabili né la vita né la formazione di strutture complesse, anche non viventi!

Il parametro Λ

L'universo non solo è destinato ad espandersi indefinitamente ma lo farà accelerando il tasso di espansione; tale processo è descritto dalla costante cosmologica Λ , una sorta di antigravità a suo tempo introdotta da Einstein per giustificare la sua preferenza per un universo statico (l'antigravità avrebbe compensato l'attrazione gravitazionale). Dopo la scoperta di Edwin Hubble dell'espansione dell'universo Einstein ritirò la sua proposta teorica ma oggi sappiamo che la costante cosmologica non solo esiste ma determinerà il destino del nostro universo.

Sappiamo che ogni particella elementare ha un campo associato e ogni campo, anche in assenza di particelle, ha una sua energia che agisce come una costante cosmologica. La costante cosmologica quantifica l'effetto dell'energia antigravitazionale o meglio "energia oscura", secondo la terminologia affermatasi in campo cosmologico.

Il valore di Λ si esprime convenientemente mediante quello di Ω_Λ , la parte della densità di materia/energia dell'universo che compete alla costante cosmologica o energia oscura. In questo senso, Λ vale circa 0.7. Secondo la fisica delle particelle elementari, il valore più probabile di Λ dovrebbe essere ben 10^{120} volte più grande di quanto effettivamente si osserva! Un valore di Λ inferiore a 0.7 non darebbe alcun problema. Se invece Λ fosse circa 10^{116} volte più piccola del valore predetto dalla fisica delle particelle elementari (una variazione del 3% circa in termini del numero di zeri, quindi in scala logaritmica), l'universo avrebbe cominciato ad accelerare prima della formazione delle strutture complesse e dunque la vita non si sarebbe potuta sviluppare!

Il parametro Q

Il parametro Q rappresenta il rapporto tra l'energia di legame gravitazionale e l'energia di massa di una galassia; il valore di Q è di circa 10^{-5} (un centomillesimo). Si dimostra però che tale parametro rappresenta anche l'entità delle variazioni di temperatura del fondo cosmico a microonde (la radiazione di fondo residuo di un'epoca corrispondente a circa 380000 anni dopo il big bang, quando i fotoni primordiali si disaccoppiarono dalla materia) e l'entità delle fluttuazioni di densità del gas primordiale, dalle quali ebbero origini stelle e galassie.

Se Q avesse avuto un valore di 10^{-6} o meno (variazione del 20% circa in termini del numero di zeri, quindi in scala logaritmica), le fluttuazioni di densità non sarebbero state tali da creare sufficienti concentrazioni di materia e innescare collassi gravitazionali; non sarebbero allora state possibili strutture complesse né la vita! Se Q avesse avuto un valore di 10^{-4} o più (variazione del 20% circa, in scala logaritmica), le fluttuazioni sarebbero state tali da creare una concentrazione troppo elevata di materia; l'universo, dunque, sarebbe stato composto da soli buchi neri di massa pari a quella di un ammasso di galassie e per nulla ospitale nei riguardi della vita!

Il parametro D

Il parametro D rappresenta il numero di dimensioni dell'universo e, ovviamente, vale 3. Se D valesse 2 o meno, sarebbe difficile pensare all'evoluzione di forme di vita superiore. Ad esempio, un animale con apparato digerente sarebbe diviso in due metà, salvo l'evoluzione di una cerniera biologica da aprirsi solo in caso di necessità! D'altro canto, se D valesse 4 (o più) non esisterebbero orbite stabili per i pianeti (che, alla minima perturbazione, cadrebbero sul Sole o fuggirebbero dal Sistema Solare) e non ci sarebbero le condizioni per lo sviluppo della vita!

Una spiegazione antropica

Facendo appello al principio antropico, esiste una spiegazione per queste coincidenze. Tale spiegazione assume che la teoria che in ultima analisi governa il mondo sia la teoria delle stringhe. Non è questa la sede per un'esposizione dettagliata dei principi alla base della teoria.

Qui diremo solo che per tale teoria le particelle elementari sono stati vibrazionali di un oggetto detto appunto “stringa”. Si pensi, per aiutare l'intuizione, a una corda di violino che, sollecitata in maniera opportuna, può vibrare a diverse frequenze (eccettuato il fatto che le stringhe elementari avrebbero una lunghezza di 10^{-35} metri circa, corrispondente alla ben nota “lunghezza di Planck”).

Secondo la teoria delle stringhe, l'universo avrebbe nove dimensioni spaziali e una temporale ma sei sarebbero “compattificate”. Come mostra la Fig.1, se si potesse ingrandire un punto a un livello appropriato ci si accorgerebbe infatti che il punto è in realtà un minuscolo solido sei-dimensionale (detto “varietà di Calabi-Yau”). D'altra parte si è calcolato che ci sono 10^{500} possibili configurazioni per tali varietà sei-dimensionali; ogni configurazione potrebbe dare origine ad un universo con diversi valori per le costanti di natura e/o diverse leggi fisiche!

Secondo molte versioni della teoria dell'inflazione, l'inflazione durerà per un tempo infinito. In particolare, ogni universo genererà un universo figlio che genererà altri figli e così via, con un processo di crescita esponenziale (Fig.2). Si avrebbe quindi quello che, con un termine divenuto popolare, si definisce “multiverso”. In analogia all'evoluzione darwiniana, la maggior parte degli universi non sarà adatta alla vita e in genere essi si diluiranno nel nulla o si ricontrarranno in tempi dell'ordine del tempo di Planck (10^{-44} secondi). In alcuni universi la vita sarà possibile e saranno quelli in cui esseri come noi si chiedono il perchè della vita stessa!

Il mondo è matematico?

Quanto detto a proposito del principio antropico induce a sospettare che la matematica, oltre a essere un indispensabile strumento per descrivere la natura, rappresenti la vera essenza dell'universo. In un certo senso la matematica può definirsi quale vera “materia” di cui l'universo è composto! È la tesi del fisico svedese/statunitense Max Tegmark ma, in forma diversa, era quanto pensavano i matematici pitagorici. È una tesi che l'autore di questo scritto, per quanto poco possa contare la sua opinione, sottoscrive pienamente, sebbene la teoria delle stringhe attenda un riscontro sperimentale e forse lo dovrà attendere per molto.

Certo per noi umani, e per gli esseri viventi, la realtà che ci circonda è una cosa ben concreta, che si vede, si tocca, si sente; in ultima analisi, però, sensi quali la vista, il tatto e l'udito si riconducono ad impulsi elettrici che viaggiano verso il cervello che quindi li elabora. Non dobbiamo dunque confondere il modo in cui percepiamo la realtà con l'essenza della realtà stessa. La materia è formata da molecole, aggregati di atomi composti da elettroni, neutroni e protoni, a loro volta composti da quark, ma una particella elementare (neutrone, protone, elettrone, quark) in ultima analisi è descritta da una funzione d'onda, un “oggetto” matematico appunto!

Alcune riflessioni

In conclusione, vogliamo sottolineare che il principio antropico non sembra avere prospettive di una prova sperimentale diretta. Se però l'inflazione, in una delle versioni previste dalla teoria delle stringhe, dovesse trovare conferma anche indiretta, il principio dovrebbe essere accettato

quale logica conseguenza della teoria delle stringhe in versione cosmologica.

Giustificare l'emergenza di universi con diverse leggi fisiche sulla base della teoria delle stringhe è un'impresa bene al di là delle nostre attuali possibilità; che la spiegazione delle coincidenze di cui si occupa il principio antropico sia probabilistica (il tipo di varietà di Calabi-Yau, e di leggi fisiche, essendo determinato casualmente) deriva però da elementari considerazioni. Ad esempio, il valore di Ω_Λ è vicino a zero ma non troppo; se qualcuno o qualcosa avesse deciso di dare a Ω_Λ un piccolo valore (al fine di permettere la formazione di strutture complesse e dunque la vita), Ω_Λ sarebbe stato presumibilmente scelto pari a zero!

Non si deve quindi fraintendere il principio antropico, pensando che implichi per l'uomo uno status secondario nell'economia dell'universo o, viceversa, che implichi che le costanti fisiche siano state scelte al fine di far emergere l'uomo. Il principio antropico non afferma nulla di tutto questo; sostiene "solo" che esiste un profondo legame tra costanti fisiche ed emergenza della complessità e, come conseguenza, della vita e dell'uomo.

Per saperne di più

Riguardo al principio antropico, la lettura a cui ci siamo ispirati è: M. Rees, *Just Six Numbers*, Weidenfeld & Nicholson, London, 2000. Sul principio antropico in relazione alla teoria delle stringhe, una lettura affrontabile anche in italiano è: L. Susskind, *Il Paesaggio Cosmico*, trad. it., Adelphi, Milano, 2007. Sull'universo matematico, la lettura d'obbligo è: M. Tegmark, *L'universo Matematico*, trad. it., Bollati Boringhieri, Torino, 2014. Riguardo alla teoria delle stringhe, consigliamo infine la lettura di: B. Greene, *L'universo Elegante*, trad. it., Einaudi, Torino, 2015.

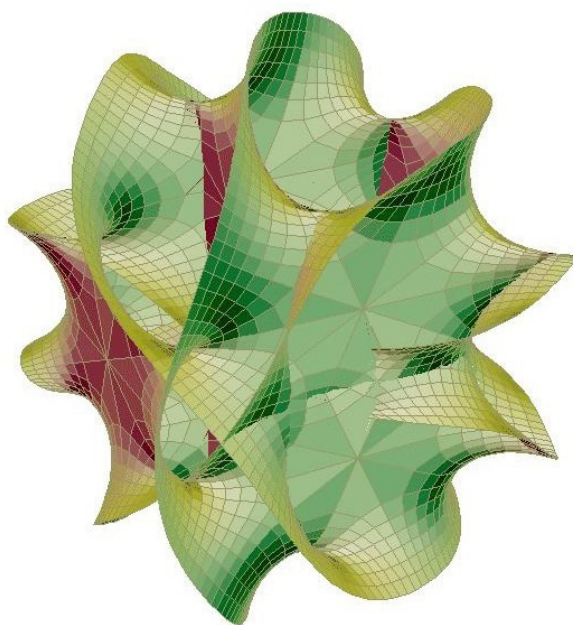


Fig.1 Una possibile varietà di Calabi-Yau, vista in proiezione tridimensionale. Diverse varietà possono dare origine a diverse costanti naturali e/o leggi fisiche.

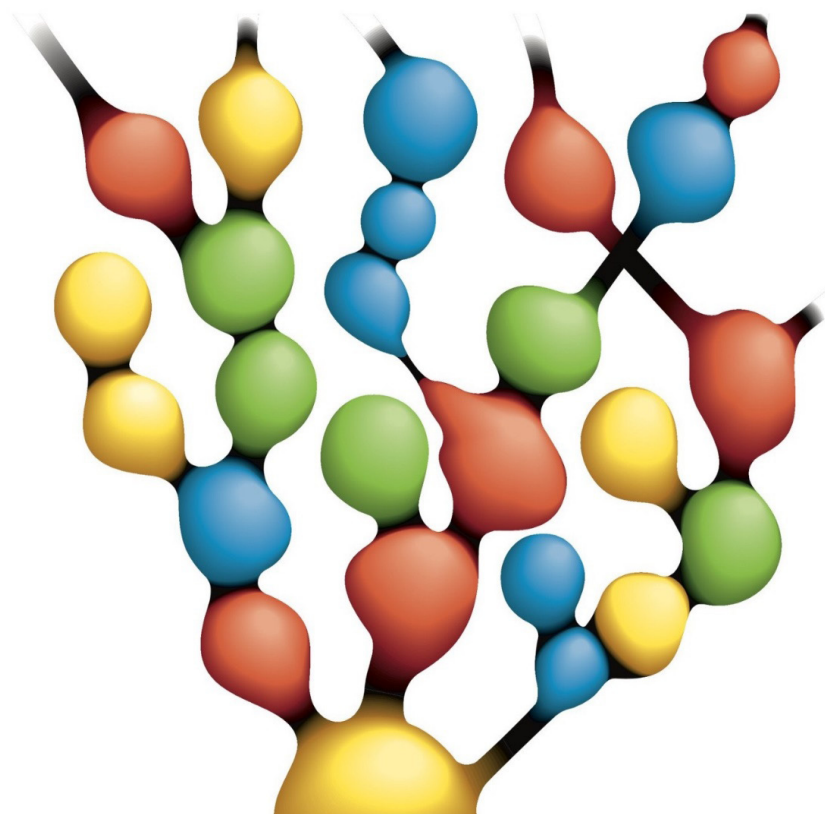


Fig.2 Rappresentazione artistica del concetto di “multiverso”. L’universo di partenza genera una serie di universi “figli”, i quali genereranno universi “nipoti” e così via all’infinito. In ogni universo, come prescritto dalla teoria del paesaggio cosmico, valgono diverse leggi fisiche: in alcuni universi la vita sarà così possibile, altri non saranno adatti ad ospitarla.

LE STELLE NELLE MONETE CELTICHE!

Davide Villa

Lo so, ci sono ricaduto, però la passione per questo popolo, formatosi attorno al XII sec. a.C. e quasi interamente sottomesso da Roma entro il I sec. a.C., ha il suo fascino. Anche perché, iniziando proprio dal loro nome, la parola “celtico” ha origine dal greco *Keltai* che gli abitanti di Marsiglia, città fondata dai Focesi, attribuirono ai membri di queste tribù belligeranti. Tra le loro prime aree geografiche di residenza (insieme alle Isole britanniche e parti dell’Iberia e Italia settentrionale) ci fu l’Europa centrale, in particolare l’area compresa tra la Boemia e la Baviera. I Celti locali ebbero tra i loro antenati la cultura di Unetice, particolarmente legata alla lavorazione dei minerali ma condivisa anche da pastori, navigatori, poeti e... santi? No: avevano però dei druidi niente male... La religione? Sì certo, ci credevano: oltre che essere molto superstiziosi, avevano i loro sacerdoti-maghi, i druidi, che prevedevano il futuro presso i loro santuari, in Europa centrale detti *viereckschanzen*, e avevano un loro oroscopo (Fig.1), abbastanza simile a quello che noi occidentali conosciamo...

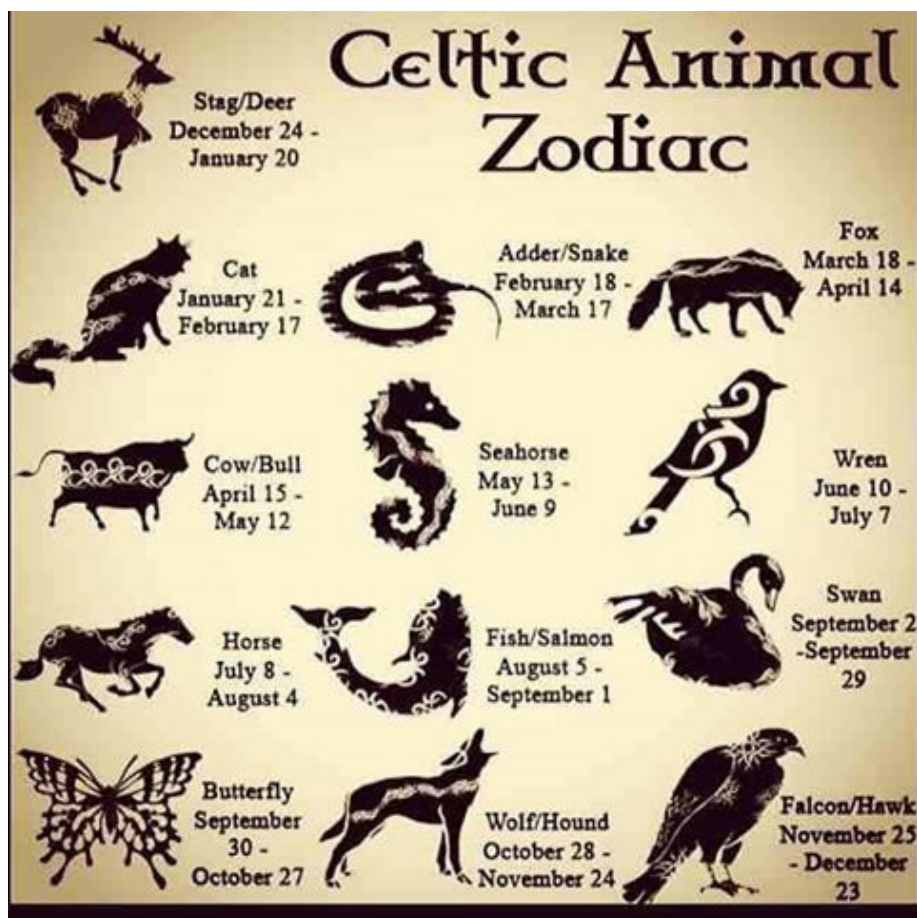


Fig.1 - Lo zodiaco celtico. Per alcuni degli animali raffigurati lascio al lettore il piacere di scoprirne la bellezza e di osservarli alzando il naso all'insù, augurando, come si conviene, “cieli sereni”.

Dalle fonti storiche e dai ritrovamenti archeologici possiamo capire che tra Celti e Romani i rapporti non furono mai facili. Addentrandoci nella parte che più interessa ai numismatici, emerge il fatto che questi popoli dell'età del Ferro, definiti "barbari" dai Romani, battevano moneta. A questo proposito sono importanti i cosiddetti "ripostigli", dei quali quello più vicino a noi brianzoli e milanesi è sito a Biassono (MB): (www.museobiassono.it/cataloghi/Biassono/index.php).



Fig.2 - Una moneta dalla Gallia Transalpina (l'odierna Francia) con simbologia astronomica. Il cavallo stilizzato probabilmente rappresenta la costellazione di Pegaso.

Come si può notare dalla Fig.2, le immagini sono rappresentative: su una faccia si trova per lo più la raffigurazione del leader del tempo, sull'altra ritroviamo figure mitologiche a cui sono stati dati i nomi dei corpi celesti. Vediamo molto spesso il Sole, la Luna e Pegaso, la costellazione composta da nove stelle che raffigurano il cavallo alato. I nomi di alcune stelle che la compongono sono Scheat, Matar, Salm, Algenib e Markab, la più brillante di tutte. La stessa raffigurazione si può ritrovare in una moneta degli Ambiani (Fig.3), II sec. a.C., stanziati nella zona dell'attuale Amiens, Francia, che si opposero a Gaio Giulio Cesare (sì, proprio lui, quello del famoso *De Bello Gallico*) nel 57 a.C.



Fig.3 - Una moneta della tribù degli Ambiani (stanziata presso l'odierna Amiens, Francia) con un cavallo stilizzato che probabilmente rappresenta la costellazione di Pegaso.

Trasferiamoci quindi nella Gallia Cisalpina... Cosa, Asterix?... No, di lui e del suo piccolo villaggio di Erquy in Armorica, ehm, scusate, nella Bretagna, parleremo un'altra volta. Rimaniamo nel II secolo a.C. con il popolo dei... Leponzi, Insubri, Cenomani? E chi si ricorda, è passato così

tanto tempo (certo, erano celti pure loro)! I Leponzi erano stanziati nella zona prealpina delle Alpi Lepontine, gli Insubri in Lombardia occidentale, Piemonte orientale e Canton Ticino, i Cenomani nel Bresciano, nel Mantovano e nel Veronese. Le loro emissioni numismatiche presentano legende in caratteri nord-etruschi.



Fig.4 - Un esemplare molto raro, di qualità eccellente, di dracma padana ad imitazione del tipo massaliota. Dritto: testa diademata di Artemide a destra, con lunghi orecchini a tre pendenti. Rovescio: legenda retrograda in caratteri leponzi: PIRAKOS. Leone stilizzato gradiente a destra. Cfr. Pautasso 223-227, gr 2.32, 15.00 mm, RR. AG. SPL.

Sul dritto delle dracme padane compare la testa di Artemide (Fig.4)... Ci sarete arrivati anche voi quindi, che di questa dea si è già scritto di tutto e di più. Gli astronomi hanno dato il nome:

- ad un cratere lunare (cercatelo, che aspettate?)
- ad una prossima missione spaziale, sempre sulla Luna, dove progettano di tornare gli americani con almeno cinque missioni.

In un cratere lunare gli americani vorrebbero costruire un radiotelescopio, inviando i materiali e gli astronauti addetti alla sua costruzione con le navicelle "Orion". Sì, Orione, eccolo qua un altro bel nome usato anche dai Celti per indicare la bella costellazione. Sappiamo già che questo cacciatore, felicemente sposato, se ne andava in giro a dar fastidio alle ragazze (le Pleiadi n.d.r.) mentre una certa Atena, gelosissima, spasimava per lui. Nel frattempo il suo fedele cane Sirio lo aspettava a casa.

Si potrebbero riportare innumerevoli esempi nei quali la numismatica e l'astronomia sono strettamente legate, ormai da millenni, ovvero da quando l'uomo ha iniziato a batter moneta. Successivamente, con nuove e più raffinate tecniche di produzione, vennero impiegati materiali come il ferro, l'argento, l'oro, il rame, il bronzo... Anche il cuoio? Ma sì certo: un signorotto dell'alto Lario nel '500 aveva obbligato la popolazione locale ad adottare questo tipo di valuta. Vogliamo parlare di Gian Giacomo Medici, il "medeghino", signore di Musso? Sì ma nella prossima puntata, anche perché vi posso anticipare che la correlazione tra astronomia e numismatica in quel periodo storico è a dir poco avvincente.

Come? Popolo di guerrieri? Ma certo, nell'illustrazione successiva (Fig.5) si nota l'espansione in Europa ed Asia dei Celti lateniani (i Celti della seconda età del Ferro che portarono nuove genti in diversi territori, alcuni dei quali erano già parte della cultura celtica di Halstatt), partendo dalla loro culla di La Tène, nome dell'omonimo villaggio situato sulle sponde del lago di Neuchâtel, in Svizzera. Nel 1857 Hansli Kopp scoprì un grande deposito votivo dell'età del Ferro; dal sito (III/I sec. a.C.) provengono oltre 2500 oggetti, soprattutto in ferro, tra cui spade, scudi, brocche, attrezzi vari e parti di carri, molte anche le ossa di uomini e di animali.

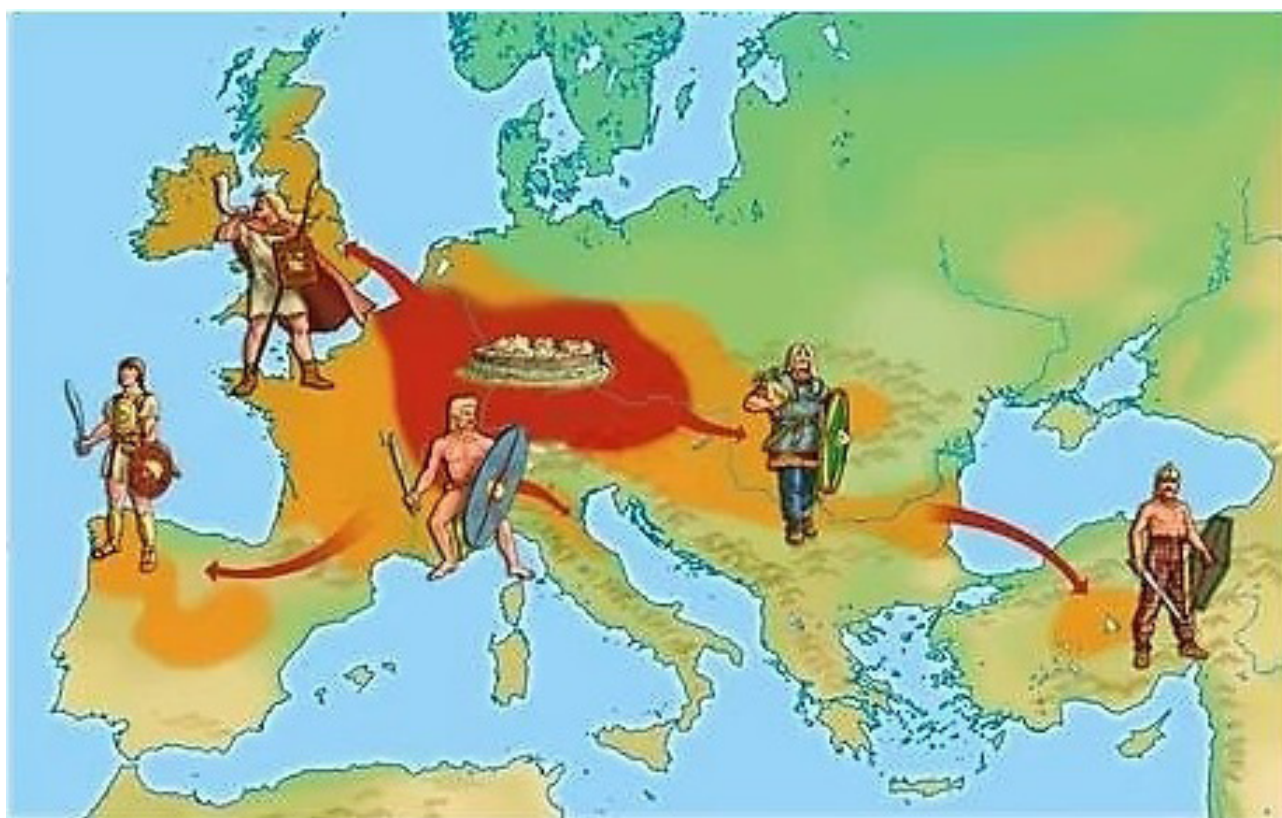


Fig.5 - Espansione dei Celti lateniani a partire dalla loro culla in Europa centrale (IV/III sec. a.C.)

Accidenti, erano proprio tanti questi Celti: erano composti da diverse tribù, ognuna delle quali si diffuse in uno specifico territorio. Si difesero dai Romani e dai Germani, nel corso delle loro migrazioni popolarono un vasto territorio, videro lo sviluppo di diverse società in diversi territori, con un diverso sviluppo economico e sociale. In base a queste premesse possiamo visualizzare la seguente situazione che si riferisce al periodo di massima espansione della cultura celtica (IV/ III sec. a.C.):

- In Francia: Sequani, Arverni, Parisi, Volci, Bellovaci, Venelli, Suessionii, Tricassi, Mandubi, Carnuti, Veneti, Namneti, Biturigi, Allobrogi, Gesati, Ceutroni, Aquitani (questi ultimi celtizzati ma di incerta origine etnica).
- In Spagna e Portogallo: i Celtiberi (derivanti dal mescolamento di genti celtiche con i locali Iberi e sviluppatisi in modo diverso rispetto ai Galli propriamente detti) come i Gallaeci e

gli Asturi in Galizia, i Cantabri in Cantabria, i Turdetani in Andalusia, i Vasconi nei Pirenei, i Lusitani in Portogallo (gli ultimi tre celtizzati ma di incerta origine etnica).

- In Italia settentrionale: Insubri (Lombardia occidentale, Piemonte orientale), con le tribù minori a loro federate tra cui i Leponzi (Val d'Ossola), Cenomani (Lombardia orientale e Veronese), Boi (Emilia), Lingoni (Romagna), Senoni (Marche), Carni (Friuli), Taurini (Torinese), Salassi (Val d'Aosta), Camuni (Val Camonica), gli ultimi tre di origine etnica incerta ma celtizzati. Furono celtizzati anche i Liguri (Liguria, Piemonte meridionale) e i Reti (Valtellina, Trentino, Sudtirolo).
- In Germania: Boi, Treveri, Nemeti, Eburoni, Sicambri, gli ultimi tre probabilmente tribù celtizzate di origine germanica.
- In Austria: Taurisci e Norici, cui possiamo aggiungere i celtizzati Reti.
- In Svizzera: Elvezi, Rauraci, Sequani, Carnuti, Veragri, cui si possono aggiungere i Reti (Cantone dei Grigioni) e i Leponzi (Canton Ticino).
- In Irlanda: i Gaelici o Scoti, articolati in molte tribù, una parte dei quali migrò in Caledonia (l'odierna Scozia).
- In Scozia: i Gaelici o Scoti e i Pitti, questi ultimi di incerta origine etnica ma che, mescolandosi con gli Scoti, si celtizzarono.
- In Galles: Siluri, Ordovici, Cornovi.
- In Inghilterra: Atrebati, Belgi, Catuvellauni, Trinovanti, Dumnoni, Corieltauvi, Briganti, Trinovanti, Iceni.
- In Serbia: gli Scordisci.
- In Anatolia (l'attuale Turchia centrale): i Galati, divisi in Tettosagi, Trocni, Tolistobogi.

Il tempo a mia disposizione è ormai poco e però, con un po' di malinconia e ritrovato campanilismo, direi di salutare e ringraziare chi ha potuto rendere ancora una volta vivo lo spirito dei Celti che vive tra noi nel nostro capoluogo. È l'associazione GACB di Cinisello Balsamo... *Cinixellum*, nome che mi fa tornare in mente la parola "ceneri": infatti ci sono ritrovamenti funerari, scavando molto sotto questa città, ma questa è un'altra storia.

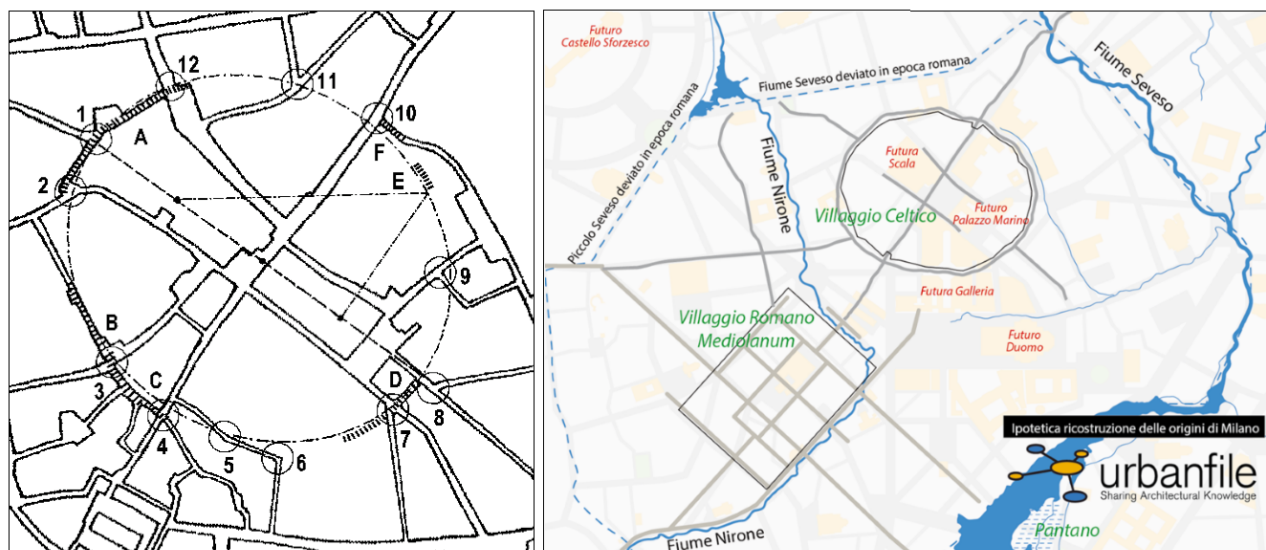


Fig.6 - A sinistra: mappa dell'ellisse celtica di Milano, la successione di vie che ancor oggi mantiene una forma quasi ellittica e che probabilmente traccia i confini del recinto sacro delimitante la Mediolanum celtica. A destra: ricostruzione, secondo le risultanze degli scavi archeologici, del perimetro della Mediolanum celtica e di quella romana.

Attenzione in centro di Medhelan c'era già la ZTL in quell'epoca: ecco la cartina (Fig.6) della Milano celtica con l'ellisse e le tracce dei ritrovamenti archeologici. Prima di salutarvi immaginate di trovarvi con questo popolo nel luogo dove oggi si trovano l'Osservatorio Astronomico di Brera e il Circolo Numismatico del Cordusio, a cui dedico questo mio documento.

Revisione articolo: *Stefano Spagocci*

Ringraziamenti, ovviamente non in ordine di importanza:

- GACB: Nino Ragusi, Stefano Spagocci, Cristiano Fumagalli.
- Gruppo "Quelli del Cordusio": Mario Limido.
- Spunti tratti da: Wikipedia, Adriano Gaspani, Gianbattista Bazzoni.
- Circolo Numismatico di Monza: Alberto Capponi e Loris Gentili.

Le foto e le immagini sono dei rispettivi proprietari.

PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA

BUCHI NERI E VIAGGI NEL TEMPO

Franco Vruna

La teoria della relatività ristretta ci ha abituati alla possibilità di fare viaggi nel futuro, la teoria della relatività generale non esclude la possibilità di fare viaggi nel passato, le proprietà dei buchi neri e l'effetto Casimir suggerirebbero addirittura come effettuarli. Resta però il "paradosso della nonna": come superarlo? Forse i ponti di Einstein-Rosen collegano il nostro universo con universi paralleli: sembra quindi che non esistano leggi fisiche che in linea di principio si oppongano alla costruzione di una macchina del tempo. La possibilità di un ritorno al passato ha però sempre suscitato una repulsione del tipo di quella che ci coglie di fronte alla negazione delle immutabili leggi della logica.

Il paradosso della nonna

La ragione per una tale repulsione è molto semplice: un viaggio nel passato implica la possibilità di modificarlo e a questo punto interviene il "paradosso della nonna". Se una viaggiatrice tornasse indietro nel tempo e sposasse colui che sarà suo nonno, il tempo si chiuderebbe su sé stesso come un cappio, ma se non potesse sposarlo e lui morisse senza figli, lei non sarebbe potuta nascere e non ci sarebbe stato alcun viaggio nel tempo. Si avrebbe quindi l'effetto della sua esistenza senza una causa, violando così il principio di causa ed effetto.

Universi paralleli

Eppure un modo di viaggiare nel tempo ci sarebbe: utilizzare un buco nero supermassiccio. Le equazioni della teoria della relatività generale di Einstein mostrano che tutto ciò che penetra all'interno di una determinata superficie geometrica che racchiude il buco nero, il cosiddetto "orizzonte degli eventi", non può più sfuggire e continua per sempre a precipitare al suo interno. Il buco nero in questione, quindi, potrebbe comportarsi come una galleria, il cosiddetto "ponte di Einstein-Rosen" che mette in comunicazione il nostro universo con un altro che altrimenti sarebbe inaccessibile.

Buchi neri e buchi bianchi

Modelli matematici di buchi neri elettricamente carichi e ruotanti sono apparsi nelle riviste scientifiche già negli ultimi decenni del passato millennio: sono questi i terminali di un tunnel tra due universi paralleli? E qual è il terminale all'altro capo del tunnel? Se la materia scompare

all'interno del buco nero, inghiottita dalla sua infinita voracità, dovrebbe necessariamente finire in un universo parallelo, eruttata dalla sua controparte: a questo terminale eruttante materia i fisici teorici hanno dato il nome di "buco bianco". Nel nostro universo esistono numerosi corpi che sembrano comportarsi nel modo previsto teoricamente per i buchi bianchi: l'inconveniente, però, è che una volta passati in un universo parallelo sarebbe impossibile trovare la strada per tornare indietro.

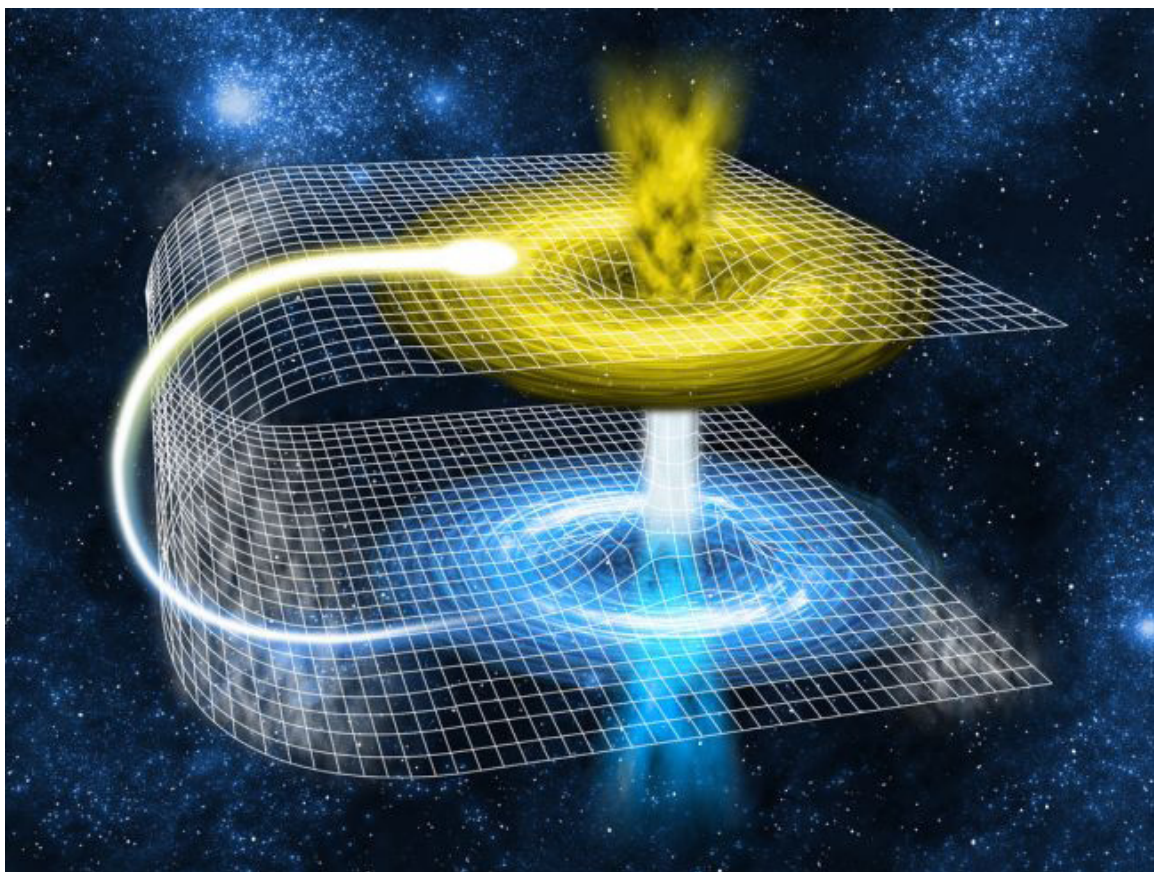
I Ponti di Einstein-Rosen

Usando i ponti di Einstein-Rosen passeremmo da un universo all'altro senza fine. I ponti di Einstein-Rosen connettono tra loro universi paralleli differenti ma se lo spazio-tempo fosse curvo, come avviene in corrispondenza di un buco nero, il tunnel potrebbe costituire una connessione tra due punti che nello spazio ordinario si trovano a milioni di anni luce tra loro: sarebbe come accorciare le distanze tra Roma e Pechino scavando un tunnel per il centro della Terra.

Gli studiosi della relatività generale chiamano questa connessione tra due punti dello stesso spazio-tempo "wormhole", la galleria scavata dal tarlo del legno. Ma c'è un secondo tipo di galleria scavata da un tarlo: quello in cui non è lo spazio a curvare ma è il wormhole a connettere due punti vicini nello spazio ma lontani nel tempo. In realtà un viaggio nel tempo è anche un viaggio nello spazio e viceversa: un wormhole potrebbe essere utilizzato sia come macchina del tempo che come veicolo di trasporto per lo spazio intergalattico.

Un wormhole temporale

Rielaborando una teoria messa a punto dal fisico britannico Paul Davies, un gruppo di fisici teorici olandesi, russi e statunitensi sembra aver trovato una soluzione al problema del viaggio nel tempo. Le cose stanno più o meno così: si prendono due zone vicine di uno stesso spazio-tempo e si collegano tra loro con un wormhole, si prende uno dei due terminali spaziotemporali e lo si accelera a velocità relativistiche. Per il terminale che si è mosso a velocità prossima a quella della luce il tempo è passato molto più lentamente ed ora si trova nel passato del terminale che è rimasto fermo. Il gioco è quindi fatto: basta tuffarsi attraverso il terminale che è stato fermo e riemergere nel passato all'altro terminale. Resta però sempre il paradosso della nonna.



Nella figura il wormhole connette due punti lontani di uno spazio bidimensionale, piegato nella terza dimensione: passando attraverso il wormhole si accorcia la distanza tra i due punti. Un wormhole realistico connetterebbe due punti di uno spazio tridimensionale, curvato nella quarta dimensione: vivendo noi uno spazio tridimensionale, però, non ci è possibile rappresentare graficamente la quarta dimensione. Sotto determinate ipotesi un wormhole non permetterebbe solo viaggi nello spazio ma anche nel tempo.

ASTRO NEWS

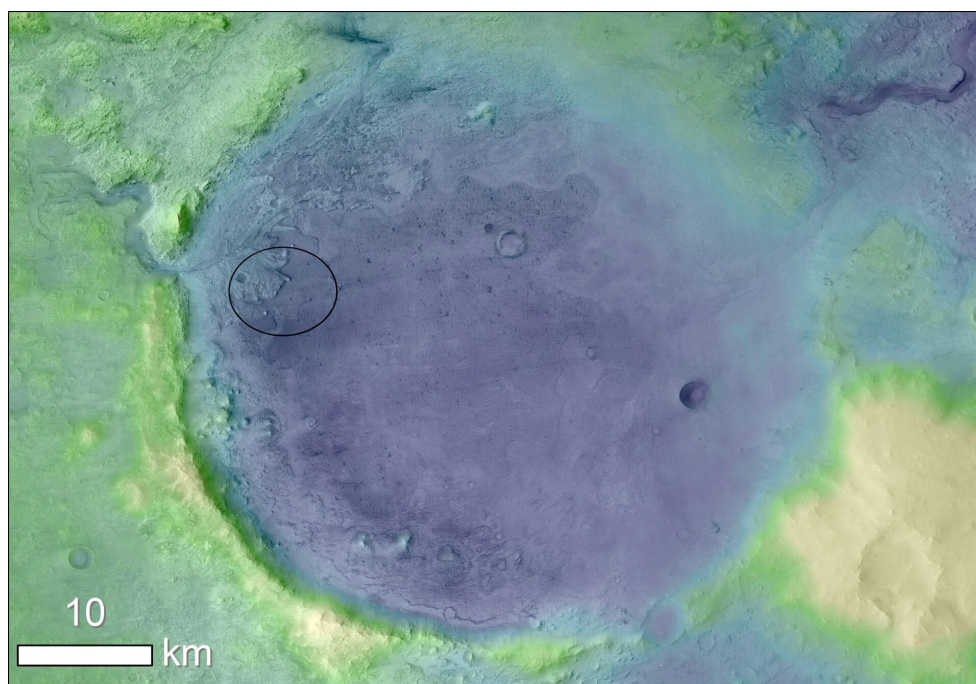
Cristiano Fumagalli

Su Marte, alla ricerca della vita

Questo è il cratere Jezero su Marte, il futuro sito di atterraggio del rover 2020 Mars Perseverance della NASA. Due studi basati sulle osservazioni di Mars Express dell'ESA hanno fatto luce su come e quando si è formata questa affascinante area e hanno identificato le regioni che hanno maggiori probabilità di rivelare segni di vita antica. La NASA e l'ESA stanno lavorando insieme su progetti di missione per portare questi campioni sulla Terra entro il 2031.

Maggiori info al link:

<https://sci.esa.int/web/mars-express/-/mars-express-helps-uncover-the-secrets-of-perseverance-landing-site>



La vita sulla Terra dovuta a uno scontro tra galassie?

La formazione del Sole, del Sistema Solare e il successivo emergere della vita sulla Terra potrebbero essere una conseguenza di una collisione tra la nostra galassia, la Via Lattea, e una galassia più piccola chiamata Sagittario, scoperta negli anni '90 e orbitante attorno alla nostra casa galattica.

Gli astronomi hanno rilevato che Sagittario si frantuma ripetutamente attraversando il disco della Via Lattea, mentre la sua orbita attorno al nucleo della nostra galassia si restringe a causa

delle forze gravitazionali. Precedenti studi avevano suggerito che Sagittario, una cosiddetta galassia nana, avesse avuto un profondo effetto sul modo in cui le stelle si muovono nella Via Lattea. Alcuni sostengono addirittura che la sua caratteristica struttura a spirale potrebbe essere il risultato di almeno tre scontri conosciuti con questa galassia nana negli ultimi sei miliardi di anni.

Un nuovo studio, basato sui dati raccolti dalla sonda Gaia dell'ESA, ha rivelato per la prima volta che l'influenza di Sagittario sulla Via Lattea potrebbe essere ancora più sostanziale. Le increspature causate dalle collisioni sembrano aver innescato importanti episodi di formazione stellare, uno dei quali ha coinciso approssimativamente con il periodo di formazione del Sole, circa 4.7 miliardi di anni fa. Questo nuovo studio è stato pubblicato su *Nature Astronomy*.

Maggiori info al link: <https://buff.ly/2LZ30Ln>

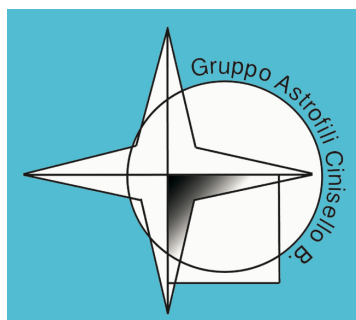
Un pianeta “alato”

Nel 2017, Hubble osservò un'enorme ombra a forma di ala proiettata su una lontana nube di formazione stellare e dovuta a un disco di formazione planetaria. Ora, dopo aver osservato nuovamente l'ombra, gli astronomi riferiscono di vederla sbattere le sue “ali”! La NASA spiega trattarsi della rotazione del disco planetario a forma di sella che ci appare da una diversa angolazione rispetto a quella del 2017.

Maggiori e un filmato da guardare al link:

<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/hubble-sees-cosmic-flapping-bat-shadow>





G.A.C.B.

Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

Sede riunioni Ex scuola Manzoni Via Beato Carino 4 20092 Cinisello Balsamo (MI)

c/o dott. Fumagalli Cristiano via Trieste 20 20092 Cinisello Balsamo (MI)

e-mail: fumagallic@tiscali.it - Cell. 347 4268868 - Cell. 349 5116302 (Ven 21-23)

Sito: <http://gacb.astrofili.org>

Yahoo: /group/GACB_Informa

FaceBook: Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

FaceBook: Osservatorio Astronomico Presolana

Osservatorio: Castione della Presolana - Località Lantana

Planetario: c/o Punto di Vista - Piazza Garibaldi, 18 Muggiò (MB)

Delegazione UAI per la provincia di Milano

GACB e membro di CieloBuio - Coordinamento per la protezione del Cielo Notturno

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente - *Cristiano Fumagalli*

Vicepresidente - *Stefano Spagocci*

Segretario - *Mauro Nardi*

Tesoriere - *Franco Vruna*

Consiglieri:

Nino Ragusi

Sergio Brighel

SEZIONI

Astrofotografia

Cristiano Fumagalli - Matteo Morelli

Planetario

Nino Ragusi

Stelle variabili

Stefano Spagocci - Cristiano Fumagalli

Tecnica autocostruzione

Leonardo "Gianni" Vismara

Responsabile Bollettino - *Stefano Spagocci*

Impaginazione - *Nino Ragusi*
