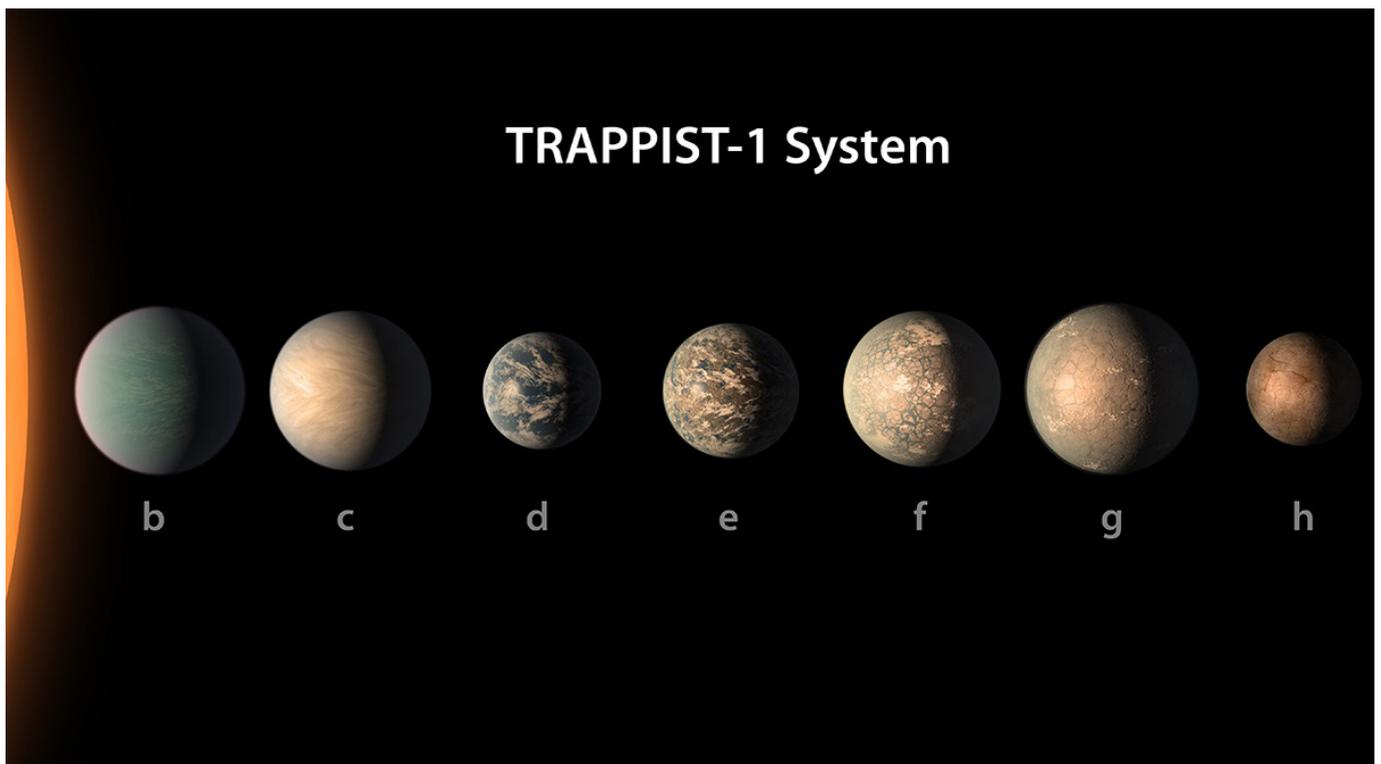


il **BOLLETTINO**
del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO
numero 69 - Giugno 2021



**PIANETI EXTRASOLARI:
I COMPAGNI CHE NON SAPEVAMO DI AVERE**

IN QUESTO NUMERO

EDITORIALE

Si riparte! (?) - <i>Cristiano Fumagalli</i>	3
Post Scriptum - Perchè nonostante tutto sono ottimista - <i>Stefano Spagocci</i>	4
L'asteroide di Köfels e la preistoria alpina - <i>Adriano Gaspani</i>	5
Pensieri su Dio e l'Universo - <i>Giovanni Bortolotti</i>	11
Pianeti extrasolari: I compagni che non sapevamo di avere - <i>Stefano Spagocci</i>	14
Piccola enciclopedia astronomica Buchi Neri: una famiglia di mostri - <i>Franco Vruna</i>	21
Astro News - <i>Cristiano Fumagalli</i>	24

EDITORIALE

SI RIPARTE! (?)

Cristiano Fumagalli

Titolo insolito, eppure quel punto esclamativo con l'interrogativo tra parentesi ci sta tutto. Stiamo provando a ripartire dopo mesi di coprifuoco, esattamente come l'anno scorso, solo che stavolta il periodo di astinenza dalle osservazioni è stato doppio rispetto al precedente. Ovviamente c'è entusiasmo, il rivedere il cielo stellato, gli oggetti al telescopio e fare incontri anche con un numero ridotto di persone ci danno una carica speciale: possiamo fare e parlare di nuovo di astronomia! Il pubblico, in più, ci dà ragione, esaurendo i posti messi a disposizione. Tutto bene? Non direi e qui arriva il punto di domanda. Nonostante il vaccino, le varianti del virus girano e colpiscono chi ancora non è vaccinato e questo mette a rischio la ripartenza, specialmente di categorie come la nostra, gli astrofili, che fanno attività notturna di osservazione.

In questa particolare e delicata situazione un contributo significativo d'instabilità lo danno i cosiddetti negazionisti e complottisti che come i "fratelli" terrapiattisti fanno della disinformazione mirata il loro scopo. Senza nessuna conoscenza specifica in materia e neppure una cognizione scientifica di base, fanno terrorismo psicologico attraverso siti "fake" di altrettante improbabili associazioni pseudo mediche. Usano la tastiera come un'arma e impauriscono chi ha un minimo timore dei vaccini.

Non voglio fare qui una disquisizione sulla natura e sicurezza di questi nuovi preparati ma la loro necessità appare evidente a chi possiede un minimo di ragione. Un poco di colpa, se così si può parlare, l'abbiamo anche noi uomini di scienza e divulgatori in generale. Si sa, la natura delle discipline scientifiche è complessa e le spiegazioni sono molto spesso contrarie al "sentire quotidiano" della gente ed è su questo che i complottisti operano per fare disinformazione. Dovremmo coordinarci in qualche modo e non lasciare al singolo di provare a rispondere. Come? È una sfida che mando a tutti voi, vediamo cosa fare insieme per impedire che questi "signori" continuino a spargere falsità e paure, solo così potremo togliere quel punto di domanda e ripartire veramente. È un'occasione che chi divulga la scienza, quella vera, non deve perdere.

POST SCRIPTUM

PERCHÉ, NONOSTANTE TUTTO, SONO OTTIMISTA

Stefano Spagocci

Sei mesi fa avevo promesso ai miei pochi o tanti lettori che in questo numero avrei presentato un bilancio dell'epidemia che, come erroneamente supponevo, sarebbe "solamente" stata un doloroso ricordo. Invece, cari lettori, sono a chiedervi qualche mese ancora di pazienza. Spero, per il prossimo numero, di potervi presentare (in forma divulgativa) i risultati del mio studio; ho infatti seguito l'evolversi dell'epidemia ed ho interpretato i risultati alla luce del modello SIR, il modello matematico che permette di descrivere l'evoluzione di un'epidemia e, entro certi limiti, di fare previsioni.

Cercherò di pubblicare lo studio su una rivista scientifica e, probabilmente entro la fine dell'anno, ne nascerà anche un libretto dal titolo *La Matematica del Covid*. Nonostante il titolo che può intimidire qualcuno, si tratterà di un'opera divulgativa, alla portata di un bravo studente del quinto anno di scuola superiore.

Chi abbia seguito i miei *post* Facebook di argomento "Covid" forse si stupirà del fatto che, questa volta, io mi senta di esprimere un cauto e ragionato ottimismo. Perché sono discretamente ottimista? Perché questo "rimbalzo" dell'epidemia si deve alla variante delta e il Regno Unito ha percentuali di vaccinazione simili alle nostre (specie se ci si riferisce alla Lombardia). Nel Regno Unito si sta raggiungendo un nuovo picco nel numero giornaliero dei casi ma il picco nel numero di decessi, fortunatamente, non si è quasi visto. La variante delta è molto contagiosa ma l'effetto della campagna di vaccinazione è stato quello di attenuarne l'impatto; se la mortalità, come pare si stia verificando, fosse molto bassa, il comportamento più razionale, economicamente, sanitariamente e umanamente, mi sembra sia quello di lasciar "sfogare" questa ondata, senza intervenire. A meno che gli ospedali non si sovraccarichino!

L'ASTEROIDE DI KÖFELS E LA PREISTORIA ALPINA

Adriano Gaspani

I.N.A.F. - Osservatorio Astronomico di Brera-Milano

adriano.gaspani.astro@gmail.com

L'Evento

Alcuni anni fa i giornali riportarono una curiosa notizia relativa alle vicende di Oetzi, l'Uomo di Similaun. Ricordiamo che i resti di un essere umano, vissuto intorno al 3000 a.C. e deceduto in circostanze non ancora del tutto chiare mentre cercava di attraversare le Alpi, furono rinvenuti nell'area della valle dell'Otzthal, presso il confine tra il territorio italiano e quello austriaco. La morte di Oetzi fu provocata dal repentino peggioramento delle condizioni atmosferiche in alta quota ma anche da una freccia con cui era stato colpito e la cui cuspidè è stata ritrovata conficcata, durante l'esame del corpo mummificato, nella sua schiena.

La valle dell'Otzthal non è molto distante dalla cittadina austriaca di Köfels che sorge entro i resti di un cratere di impatto del diametro di 1.5 km, dovuto alla caduta di un grosso meteorite di circa 1300 metri di diametro, il quale colpì il suolo secondo una traiettoria il cui angolo di impatto fu dell'ordine dei 6°. La palla di fuoco che si generò fu dell'ordine dei 5 km di diametro. L'oggetto era un piccolo asteroide del tipo Atena.

Le conseguenze di questo tremendo impatto furono catastrofiche: numerosi territori, anche a rilevante distanza, furono distrutti sia dal calore generato dall'esplosione, sia dall'onda d'urto propagatasi nell'atmosfera, sia dalla fortissima onda sismica che si generò in seguito all'impatto dell'oggetto.

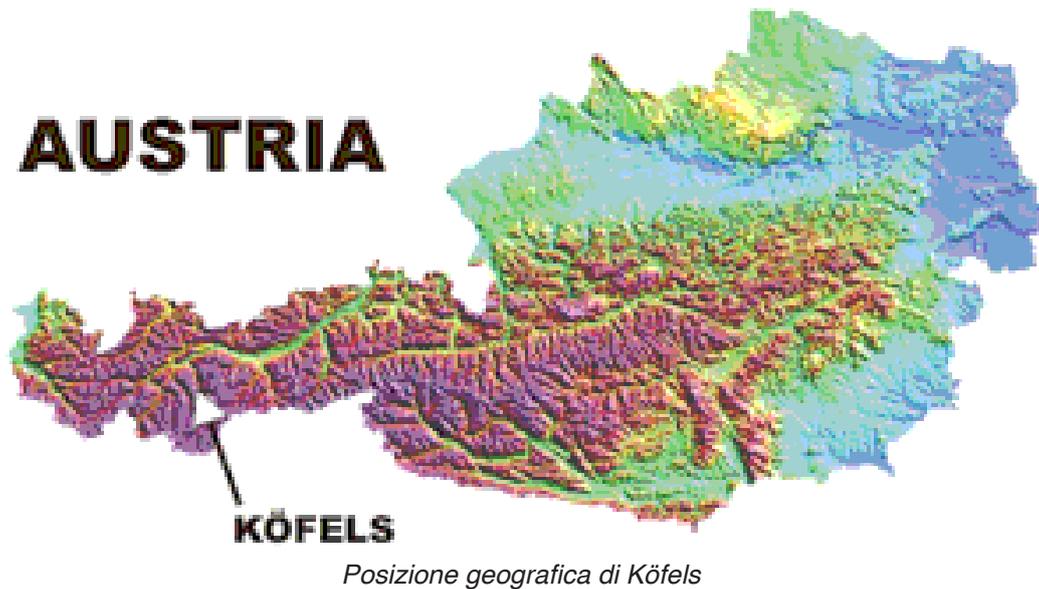
Il basso angolo d'impatto fece sì che il piccolo asteroide durante la sua traiettoria discendente decapitasse la montagna del Gamskogel, posta poco sopra l'attuale cittadina di Langenfeld, ad 11 km di distanza da Köfels, e questo lo fece esplodere nella palla di fuoco di 5 km di diametro prima di toccare il suolo. L'enorme onda di pressione che venne a formarsi polverizzò le rocce sottostanti, tanto che l'impatto finale avvenne con un corpo fluido e dunque non venne scavato un cratere vero e proprio ma si generò la depressione in cui ora è posta Köfels. Il basso angolo d'impatto fece sì che l'asteroide compisse un lungo viaggio nell'atmosfera, quindi la scia di fumo e gas generata fu molto lunga, tanto che potrebbe essere stata avvistata anche in Medioriente ed Egitto.

Registrato su una tavoletta cuneiforme?

La collocazione cronologica dell'epoca i cui avvenne l'impatto è sempre stata piuttosto problematica ma recentemente due studiosi inglesi: Alan Bond, direttore di Reaction Engines, una compagnia inglese specializzata nello sviluppo di sistemi di propulsione spaziale e Mark Hemsell, docente di astronautica alla Bristol University, hanno analizzato una tavoletta di origine sumera, conosciuta dagli esperti con il nome di Planisfera e con il numero d'archivio K8538;

secondo i risultati delle loro ricerche, durate otto anni, su di essa sarebbe descritta la comparsa nel cielo di quell'oggetto che poi si sarebbe schiantato dove oggi sorge la cittadina austriaca di Köfels.

Il reperto fu scoperto nel 1845 dall'archeologo inglese Henry Layard, tra i resti della biblioteca del palazzo reale di Ninive, capitale del regno assiro, vicino all'odierna città irachena di Mosul. Attualmente è custodita nel British Museum e per oltre 150 anni ha resistito a qualsiasi tentativo di interpretazione. Secondo Bond e Hemsell, la tavoletta (tra l'altro molto frammentata e con evidenti segni di rimaneggiamento) narrerebbe «eventi avvenuti nel cielo prima dell'alba del 29 giugno del 3123 a.C.» e farebbe riferimento all'avvistamento di un meteorite che successivamente avrebbe colpito la Terra, appena oltre l'attuale frontiera italiana.



Una veduta di Köfels

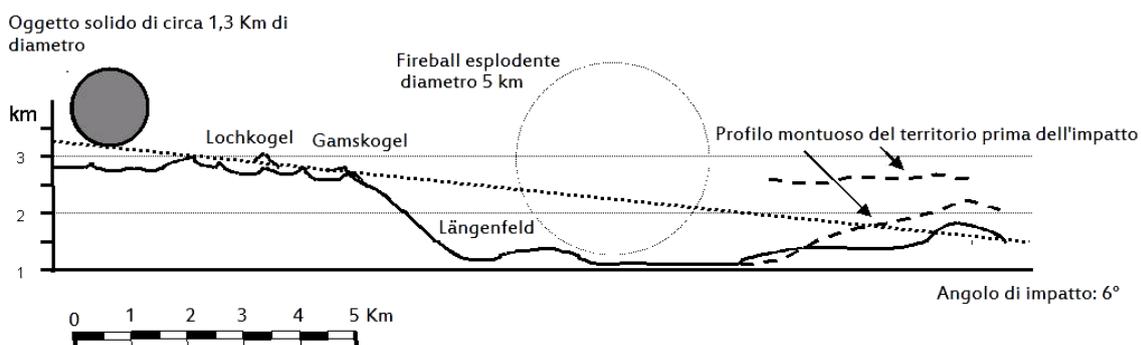
Queste ricerche sono state pubblicate dai due studiosi britannici nel recente libro *A Sumerian Observation of Kőfels*. La tavoletta risalirebbe al 700 a.C. e su di essa sarebbero stati copiati alcuni appunti di un antico astronomo sumero che realmente avrebbe visto l'asteroide avvicinarsi alla Terra in quella notte di oltre 5 mila anni fa. Costui avrebbe descritto il corpo celeste come una enorme «pietra bianca che si avvicinava» e che spazzava via tutto quello che incontrava.

Sulla tavoletta oltre al testo cuneiforme sono tracciati disegni che descrivono le posizioni di alcune stelle e costellazioni, per cui è stato possibile determinare ragionevolmente la collocazione cronologica da parte di Bond ed Hemsell, i quali affermano che alcuni simboli presenti sulla tavoletta descrivono accuratamente la traiettoria di un grande oggetto che attraversava la costellazione dei Pesci e si avvicinava sempre più alla Terra. Almeno la metà dei simboli tracciati sulla tavoletta si riferirebbero all'asteroide mentre tutti gli altri descriverebbero la posizione delle nuvole e delle costellazioni.

Oetzi e l'evento di Kőfels

Le conseguenze di questo tremendo impatto furono ovviamente catastrofiche: numerosi territori, anche lontani da Kőfels, furono distrutti, e poiché l'area geografica che corrisponde alla Valcamonica e all'arco alpino subito a nord-ovest nel IV millennio a.C. era popolata, decine di migliaia di persone dovrebbero essere morte in seguito al cataclisma. Curiosamente quel periodo coincide con la presenza di Oetzi in quella zona.

Recentemente un archeologo trentino, Domenico Risi, ha proposto una curiosa ipotesi in relazione all'Uomo di Similaun e cioè che Oetzi fosse stato vittima di un sacrificio umano rituale compiuto in occasione della caduta dell'asteroide e dei suoi effetti devastanti. Il cadavere di Oetzi sarebbe poi stato essiccato dal vento ad alta temperatura generatosi dopo l'esplosione e conservato fino alla data della scoperta dalla neve e dal ghiaccio che l'hanno ricoperto. Tale ipotesi va però oltre qualsiasi possibilità di verifica di tipo scientifico, quindi la ritengo poco probabile ed anche piuttosto azzardata, anche in relazione all'incertezza con cui è possibile accettare le conclusioni di Bond ed Hemsell.



Traiettoria percorsa dall'oggetto poco prima di colpire il terreno



La tavoletta K8530 su cui sarebbe registrata la caduta dell'asteroide a Köfels



Rappresentazione artistica dell'impatto dell'asteroide sulla cima del Gamskogel

Cronologia dell'evento

A proposito di cronologia, è utile aggiungere alcune considerazioni. Lo schema adottato dai due studiosi inglesi per stabilire la collocazione cronologica dell'impatto sulla base delle iscrizioni contenute nella tavoletta è basato sui seguenti criteri:

- Il primo è quello che la K8538 indica il ventesimo giorno di un mese lunare che parte con il novilunio e copre parzialmente i mesi di giugno e luglio di un anno compreso tra il 3500 a.C. e il 2000 a.C.
- In secondo luogo le posizioni planetarie indicate sulla tavoletta erano tali che un pianeta era posto nella costellazione dei Gemelli, due pianeti posti nel Cancro e nessun pianeta posto nei Pesci.

L'analisi delle configurazioni planetarie ha mostrato che il 29 giugno del 3123 a.C. sembra essere la data più probabile, tra una ventina di candidate, per la collocazione cronologica dell'impatto dell'asteroide.

Il Capitello dei Due Pini

Rimane ora un altro problema da risolvere e cioè che nel IV millennio a.C. l'area geografica alpina in cui è avvenuto l'impatto era densamente abitata da popolazioni che, soprattutto in Valcamonica, hanno prodotto circa 300.000 incisioni rupestri di tipo figurativo, cioè che descrivono scene reali. Nonostante abbia eseguito una ricerca molto accurata quando, nel 2001, pubblicai il volume *La civiltà dei Camuni, Sole Luna e Stelle nell'Antica Valcamonica*, non era stato possibile mettere in evidenza l'esistenza di petroglifi che potessero riferirsi alla registrazione dell'evento che dovette aver avuto effetti devastanti nella valle.

Ad onor del vero, a quel tempo qualcuno mi propose l'identificazione dell'evento col simbolo ciclomorfo tracciato su alcune stele e massi monumentali prodotti dalla cultura camuna durante il Calcolitico (età del Rame) e che vede l'esempio più antico nel misterioso petroglifo tracciato sulla roccia del Capitello dei Due Pini, presso il paese di Paspardo. La discrepanza cronologica tra il Calcolitico camuno e la datazione dell'impatto, che a quel tempo era considerata molto più antica rispetto a quanto ipotizzato da Bond ed Hemsell, mi aveva però impedito di considerare seriamente una tale proposta.

La collocazione cronologica suggerita dai due studiosi britannici potrebbe invece essere coerente con la datazione del petroglifo di Paspardo, il quale potrebbe quindi aver conservato memoria dell'impatto dell'asteroide. L'impressione suscitata dall'evento potrebbe essere stata tale da rendere il petroglifo del Capitello dei Due Pini un oggetto di culto; per questa ragione il misterioso simbolo ciclomorfo che lo adorna sarebbe stato frequentemente tracciato sulle stele e sui massi sacri calcolitici camuni.

Il Menhir di Ello

Anche sul Menhir di Ello, presso Lecco, si ha una rappresentazione simile a quelle camune e coeva ad esse. Anche in questo caso potrebbe essere ipotizzata una correlazione con la memoria storica dell'evento o addirittura con la diretta osservazione dell'impatto. Sono comunque

necessarie molta cautela ed un'analisi storica, archeologica ed archeoastronomica molto accurata e rigorosa prima di poter avanzare ipotesi in tal senso, che si tratti del Capitello dei Due Pini a Paspardo o del Menhir di Ello.



Il simbolo ciclomorfo tracciato sulla parete di roccia presso il Capitello dei Due Pini a Paspardo, in Valcamonica



Il petroglifo tracciato sul menhir di Ello, presso Lecco

PENSIERI SU DIO E L'UNIVERSO

Gianni Bertolotti

- Non credo che ciò che nell'Universo si è evoluto ed esiste attualmente sia dovuto al caso. Se così fosse, la casualità continuerebbe ad imperare e il continuo caos impedirebbe la formazione di qualsiasi struttura, vivente o non vivente.
- Tutto, nell'Universo, continua a seguire il Progetto Iniziale, ciò che è vivo biologicamente e ciò che non lo è. Anche le particelle non viventi portano informazione, al pari degli esseri viventi, dunque hanno, a loro modo, un'anima.
- Secondo i calcoli e le misurazioni degli astronomi, all'Universo manca della materia, la famosa "materia oscura" o "massa mancante". Perché non la si è ancora trovata? Perché non si è ancora trovata una risposta razionale al problema?
- Espandiamo i nostri sensi, ragioniamo, seguiamo l'evoluzione dell'Universo e domandiamoci: cosa riporta la materia allo stato primordiale, alla singolarità? La risposta è: "il buco nero". Conoscendo le virtù di questo mostro cosmico, si trae una conclusione: Dio esiste! Dio è un'entità materialmente presente, non un concetto astratto: essendo un'entità materialmente presente, per agire ha bisogno di un supporto materiale e questo supporto è, appunto, il buco nero.
- Si postula infatti che al centro di molte galassie ci sia un buco nero, responsabile dell'emissione di potenti getti di materia. I quasar sono nuclei di galassie al cui centro si trova un buco nero supermassivo. Le righe spettrali osservate nei quasar indicano la presenza di elementi pesanti; la presenza di un quasar indica dunque che la corrispondente galassia ha attraversato una fase di intensa formazione stellare che ha creato elementi pesanti, "alimento" per le future stelle.
- La formazione delle stelle ha quindi una sua ragione di essere. Vi sono stelle con masse enormi ed altre, come il Sole, molto meno massive. Le prime si evolvono molto rapidamente, scagliando nello spazio elementi sintetizzati al loro interno. Tali elementi chimici saranno incorporati dalle stelle meno massive e dai loro eventuali sistemi planetari.
- Materia oscura, atomi, galassie, buchi neri, quasar, stelle, pianeti, sono tutte manifestazioni dell'agire di Dio nell'Universo. Nulla si crea, nulla si distrugge ma tutto si trasforma. Il nulla è nulla e come tale non può esistere: Dio è l'essere che permette al nulla di non esistere!

Nota Redazionale di Stefano Spagocci

Riprende la pubblicazione delle riflessioni che il nostro socio Gianni Bertolotti ha negli anni annotato. Gianni ha affidato alla mia cura una cartelletta contenente numerosi fogli sciolti che riportano tali riflessioni, perché almeno alcune siano pubblicate sul Bollettino GACB. Adempio

volentieri a un tale compito ma chiedo a Gianni comprensione per eventuali errori di interpretazione: non è per nulla facile decifrare la sua grafia! Le riflessioni di cui sopra furono scritte nel lontano 1997 e le presento qui con qualche adattamento, sulla cui necessità credo Gianni converrà.

Volendo riassumere le sue riflessioni, direi che Gianni si colloca sul versante “panteista”, sul versante, cioè, di chi crede che i concetti di “Dio” e “Natura” sostanzialmente si identifichino. Chi scrive per principio non giudica mai le credenze altrui; quella che segue, dunque, non è una critica ad alcuno né un invito a non credere ma una precisazione riguardo a quella che comunemente si crede essere una prova dell’esistenza di Dio e che invece non lo è. Mi riferisco, in particolare, alla concezione di Dio come “causa che tutto causa senza essere causata” e all’idea, connessa alla precedente, che l’ordine non possa nascere dal caos.

Per quanto riguarda la “causa incausata”, la meccanica quantistica e la teoria del caos hanno costretto filosofi e scienziati a ripensare al principio di causa ed effetto che, beninteso, rimane fondamentale nella vita di tutti i giorni.

La meccanica quantistica porta a ragionare in termini di probabilità che un certo evento avvenga e dunque a una causa non segue necessariamente sempre lo stesso effetto. Ma c’è di più: in meccanica quantistica un evento può avvenire senza una ben definita causa. Ad esempio, “dal nulla” può emergere una coppia particella/antiparticella, senza che nulla abbia provocato il fenomeno e senza poter prevedere l’istante in cui il fenomeno si manifesterà!

Considerando poi sistemi quali il pendolo doppio (un pendolo collegato a un altro pendolo), la teoria del caos ci insegna che i due angoli che definiscono la posizione delle asticelle incernierate, e le velocità angolari delle due asticelle, possono assumere ogni valore, senza che sia possibile predire il valore che i quattro parametri assumeranno dopo un certo lasso di tempo!

La teoria del caos ci insegna anche che molto spesso dal caos può nascere l’ordine. In campo astronomico, ad esempio, dal caos del primitivo sistema solare, e attraverso una successione di processi spesso estremamente violenti, emerse l’ordine che caratterizza l’odierno sistema solare. Finché, almeno, il caos non riprenderà il sopravvento!

Venendo all’Universo nel suo complesso, va detto che secondo la cosmologia quantistica è possibile concepire un Universo che scaturisca “dal nulla”! Va anche detto che la cosmologia quantistica è una disciplina ancora allo stato embrionale e lo rimarrà finché i fisici non riusciranno a sviluppare una credibile teoria della gravità quantistica; le equazioni di cui sopra, quindi, non pretendono di descrivere il processo in tutti i dettagli ma suggeriscono che un tale processo sia possibile.

Ho posto il termine “nulla” tra virgolette perché sul nulla della fisica teorica si potrebbe discutere all’infinito, dal punto di vista filosofico. A tal proposito dirò solo che il nulla in questione presuppone l’esistenza di leggi fisiche che precedano l’apparire “dal nulla” dell’Universo. È però possibile concepire un meccanismo, sul quale non mi sembra opportuno insistere in questa sede, mediante il quale le stesse leggi fisiche possano apparire “dal nulla”.

Data la delicatezza dell’argomento, e il conseguente rischio di urtare la sensibilità di qualcuno, tengo però a ribadire: è mia ferma convinzione che qualunque teoria scientifica possa conciliarsi con qualunque fede religiosa perché, come sosteneva Galileo Galilei, la scienza indica

come vada il Cielo, la fede indica come si vada in Cielo. E, come amava sostenere Margherita Hack, lo stesso ateismo in fondo è una fede, perchè nessuno può provare che Dio (un qualunque Dio, non solo quello biblico) non esista!

PIANETI EXTRASOLARI: I COMPAGNI CHE NON SAPEVAMO DI AVERE

Stefano Spagocci

A partire dagli anni '90 del secolo scorso, gli astronomi hanno scoperto circa 4000 pianeti in orbita attorno ad altre stelle della nostra galassia. Il telescopio spaziale Kepler (2009-2013), riflettore di 1.4 m di diametro, ne ha scoperti circa la metà; più avanti avremo modo di apprezzare l'importanza delle sue scoperte. Il Premio Nobel per la Fisica 2019 è stato attribuito agli svizzeri Michel Mayor e Didier Queloz che nel 1994 scoprirono il primo esopianeta e, soprattutto, misero a punto la metodologia ancora impiegata per la ricerca degli esopianeti. Di tutto questo vogliamo parlare nel contributo che segue.

Metodo delle velocità radiali

Cominciamo dunque ad esporre il metodo impiegato da Mayor e Queloz per rilevare il primo pianeta extrasolare (51 Pegasi b). Si sostiene spesso che "la Terra ruota attorno al Sole": a rigore ciò non è vero perchè entrambi i corpi ruotano attorno al comune baricentro. Il Sole, molto più massivo, ha però un movimento di piccolissima ampiezza. Lo stesso discorso vale per un esopianeta che ruoti attorno a una stella: il pianeta di solito non è visibile ma è visibile l'ondulazione della stella attorno alla quale esso ruota.

In realtà quello che si registra non è lo spostamento della stella ma il variare della velocità di avvicinamento o allontanamento della stella da noi (la velocità radiale). La misura avviene mediante l'effetto Doppler (un osservatore che riceva radiazione elettromagnetica da una sorgente in avvicinamento/allontanamento vede le righe spettrali della sorgente spostarsi verso il blu/rosso). Il metodo permette di misurare la massa del pianeta ma non il suo diametro. Il diametro può essere stimato ipotizzando una ragionevole densità media per il pianeta.

Metodo dei transiti

Ammesso che un pianeta, visto in prospettiva, passi dinnanzi alla sua stella madre, è possibile rivelarlo registrando il conseguente calo di luminosità della stella. Va però detto che il calo di luminosità è di un centesimo nei casi più favorevoli, fino ad un decimillesimo nei casi meno favorevoli. Il primo pianeta ad essere scoperto mediante il metodo dei transiti fu HD 209458b. Il metodo permette di determinare il diametro del pianeta ma non la sua massa. La massa può essere stimata ipotizzando una ragionevole densità media per il pianeta.

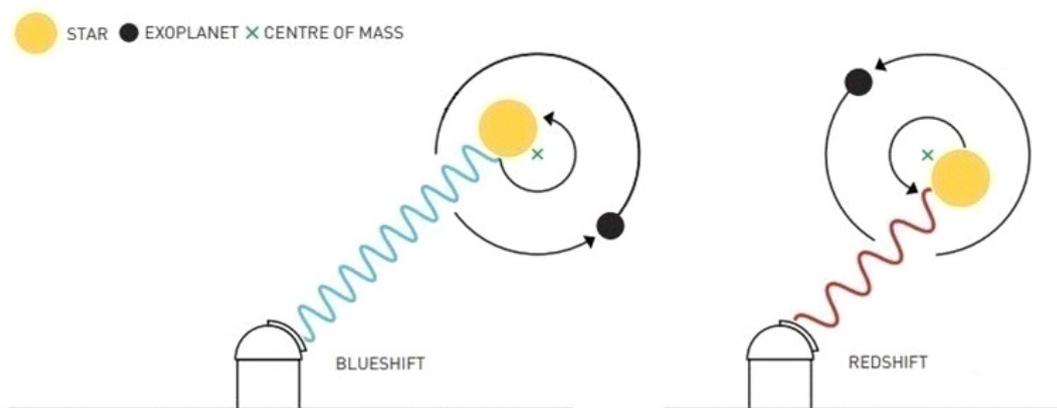
Altri Metodi

Nei casi più fortunati è possibile registrare direttamente l'immagine dell'esopianeta. Non si deve però pensare ad un'immagine dettagliata: si riesce a malapena a scorgere un puntino, annegato nella luce della stella madre!

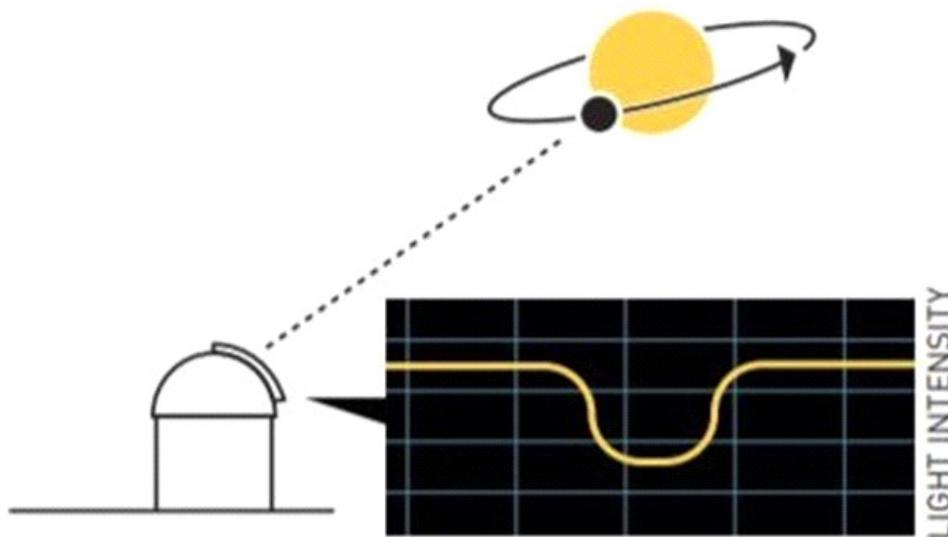
Poco prima di Queloz e Mayor, in realtà erano stati scoperti due pianeti in orbita attorno a

una pulsar. Le pulsar sono il prodotto della morte di stelle di grande massa ed emettono impulsi radio con una elevata frequenza (fino a 1000 volte al secondo) e regolarità. La regolarità degli impulsi è disturbata dalla presenza di un esopianeta che è quindi così rilevabile.

Secondo la relatività generale di Einstein, anche la luce risente dell'attrazione gravitazionale e dunque, passando accanto ad un corpo particolarmente massivo, un raggio luminoso può essere deviato di una quantità misurabile. Se ad esempio una stella si trova a transitare dietro a un'altra stella, quest'ultima agisce da lente gravitazionale e focalizza, quindi amplifica, la luce della stella in transito. Si tratta di un effetto detto "microlensing".



Rappresentazione schematica del metodo delle velocità radiali.



Rappresentazione schematica del metodo dei transiti.

Nel caso in cui la lente gravitazionale sia costituita da un sistema stella/esopianeta, in luogo dell'impulso di luce di cui sopra se ne hanno due, il secondo (molto più debole) essendo ovviamente dovuto all'esopianeta. Il metodo è piuttosto "esoterico"; sorprendentemente, però, finora con tale metodo sono stati rilevati una decina di esopianeti!

Il sistema solare

Volendo porre nella giusta prospettiva gli studi sugli esopianeti, è opportuno accennare al processo di formazione del sistema solare. A tal proposito diremo innanzitutto che una stella in formazione (il Sole non è che una stella di medie dimensioni) è in sostanza un gigantesco ammasso sferico di idrogeno che si contrae sotto l'effetto della gravità. Attorno a una stella neonata si aggrega progressivamente un disco protoplanetario, composto da idrogeno, altri gas e polveri. Le osservazioni e i calcoli ci dicono infatti che, entro centomila anni dalla formazione di una stella, nella maggior parte dei casi si forma un disco protoplanetario. Entro dieci milioni di anni dalla formazione del disco, dallo stesso si forma un certo numero di pianeti.

I pianeti del sistema solare si dividono rispettivamente in “rocciosi” (Mercurio, Venere, Terra, Marte) e “gassosi” (Giove, Saturno, Urano, Nettuno). Vi sono poi i cosiddetti “pianeti nani” (Cerere, Plutone, Haumea, Makemake, Eris, Sedna e, presumibilmente, molti altri). Giove si formò forse più lontano dal Sole di quanto lo sia adesso; per l'azione combinata della gravità e dell'attrito con gli adiacenti strati di gas e polveri, il pianeta iniziò poi una migrazione verso il Sole. Saturno lo seguì. Successivamente Saturno attirò Giove in direzione opposta al Sole, fermando quindi la sua corsa verso l'astro. Giunto nella posizione in cui si trovava prima di migrare, Giove attirò verso il Sole i detriti di formazione lì rimasti; ciò portò all'arricchimento della fascia degli asteroidi con frammenti rocciosi ricchi d'acqua.

La migrazione in direzione opposta al Sole di Giove e Saturno portò anche allo spostamento di Urano e Nettuno rispetto alle loro originarie orbite. L'azione gravitazionale dei pianeti gassosi portò quindi alla redistribuzione dei frammenti rocciosi non ancora aggregatisi in pianeti; furono così arricchite la fascia degli asteroidi, la fascia di Kuiper e la nube di Oort (queste ultime sono i serbatoi di detriti rocciosi, ricchi d'acqua, da cui rispettivamente provengono le comete a corto e a lungo periodo orbitale).

Al termine di questa straordinaria “danza planetaria” (ipotizzata grazie anche al contributo determinante di Alessandro Morbidelli, un astrofilo milanese divenuto astronomo di fama mondiale) i protopianeti erano circa dieci volte più numerosi rispetto ad oggi. La redistribuzione dei pianeti gassosi portò infine ad un bombardamento di frammenti rocciosi, bombardamento che a sua volta stimolò processi di riaggregazione ed espulsione dei frammenti più piccoli, fino a giungere all'attuale numero di pianeti.

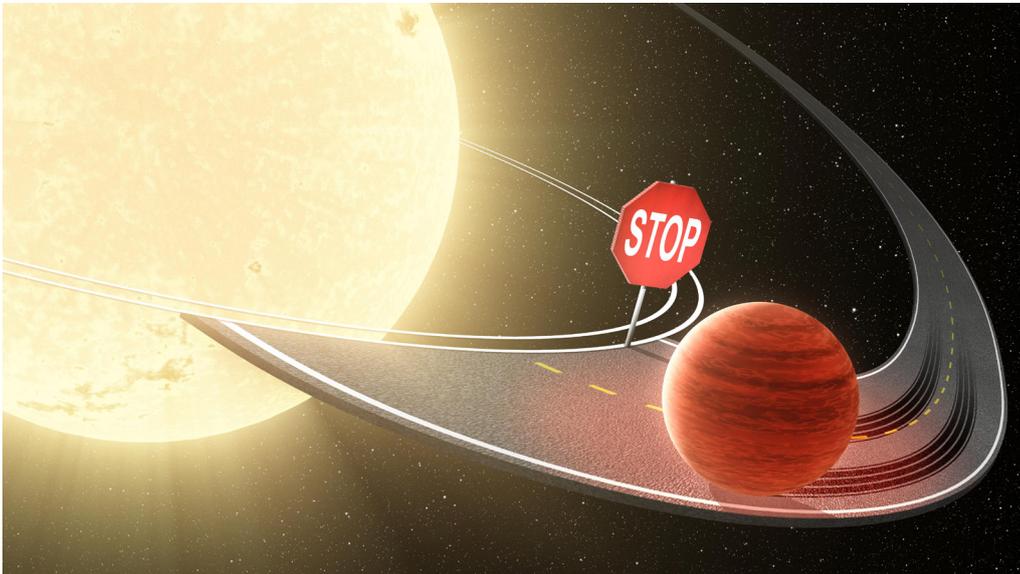
Gioviani caldi

I gioviani caldi (Hot Jupiters) sono pianeti la cui massa è pari ad alcune volte quella di Giove ma che orbitano attorno alla stella madre a una distanza tale che il loro anno dura solo qualche giorno terrestre. L'unità astronomica, UA, è la distanza media Terra/Sole e corrisponde a circa 150 milioni di chilometri: tali pianeti orbitano a una distanza minore di un decimo di UA!

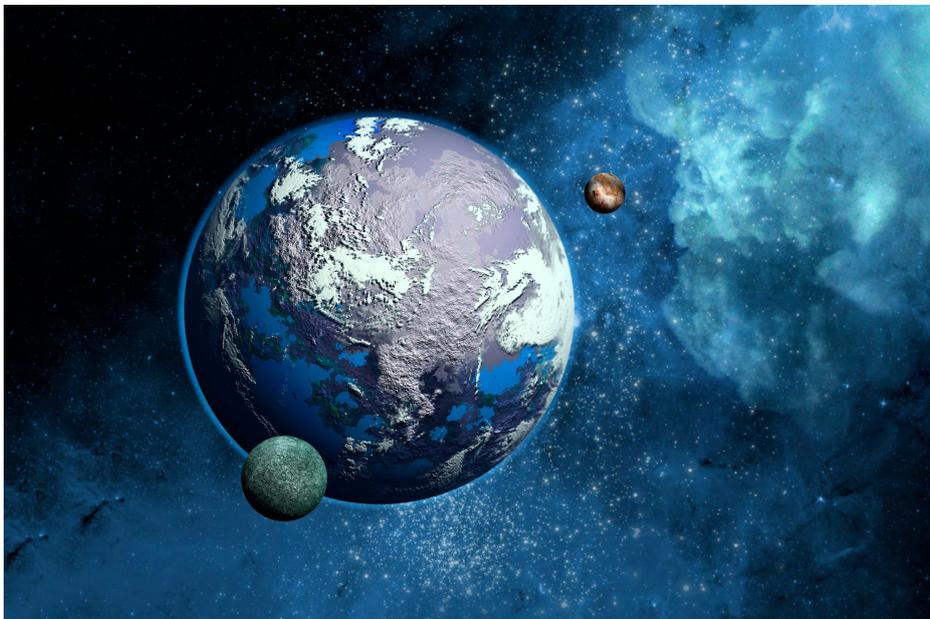
I gioviani caldi sono “facili” da rilevare perchè orbitano vicinissimi (in scala planetaria) alla stella madre; si stima che costituiscano l'uno per cento degli esopianeti. Il primo esopianeta scoperto da Queloz e Mayor, 51 Pegasi b, è un gioviano caldo e non poteva che essere così,

essendo i gioviani caldi molto più facilmente rilevabili rispetto ad altre categorie di esopianeti.

Li si definisce “caldi” perchè appunto orbitano vicinissimi alla stella madre, quindi la relativa temperatura superficiale è *molto* elevata. Questo è il loro “problema”: a causa dell’alta temperatura, infatti, a distanze così piccole si sarebbero potuti formare solo pianeti rocciosi, composti da atomi più pesanti e resistenti all’evaporazione. Perché invece si formarono pianeti gassosi?



Rappresentazione artistica di un gioviano caldo. Il segnale di “stop” vuole simboleggiare il fatto che tali pianeti presumibilmente migrarono verso la stella madre, per poi arrestarsi ad una certa distanza dalla stessa.



Rappresentazione artistica di una super terra con due suoi satelliti.

Si suppone dunque che i gioviani caldi si siano formati ben oltre la loro attuale posizione, quindi lontano dalla stella madre. Come mostra l’illustrazione, i pianeti gassosi, dopo essere migrati verso la stella madre, ad un certo punto terminano la loro corsa. Se la temperatura alla

distanza a cui il pianeta si ferma è tale da non far evaporare una grande percentuale del gas che compone il pianeta, si avrà un gioviano caldo. Per quale ragione la corsa dell'esopianeta ad un certo punto si arresta? Il pianeta, migrando verso la stella madre, accumula una fascia di detriti che ad un certo punto, per effetto di gravità e attrito, ne diminuisce la velocità fino a fermarlo.

Super terre

Le super terre (Super Earths) sono pianeti il cui raggio è pari ad alcune volte quello terrestre ma che orbitano attorno alla stella madre a una distanza tale che l'anno duri solo qualche giorno terrestre! Orbitano a una distanza minore di un decimo di UA e sono meno facili da rilevare dei gioviani caldi perchè hanno massa minore. Si stima che costituiscano circa la metà degli esopianeti. La prima super terra scoperta fu Kepler-93b.

Anche riguardo alle super terre ci sono problemi: infatti a una tale piccola distanza dalla stella madre la gravità è così intensa da impedire la formazione "spontanea" di pianeti troppo massivi. Anche in questo caso si invoca la migrazione di pianeti gassosi: migrando verso la stella madre, tali pianeti potrebbero infatti agire da "spazzaneve gravitazionale" sui detriti incontrati, attirandoli verso la stella, portando all'accumulo di ulteriore materiale roccioso nelle vicinanze della stessa e permettendo così la formazione della super terra.

Lava, acqua o diamanti?

Interessante è il caso di 55 Cancri e, perchè i dati sperimentali sono compatibili con tre scenari decisamente strani e, allo stato attuale della ricerca, non siamo in grado di stabilire quale dei tre si adatti meglio al pianeta.

Se fosse un ordinario pianeta roccioso, la sua piccola distanza dalla stella madre (0.02 UA) renderebbe la sua temperatura oscillante tra i 1000 e i 2700 gradi, quindi si tratterebbe di un pianeta di lava! Potrebbe anche trattarsi di un mondo composto prevalentemente di acqua, con un oceano profondo migliaia di chilometri! La possibilità più strana è però che si tratti di un pianeta composto prevalentemente di diamante e grafite. I vulcani del pianeta erutterebbero infatti lava e diamanti e l'atmosfera del pianeta potrebbe contenere una certa percentuale di cianuro!

Mondi di fuoco e ghiaccio

Quando un pianeta orbita a una piccola distanza dalla sua stella madre ed è di massa piccola rispetto alla stessa, col tempo finisce per avere un periodo di rotazione uguale al periodo di rivoluzione, quindi mostra alla stella sempre la stessa faccia, come accade per la Luna con la Terra. Il pianeta CoRoT-7b, ad esempio, probabilmente ha una temperatura media di circa +2000 gradi sulla faccia che guarda alla stella madre, di circa -200 gradi sulla faccia opposta!

Pianeti attorno a pulsar

Abbiamo già trattato dei pianeti in orbita attorno a pulsar, sottolineando come siano stati i primi ad essere scoperti. Si tratta di PSR B1257+12b e PSR B1257+12c. Quando una stella di grande massa muore, si dilata a dismisura e i suoi strati esterni investono eventuali pianeti che le ruotino attorno, quindi "esplode", dando origine a una supernova; occorre dunque spiegare come un pianeta in orbita attorno a una pulsar abbia potuto sopravvivere. Una possibile spiegazione

è che il disco protoplanetario si sia formato dagli strati più esterni (quindi meno disturbati dall'esplosione) della stella che diede origine alla pulsar.

Sistemi multipli

Ci sono esopianeti (come Gamma Cephei b) che orbitano attorno a una stella, la quale a sua volta ruota attorno a un'altra stella. Su tali pianeti non è mai vera notte perchè quando un sole tramonta ne nasce un altro! Altri esopianeti (come Kepler-16b) ruotano attorno a una stella doppia. In questo caso invece di un sole gli ipotetici abitanti di tali pianeti ne vedrebbero due, a una certa distanza l'uno dall'altro!

Sono ormai numerose le scoperte di sistemi esoplanetari. Tra gli altri citiamo Kepler 11 (sei pianeti di cui cinque super terre) e Kepler 32 (cinque super terre). Si stima che il dieci per cento circa delle stelle abbia un sistema esoplanetario. Particolarmente significativa è stata la scoperta di TRAPPIST-1; il sistema consta infatti di sette pianeti di tipo terrestre, di cui tre nella zona di abitabilità, zona nella quale può esistere acqua liquida e, potenzialmente, la vita!

Pianeti solitari

I calcoli indicano che un pianeta gravitazionalmente legato a una stella può esserle sottratto dall'attrazione gravitazionale di un'altra stella che transiti nei paraggi. Si giustifica così l'esistenza dei pianeti solitari (Rogue Planets). Si stima che ci siano circa due pianeti solitari per ogni stella della nostra galassia! Le collaborazioni scientifiche internazionali OGLE e MOA hanno portato alla scoperta di una decina di pianeti solitari mediante microlensing (la tecnica più affidabile per tale ricerca). Attualmente se ne conoscono una trentina.

Esolune

Sembra logico pensare che molti degli esopianeti abbiano uno o più satelliti: non si vede infatti perchè ciò che è successo al nostro sistema solare non debba essere successo (o succedere) anche ad analoghi sistemi. Scoprire un'esoluna vuol dire rilevare una piccola perturbazione di una piccola perturbazione dell'orbita o luminosità di una stella; sembrava quindi fosse impresa disperata poterne rilevare una. La prima esoluna rilevata è stata quella che ruota attorno a Kepler-1625b. Ad oggi si conoscono una ventina di esolune.

Alla ricerca della vita

Secondo certa stampa, l'unico scopo della ricerca sugli esopianeti sarebbe la scoperta di pianeti di tipo terrestre. Le cose non stanno così ma la ricerca di esopianeti di tipo terrestre riveste comunque un notevole interesse. Sono stati finora rilevati circa 100 pianeti la cui orbita sia tutta compresa nella zona di abitabilità mentre circa 200 pianeti hanno parte della propria orbita in tale zona. Solo cinque, però, sono di tipo terrestre!

Oltre ai pianeti di tipo terrestre, esistono altri scenari compatibili con lo sviluppo della vita. Gli Hot Jupiters, ad esempio, non potrebbero ospitare forme di vita ma i loro eventuali satelliti, se di dimensioni adeguate, sarebbero adatti allo scopo. Le Super Earths potrebbero ospitare forme di vita ma c'è una complicazione: alcuni di questi esopianeti potrebbero mostrare sempre la

stessa faccia alla stella madre e avremmo quindi mondi per metà di fuoco e per metà di ghiaccio. Sorprendentemente, però, i calcoli indicano che la fascia di confine tra “fuoco” e “ghiaccio” sarebbe potenzialmente adatta ad ospitare la vita!

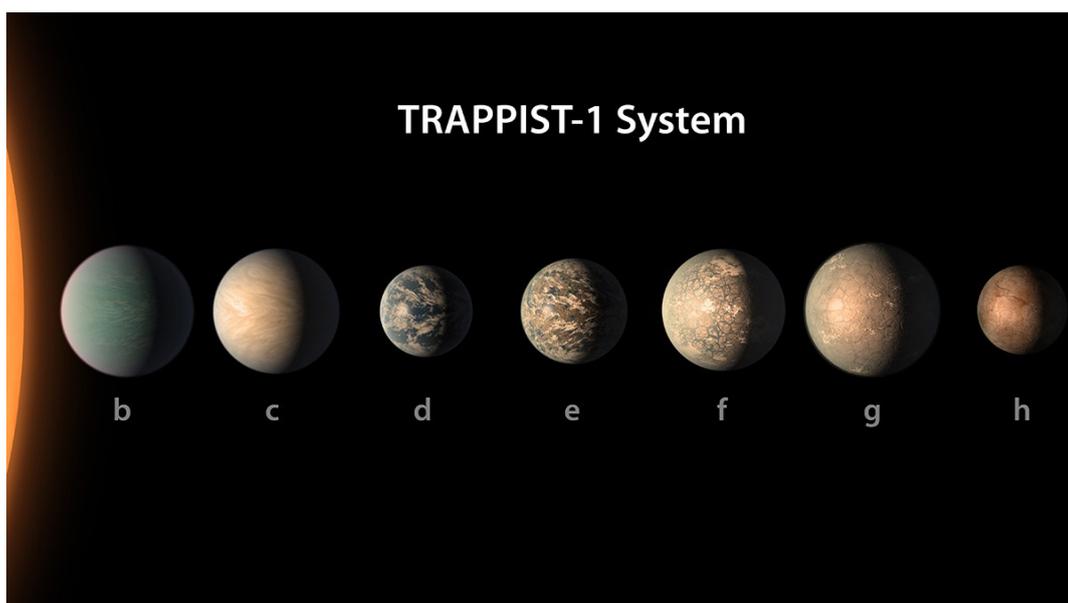
Come rilevare dunque eventuali forme di vita extraterrestre? Allo stato attuale dello sviluppo tecnologico, il meglio che si può fare è analizzare la composizione chimica dell'eventuale atmosfera di un esopianeta e il suo colore. Se infatti nell'atmosfera terrestre sono presenti gas quali l'ossigeno e il metano, lo si deve alle trasformazioni operate sull'atmosfera primordiale da parte delle prime forme di vita. Il colore della Terra vista dallo spazio, poi, si deve alla vegetazione e agli oceani. Simili considerazioni dovrebbero valere anche per gli esopianeti.

Alcune riflessioni

La ricerca degli esopianeti ci ha insegnato che l'universo è molto più vario di quanto potessimo sospettare e tanta varietà di scenari ci fa ben sperare riguardo all'esistenza di vita extraterrestre. Sembra infatti che l'universo, in fatto di sistemi planetari, “sperimenti” tutte le possibili soluzioni e, d'altra parte, in una tipica galassia vi sono circa 100 miliardi di stelle e il numero delle galassie è dell'ordine dei 100 miliardi. Quando un esperimento è effettuato un numero enorme di volte, si suppone che prima o poi riesca; si spera che analoghe considerazioni valgano per l'esperimento-vita-extraterrestre!

Per saperne di più

Un testo che consiglio, perché sintetico ma completo, è: Giovanna Tinetti, “I Pianeti Extrasolari. Alla Ricerca di Nuovi Mondi”, II edizione, Il Mulino, Bologna, 2019. A chi interessi addentrarsi nei particolari, consiglio un'opera che, pur scritta in linguaggio non tecnico, è ricchissima di dettagli: Elizabeth Tasker, “The Planet Factory: Exoplanets and the Search for a Second Earth”, Bloomsbury, Londra, 2019.



Il sistema TRAPPIST-1 con i suoi sette pianeti, di cui tre nella zona di abitabilità, zona nella quale potenzialmente può svilupparsi la vita.

PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA

IL MOTORE DEI QUASAR

Franco Vruna

I quasar sono corpi celesti che emettono una quantità di energia tale da renderli visibili nonostante l'enorme distanza (miliardi di anni luce) che ci separa da loro. Uno dei quasar più famosi è 3C273. Sembra che l'enorme energia prodotta dai quasar sia di natura gravitazionale. Il modello più attendibile per la generazione di energia da parte di questi oggetti è quello di un enorme buco nero che si accresce a spese della massa di un disco di gas che gli gira intorno e che gli si precipita dentro in un moto a spirale.

Il motore energetico

Nessun altro corpo celeste emette potenze paragonabili a quelle prodotte dal motore dei quasar; nonostante ciò, gli astrofisici sono riusciti a costruire modelli matematici le cui previsioni si accordano con quanto osservato. Vediamo quanto gli studiosi sono riusciti a scoprire riguardo a queste misteriose macchine cosmiche.

I calcoli più recenti portano a ritenere che in alcuni quasar le dimensioni del generatore di energia siano inferiori a 0.1 anni luce. Il ragionamento che sta dietro a questa affermazione è che il generatore deve avere un diametro che corrisponde alla distanza percorsa dalla luce durante il tempo in cui avviene la variazione di luminosità. Infatti non sarebbe concepibile che le diverse parti di un quasar modificano la loro luminosità senza comunicare l'una con l'altra; d'altronde non esiste alcun segnale che possa propagarsi a una velocità superiore a quella della luce e nei casi indicati la variazione di luminosità avviene in un tempo pari o minore di un decimo di anno.

In alcuni casi, tuttavia, si sono osservate variazioni di luminosità di alcune settimane o anche di poche ore: i motori gravitazionali di questi quasar devono dunque essere più piccoli dello stesso nostro sistema solare!

Un'esplosione lunga 150 millenni

Ci si potrebbe aspettare che l'enorme quantità di energia prodotta nei quasar venga liberata in un tempo limitato, come in un'esplosione o in una fiammata, ma non è così. Si possono trovare quasar che "bruciano" ancora con la stessa intensità che presentavano in fotografie astronomiche di 90 anni fa. D'altra parte, nelle immagini del famoso quasar 3C273 si nota un getto di materia la cui espulsione deve essere cominciata almeno 150.000 anni fa. Per giustificare tali scale temporali serve qualcosa di più di un semplice generatore termonucleare.

Il disco di accrescimento

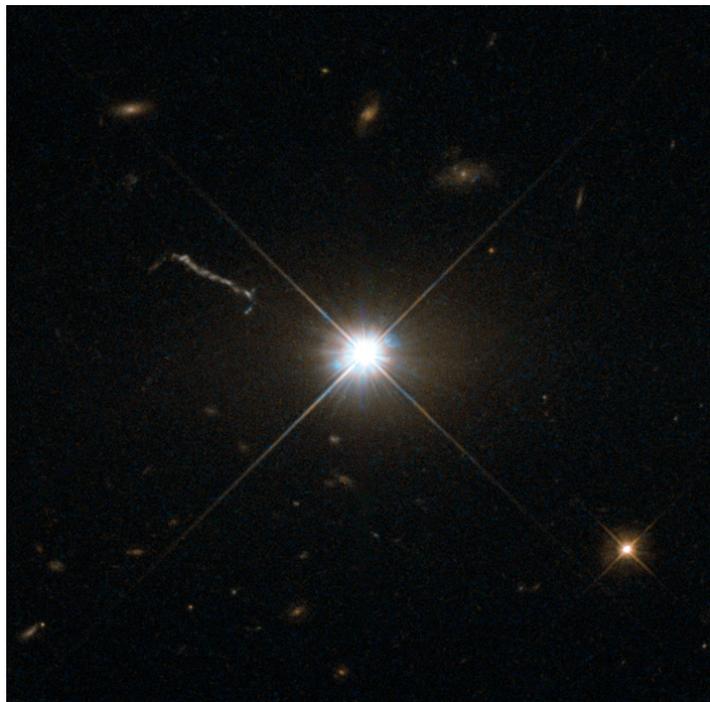
Tra i diversi modelli immaginati per giustificare la fonte di energia dei quasar (esclusa la possibilità dell'annichilazione di materia con antimateria) solo un'ipotesi sembra degna di attenzione: un enorme buco nero che si accresce a spese della materia circostante. Nel caso di

3C273, per esempio, un buco nero con massa pari a un miliardo di masse solari potrebbe rendere conto dell'enorme emissione di energia. Oggi la maggior parte degli astronomi è concorde nel ritenere che l'energia dei quasar provenga da un enorme disco di gas che ruota vorticosamente intorno a un gigantesco buco nero e vi si precipita dentro, accrescendolo continuamente. Appunto, il disco di accrescimento.

Energia gravitazionale

Sembra strano ma l'energia che si può liberare dal collasso gravitazionale di un corpo di grande massa è molto maggiore di quella che si libererebbe in una reazione termonucleare che coinvolga il corpo stesso. Consideriamo ad esempio la catena di reazioni che, nelle stelle, in ultima analisi trasforma l'idrogeno in ferro: tale catena libera un'energia pari a solo 0.008 volte le masse che vi prendono parte mentre un corpo di uguale massa che cadesse in un buco nero di grande massa libererebbe una quantità di energia 62 volte maggiore!

Molta più energia si produrrebbe se in un quasar vi fosse della materia che reagisse con dell'antimateria ma, per ora, nell'universo non sono stati osservati indizi dell'esistenza di antimateria in quantità rilevanti. Sembra quindi accertato che l'enorme energia prodotta dal motore dei quasar sia di origine gravitazionale; la stessa energia, quindi, che fa girare i pianeti attorno al Sole e, Isaac Newton insegna, fa cadere le mele dagli alberi!



3C273, il primo quasar ad essere scoperto (1963), in una fotografia ottenuta dallo Hubble Space Telescope. Il quasar, nella costellazione della Vergine, dista 2.4 miliardi di anni luce.



Rappresentazione artistica di un quasar, con il disco di accrescimento che alimenta il buco nero centrale, avente una massa dell'ordine dei miliardi di masse solari. Il disco di accrescimento alimenta anche il potente getto di materia che scaturisce dal buco nero.

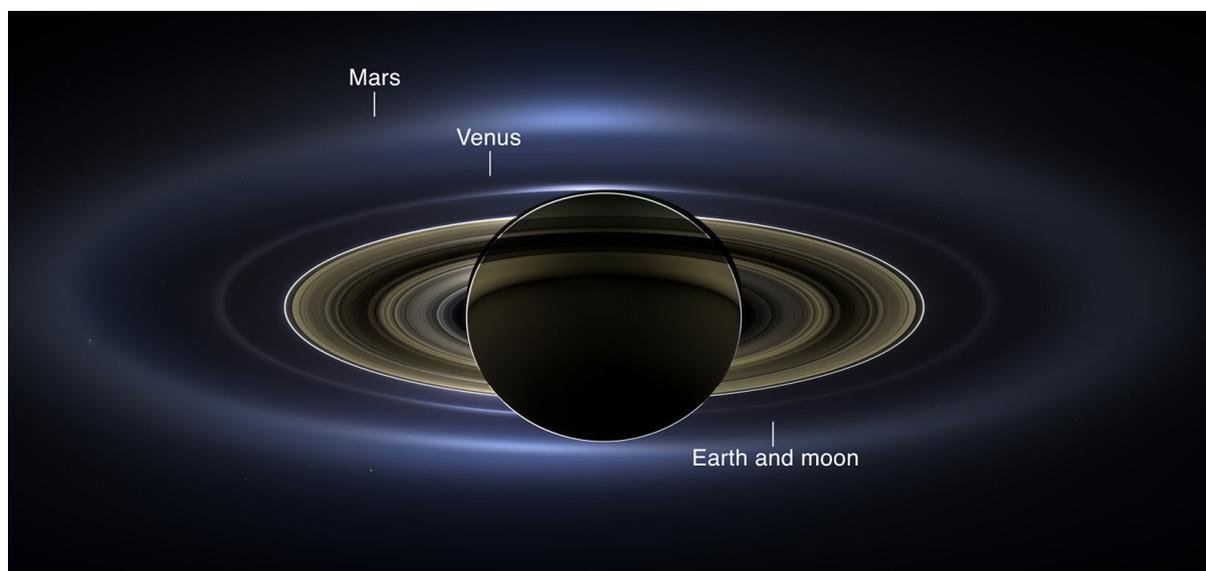
ASTRO NEWS

Cristiano Fumagalli

Ecco una delle immagini più iconiche di Cassini

La sonda Cassini (NASA) è passata nella zona d'ombra di Saturno il 19 luglio 2013, catturando questo straordinario scatto denominato "Il giorno in cui la terra sorrise", un mosaico creato da 141 immagini della sonda. In esso possiamo vedere il lato notturno del pianeta, sette delle sue lune, i suoi anelli interni e, se guardate attentamente, il nostro pianeta natale. La Terra è appena sotto gli anelli sul lato destro dell'immagine!

Maggiori info alla pagina Facebook della Planetary Society.



(Immagine: NASA/JPL-Caltech/SSI)

Le inondazioni in Germania, Belgio e Paesi Bassi viste dallo spazio

Questa immagine radar utilizza le informazioni di due acquisizioni da Copernicus EU Sentinel-1 (3 luglio e 15 luglio 2021) per mostrare in rosso l'entità dell'inondazione (le aree inondate sono indicate come "flooded area").

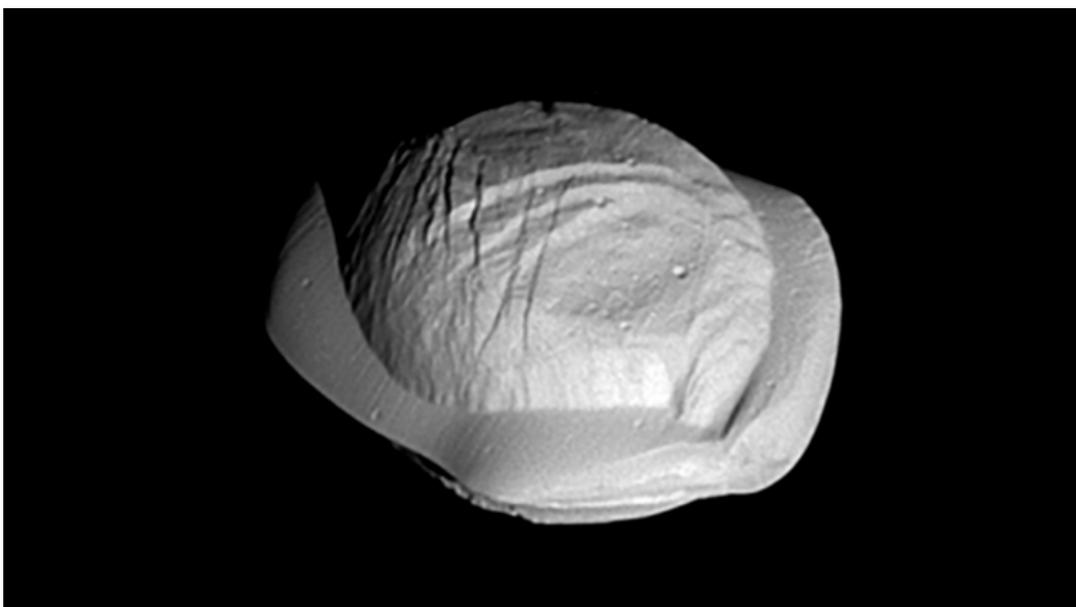
Maggiori info alla pagina Facebook dell'ESA (European Space Agency).



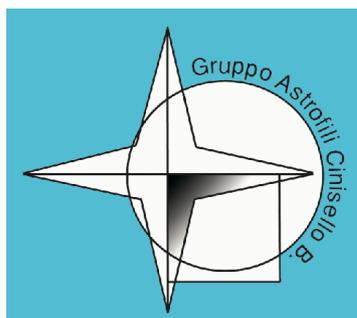
Una strana luna a... raviolo

Saturno ha molte fantastiche lune ma Pan è sicuramente una delle più particolari. Pan è la più interna delle sue lune conosciute. Orbita nella divisione di Encke, un'apertura di 325 km nell'anello A; la gravità di questa luna impedisce al divario di scomparire nel tempo. Parte del materiale dell'anello atterra sull'equatore di Pan mentre esso orbita, creando la sua caratteristica cresta a "raviolo".

Maggiori info alla pagina Facebook della Planetary Society.



(Immagine: NASA/JPL-Caltech/Istituto di scienze spaziali)



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>

Google: gacb_informa@googlegroups.com

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 - *Nino Ragusi*

Segretario - *Mauro Nardi*

Tesoriere - *Franco Vruna*

Consiglieri:

Stefano Spagocci

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*
