

A un passo da una nuova Terra

Due anelli per Chariklo

Pianeta X e sue varianti,
un mito infranto

Mojave Crater e l'origine
delle shergottiti

2012 VP₁₁₃ è più lontano di Sedna

Detriti planetari sulle nane bianche

Astrofilo

L'Astrofilo moltiplica i suoi lettori

Cari Lettori,

se ci seguite con sufficiente attenzione, avrete notato che a fine febbraio siamo usciti con il numero bimestrale di marzo-aprile e che nei primi mesi dell'anno abbiamo pubblicato alcuni articoli in versione inglese. L'una e l'altra cosa ci sono servite per testare e dare una periodicità sostenibile alla novità editoriale che prende il via con questo numero di maggio-giugno e che consiste nella pubblicazione integrale della **versione inglese de l'Astrofilo** (ovviamente in aggiunta a quella italiana).

Avremmo potuto chiamarla *Astrophil* (o *Astrophile*), termine utilizzato nella letteratura britannica già alla fine del Millecinquecento, quindi ben prima dell'invenzione del telescopio, all'esclusivo uso del quale c'è ancora chi continua ad associare il sostantivo "astrofilo". Abbiamo invece trovato più efficace e diretto un nome come **Free Astronomy Magazine**, rivista gratuita di astronomia, che dice tutto.

Questo nuovo strumento permetterà a noi e ai nostri sponsor di farci conoscere ovunque ci siano astrofili (e non solo astrofili) collegati al web, e rende ancor più incolmabile il vantaggio che abbiamo nella divulgazione dell'astronomia al grande pubblico rispetto alle realtà editoriali vecchia maniera.

Per la prima volta una rivista italiana di astronomia varca i confini nazionali e si offre al mondo, senza chiedere nulla in cambio, se non di essere letta (o almeno sfogliata). Finora era successo solo il contrario, ossia riviste in inglese vendute (a caro prezzo) in Italia o tradotte in italiano, ma la congiuntura fra crisi economica globale e crisi editoriale sta seriamente minando anche quei canali. Forse qualcuno ricorderà il tentativo di qualche anno fa, da parte di un grande gruppo editoriale, di inserire sul mercato la versione italiana di una nota rivista tedesca di astronomia. Un solo numero in edicola e poi stop. Il XX secolo è finito da un pezzo e forse se n'è accorto anche chi più recentemente ha tentato di avviare un progetto per certi versi simile a l'Astrofilo (ma con obiettivi surreali), avvicinandosi alla situazione attuale con un fare anni '80. Zero numeri pubblicati.

Il mercato muta sempre più rapidamente, ma grazie al cielo (o più probabilmente all'esperienza) sappiamo quale strada seguire senza doverlo chiedere ai lettori, perché succede anche questo, come se un tassista chiedesse ai suoi clienti se svoltare a destra, a sinistra o andare dritto. Che cosa consigliereste a quel tassista?

Le soluzioni ai problemi creati dal particolare periodo che vive l'editoria esistono già, tutto sta nel saperle adattare alle singole situazioni, ma non tutti fanno o possono farlo. Per quanto ci riguarda, le nostre scelte ci hanno portato a creare una rivista che, nel suo piccolo, non ci risulta avere eguali sul web e che con la versione inglese raggiunge il suo apice evolutivo. Si può fare di più? Si può sempre migliorare, ma si può fare anche molto peggio, come altre realtà continuano a dimostrare.

Concludendo, teniamo a sottolineare che per le traduzioni ci avvaliamo dell'esperienza pluridecennale nel settore editoriale di un team madrelingua. Free Astronomy Magazine può pertanto essere considerato un valido strumento anche per quegli italiani che per vari motivi trovano utile unire astronomia e lingua inglese, pensiamo ad esempio agli studenti dei licei scientifici o a chi, più in generale, svolge attività divulgative e didattiche in questo settore.

E ora buona lettura o, se preferite, have a nice read!

Michele Ferrara



Direttore Responsabile
Michele Ferrara

Consulente Scientifico
Prof. Enrico Maria Corsini

Editore
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo - BS
email admin@astropublishing.com

Distribuzione
Gratuita a mezzo Internet

Internet Service Provider
Aruba S.p.A.
Loc. Palazzetto, 4 - 52011 Bibbiena - AR

Registrazione
Tribunale di Brescia
numero di registro 51 del 19/11/2008

Copyright
I diritti di proprietà intellettuale di tutti i testi, le immagini e altri materiali contenuti nella rivista sono di proprietà dell'editore o sono inclusi con il permesso del relativo proprietario. Non è consentita la riproduzione di nessuna parte della rivista, sotto nessuna forma, senza l'autorizzazione scritta dell'editore. L'editore si rende disponibile con gli aventi diritto per eventuale materiale non identificato.

The publisher makes available itself with having rights for possible not characterized iconographic sources.

Pubblicità - Advertising
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo - BS
email info@astropublishing.com

S O M M A R I O



A un passo da una nuova Terra

Per la prima volta è stata confermata l'esistenza di un pianeta grande come la Terra, con un'orbita completamente interna alla zona abitabile della sua stella. Non sappiamo se possiede un'atmosfera e se la sua superficie può risultare favorevole all'insediamento della vita, ma la sua scoperta rappresenta comunque...

a pagina 4



Mojave Crater e l'origine delle shergottiti

Secondo alcuni ricercatori, circa 3 milioni di anni fa un piccolo asteroide sbatteva contro la superficie di Marte, creando un grande cratere e scagliando nello spazio rocce di varie dimensioni. Parte di esse hanno finito col cadere sulla Terra e una volta recuperate e analizzate sono state catalogate come...

a pagina 12



Due anelli per Chariklo

È definitivamente tramontata l'idea di un sistema solare statico, con pianeti e asteroidi che non si sono mai spostati significativamente dalle orbite che descrivono oggi. Un nuovo studio basato sulle proprietà mineralogiche degli asteroidi rivela che, al contrario, il sistema solare fu...

a pagina 20



Pianeta X e sue varianti, un mito infranto

Le più recenti mappature infrarosse del cielo hanno confermato che non esiste alcun pianeta di massa rilevante con orbita compresa fra quella di Nettuno e la Nube di Oort. Tra le migliaia di nuovi oggetti scoperti nei dintorni del Sole, nessuno corrisponde al pianeta X o a una sua variante.

a pagina 28



Detriti planetari sulle nane bianche

La presenza di metalli nelle atmosfere delle nane bianche è stata per decenni un argomento ostico per i ricercatori, che non riuscivano a interpretare le abbondanze osservate. La soluzione stava nel considerare una diversa provenienza di quei metalli, che secondo un recente lavoro è da mettere in relazione con...

a pagina 34



2012 VP₁₁₃ è più lontano di Sedna

La scoperta di un pianeta nano più piccolo ma più lontano di Sedna allarga i confini del sistema planetario fino a 80 unità astronomiche dal Sole. Ma ciò che è più interessante, un parametro dell'orbita di quel nuovo pianeta nano sembra indicare l'esistenza di una super-Terra a una distanza ancora più grande.

a pagina 40

A un passo una nuova Terra

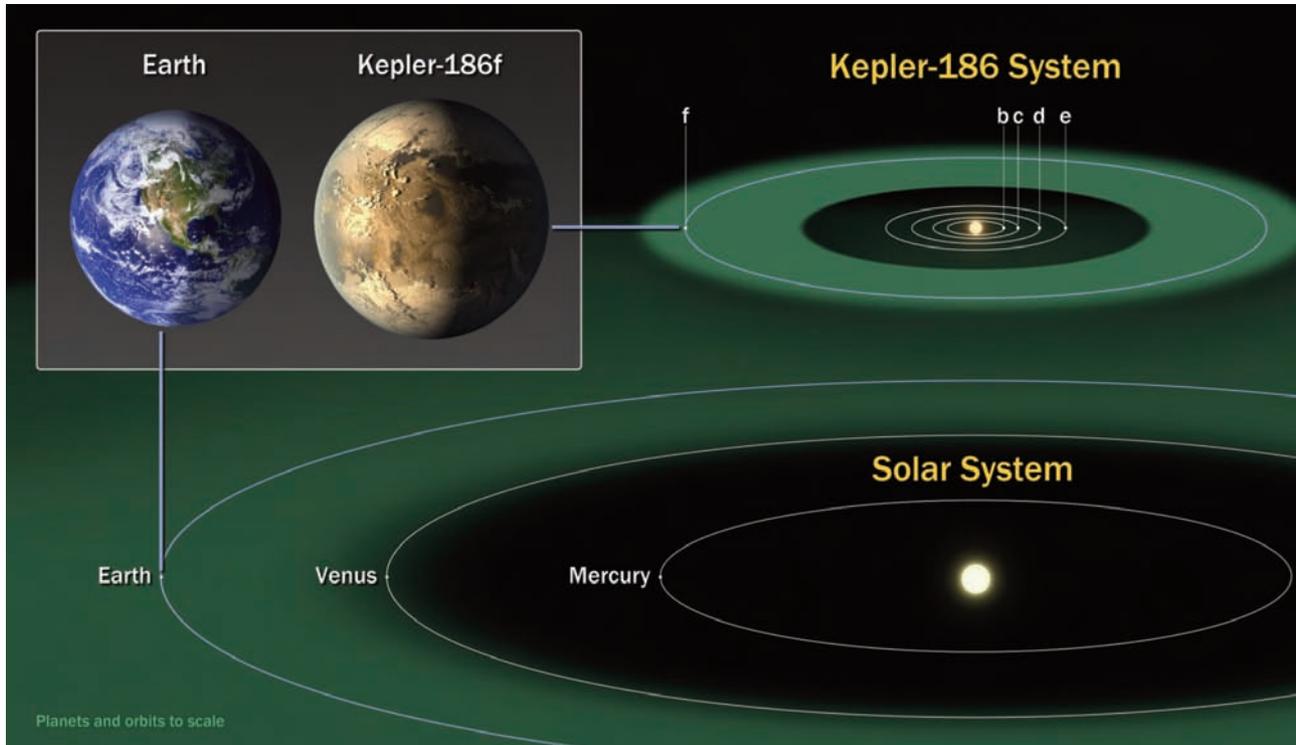
Per la prima volta è stata confermata l'esistenza di un pianeta grande come la Terra, con un'orbita completamente interna alla zona abitabile della sua stella. Non sappiamo se possiede un'atmosfera e se la sua superficie può risultare favorevole all'insediamento della vita, ma la sua scoperta rappresenta comunque una tappa fondamentale nella ricerca di altre Terre.

da

Gli astronomi hanno conseguito un altro risultato storico nel lungo percorso che li sta conducendo verso la scoperta di un pianeta extrasolare con caratteristiche del tutto simili a quelle della Terra. Quel passo consiste nella conferma dell'esistenza di un pianeta di taglia terrestre, collocato nella zona abitabile della sua stella. Le principali tappe di avvicinamento a questo straordinario traguardo erano state, a partire dagli anni '90, la scoperta dei primi pianeti attorno a stelle diverse dal Sole, la scoperta di pianeti giganti nelle zone abitabili di quelle stelle, la scoperta di super-Terre fuori e dentro le zone abitabili, la scoperta di pianeti di taglia terrestre e anche più piccoli all'esterno delle zone abitabili e ora la scoperta di una potenziale nuova Terra. Ci sono voluti oltre 20 anni per compiere il tragitto che ci ha portato dal credere forse unico il nostro sistema planetario, alla consapevolezza che potrebbero esistere milioni di pianeti come la Terra solo nella nostra galassia. Fino ad oggi, grazie soprattutto al telescopio spaziale Kepler, gli astronomi hanno individuato oltre 3800 candidati pianeti, dei quali quasi 1800 sono già stati confermati. Fra questi c'è Kepler-186f, il pianeta che rappresenta l'ultimo gradino che precede la scoperta di una sempre più possibile "Terra-2".



Sullo sfondo, una fantastica visione del sistema di Kepler-186, con in primo piano il pianeta di taglia terrestre Kepler-186f. Nel video qui sopra abbiamo una ricostruzione animata di quel lontano sistema planetario, con le orbite dei 4 pianeti più interni e una rappresentazione del possibile aspetto di Kepler-186f. [NASA Ames/SETI Institute/JPL-Caltech]



Quel pianeta orbita attorno a Kepler-186 (una delle oltre 156.000 stelle monitorate per anni da Kepler), nota anche con le sigle KIC 8120608, KOI 571 e 2MASS J19543665 +4357180 (le sue coordinate in cielo). Si tratta di una nana rossa di tipo spettrale M1, con diametro di circa 660.000 km (il 47% di quello del Sole), temperatura superficiale di quasi 3.800 kelvin e un'abbondanza di ferro che è la metà di quella del Sole. Kepler-186 è situata a 492 anni luce di distanza dalla Terra, si trova nella costellazione del Cigno e appare di magnitudine 14,9 (nell'estremo rosso dello spettro visibile, mentre nell'infrarosso arriva alla magnitudine 11-12). Le nane rosse sono stelle molto comuni, costituiscono infatti i 3/4 della popolazione stellare della nostra galassia (e forse dell'intero universo) e sono un target ideale nella ri-

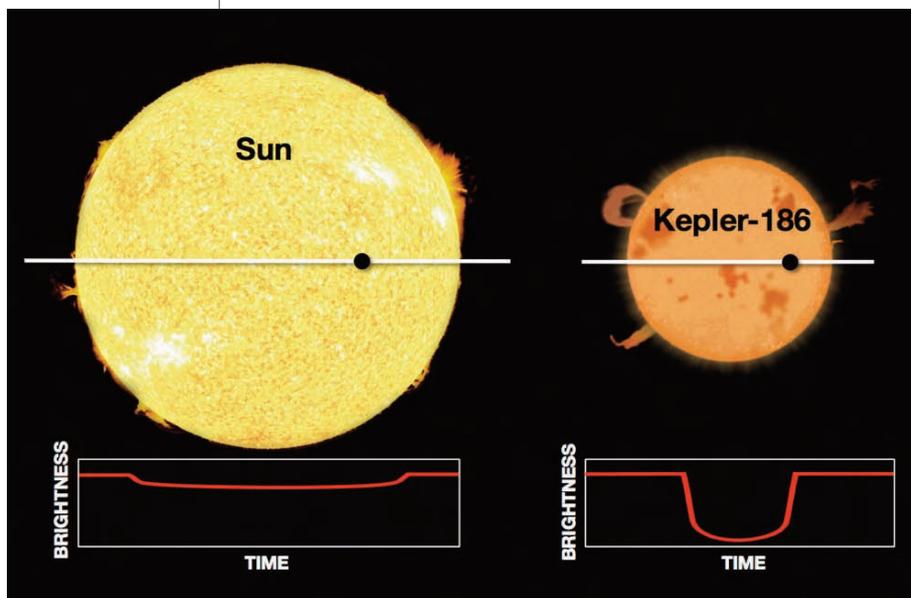
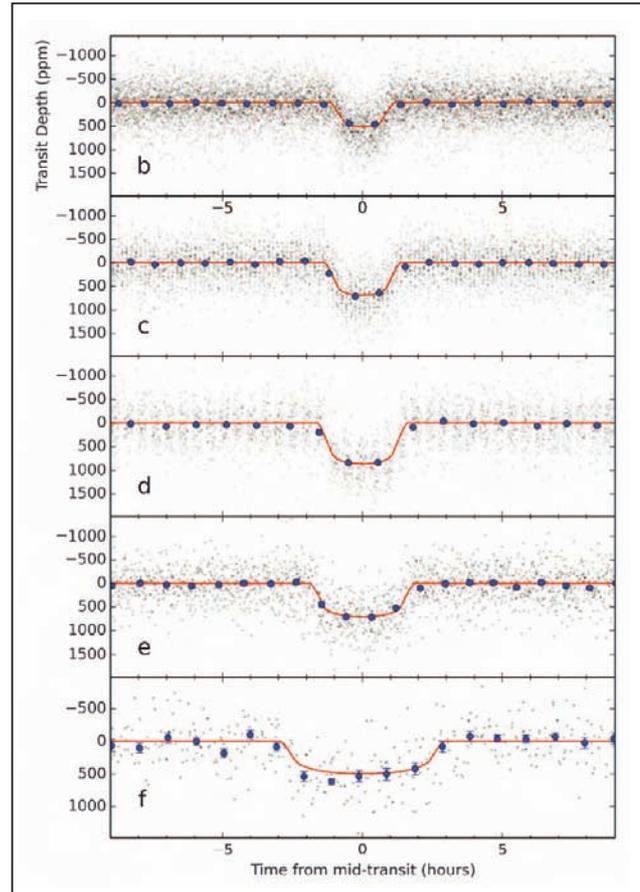
cerca di pianeti simili al nostro. Questo per vari motivi: le loro zone abitabili sono più interne e piccole di quelle di stelle come il Sole e di massa maggiore, e quindi i pianeti più interessanti transitano più spesso sul disco stellare, accorciando i tempi della loro individuazione; inoltre il rapporto fra diametro della stella e diametro dei pianeti è più favorevole che in altri casi, e pertanto la caduta di luce durante i transiti è più evi-



Comparazione fra le dimensioni della Terra e di Kepler-186f, e fra le dimensioni del sistema planetario di Kepler-186 con quelle del nostro sistema solare interno. Tutti gli elementi sono in scala. L'orbita di Kepler-186f è ampia quanto quella di Mercurio. A sinistra, un'animazione che mostra gli effetti di un transito planetario. [NASA Ames/SETI Institute/JPL-Caltech]

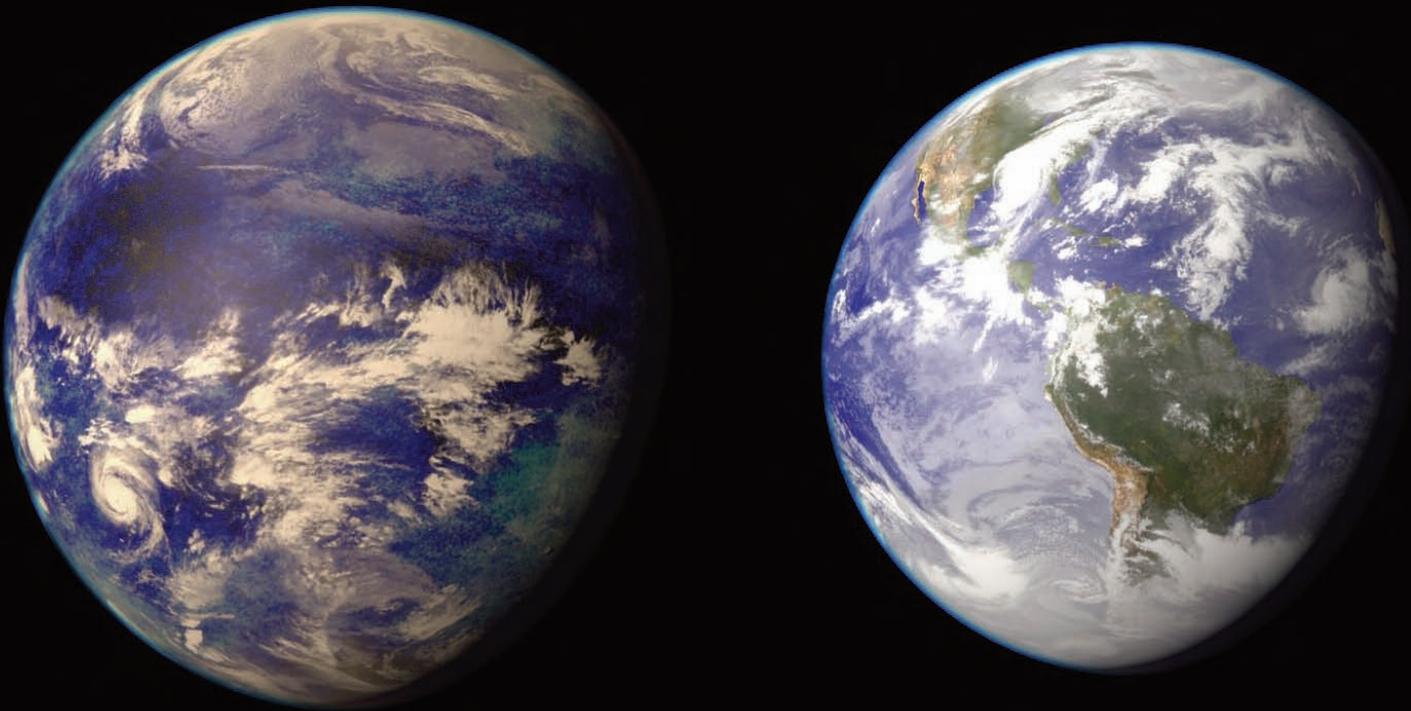
I grafico evidenzia i segnali dei 5 pianeti scoperti attorno a Kepler-186. I puntini grigi sono le singole misurazioni fotometriche, i punti blu le mediane e le linee continue rosse le curve di luce teoriche più probabili. L'oscureamento della stella è dato in parti per milione (ppm). [E. Quintana et al.]
Sotto, confronto fra il transito della Terra sul Sole e di Kepler-186f sulla sua stella: la seconda è circa 4 volte più profonda ed è quindi più facile da rilevare. [Wendy Stenzel]

dente; infine, la ridotta massa stellare può agevolare la rilevazione di eventuali variazioni nella velocità radiale, che permettono di risalire alla massa del pianeta. Per quanto diverse dal Sole, non è dunque un caso che anche un nutrito campione di nane rosse sia stato inserito fra gli astri da tenere sotto controllo con Kepler. Una di quelle nane rosse era appunto Kepler-186, che nei primi due anni di costante monitoraggio fotometrico (una misurazione ogni 29,4 minuti) ha mostrato ben 4 distinte serie di transiti, che gli astronomi hanno attribuito ad altrettanti pianeti, designati Kepler-186b, Kepler-186c, Kepler-186d, Kepler-186e (la lettera "a" non viene usata per i pianeti in quanto identifica la stella) e aventi periodi orbitali compresi fra 3,9 e 22,4 giorni. Tempi di rivoluzione così rapidi sono indicativi di brevi distanze dalla nana rossa (nella fattispecie, fra 5 e 19 milioni di km) e quindi di temperature superficiali ben più elevate di quelle terrestri. Nessuno di quei 4 pianeti può

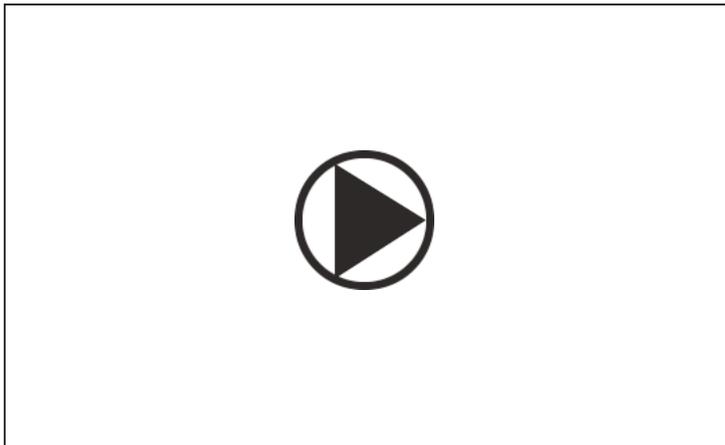


dunque essere considerato un analogo della Terra, sebbene le loro dimensioni siano decisamente interessanti, avendo tutti diametro inferiore a 1,5 diametri terrestri, con uno, il "b", che addirittura ha un diametro di appena l'8% superiore a quello del nostro pianeta.

Ma ecco che alla fine del terzo anno di monitoraggio di quel lontano sistema planetario, gli astronomi possono ufficializzare l'esistenza di un quinto pianeta, designato Kepler-186f, che risulta transitare sul disco della piccola stella ogni 129,9 giorni e avere una distanza media dalla medesima di 58,7 milioni di km. Quella distanza lo pone entro il limite esterno della zo-



na abitabile, che nel caso specifico di quella stella si estende da 32,9 a 59,8 milioni di km. Dall'attenuazione della luce stellare durante il transito di Kepler-186f viene calcolato per il pianeta un diametro 1,11 volte superiore a quello terrestre, quindi 14160 km, con un possibile margine di errore di ± 1800 (potrebbe dunque essere esattamente grande quanto la Terra). Come per tutti i candidati pianeti scoperti da Kepler, anche per il quinto pianeta di Kepler-186 è stato necessario procedere a verifiche dal suolo, con telescopi in grado di escludere qualunque interpretazione alternativa al transito planetario, relativamente alla curva di luce osservata.



Di quelle verifiche si sono occupati una ventina di ricercatori, coordinati da Elisa Quintana (SETI Institute e NASA Ames Research Center), che si sono avvalsi di due strumenti di punta della ricerca astronomica, il Gemini North telescope (8 metri di diametro) e il Keck II (10 metri di diametro), "vicini di cupola" sul Mauna Kea, alle Hawaii.

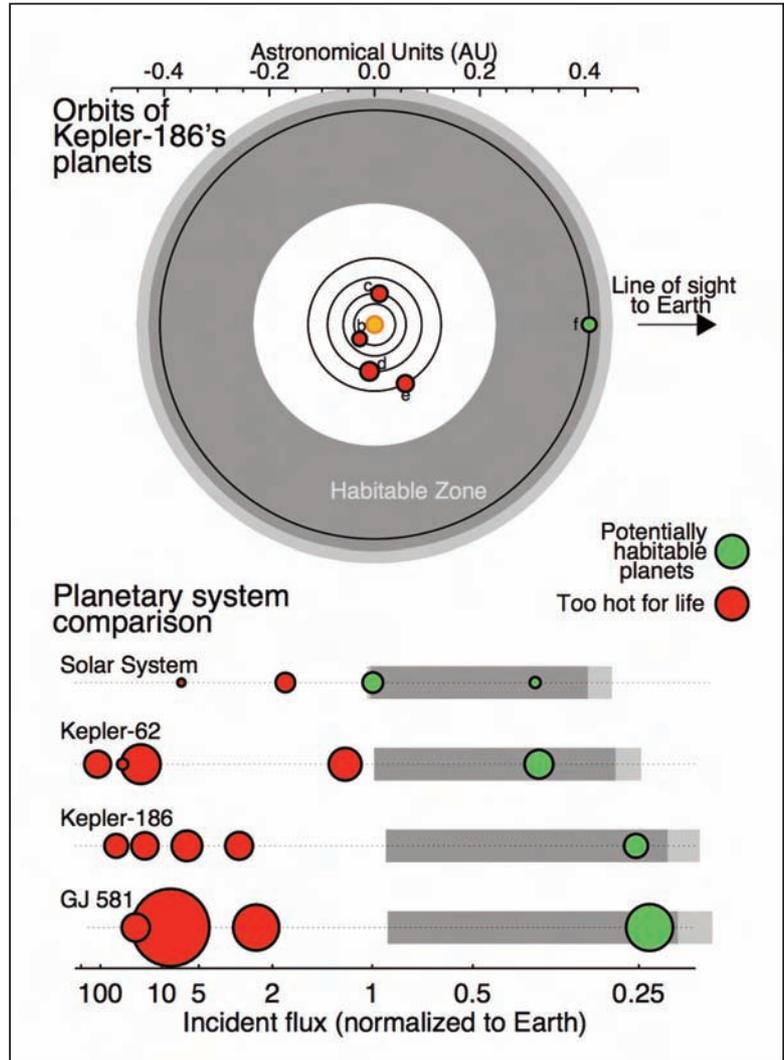
Poiché Kepler-186f non è sufficientemente massiccio da produrre effetti rilevabili sulla velocità radiale della sua stella, e nemmeno in grado di perturbare dinamicamente i 4 pianeti più interni, il team di Quintana poteva solo dimostrare l'effettiva esistenza di quel pianeta escludendo l'esistenza di altri

oggetti in grado di produrre la medesima curva di luce. Sfortunatamente, nessun telescopio è oggi abbastanza potente da mostrare direttamente un pianeta di taglia terrestre a una così breve distanza da una nana rossa, però è possibile verificare se ci sono altre piccole e ancora più deboli stelle, prospettivamente vicinissime a Kepler-186, in grado di "imitare" gli effetti di

Se Kepler-186f avesse un'atmosfera paragonabile a quella della Terra, apparirebbe complessivamente molto simile a quest'ultima. Nel confronto qui sopra il nuovo pianeta viene immaginato con ampi e profondi oceani. [PHL/UPR Arcicibo, NASA] Nell'animazione a fianco si nota come, visti dalla Terra, i transiti dei 5 pianeti di Kepler-186 alterano la curva di luce della stella. [Gemini Obs./ E. Quintana et al.]

Lo schema a fianco, oltre a dare una scala delle orbite dei pianeti di Kepler-186, mette a confronto le zone abitabili (in grigio) di quattro sistemi planetari, indicando la quantità di energia ricevuta dai vari pianeti (Terra=1). [S. Raymond, E. Bolmont et al.] Sotto, Elisa Quintana, l'astrofisica che con una ventina di colleghi ha confermato l'esistenza di Kepler-186f. I risultati del lavoro sono stati pubblicati in aprile su Science.

un transito planetario. In particolare bisogna poter scartare la possibilità che una stella compagna eclissi molto parzialmente la primaria, oppure che una stella variabile di sfondo contami la curva di luce di Kepler-186. Proprio per fugare qualunque dubbio, il team di Quintana ha compiuto osservazioni ad altissima risoluzione spaziale negli immediati dintorni della nana rossa. Utilizzando la tecnica dello "speckle imaging" con Gemini, sono riusciti a spingersi nel visibile fino a 4,2 unità astronomiche verso la stella senza trovare al-



cun oggetto sospetto, un risultato raggiunto anche nell'infrarosso con il Keck II (dotato della Natural Guide Star Adaptive Optics system e della Near-Infrared Camera 2). Le immagini ottenute con quei due telescopi hanno permesso di concludere che ci sono 99,98 probabilità su 100 che Kepler-186f esi-

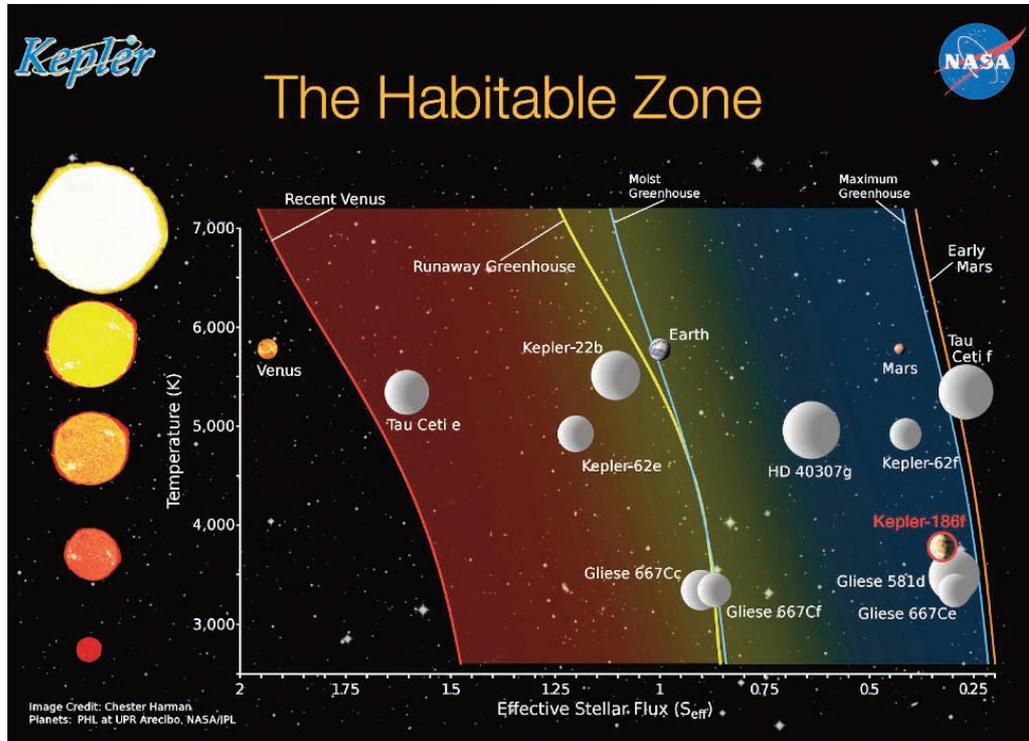
sta davvero. Il restante 0,02% è la probabilità che esista una piccolissima stella compagna tra 1,4 e 4,2 unità astronomiche da Kepler-186. A meno di 1,4 UA non può esserci nulla di rilevante perché il sistema planetario non sarebbe stabile come appare, una stabilità che perdura da diversi miliardi di anni (8-10 e forse più). Appurato che Kepler-186f esiste, i ricercatori hanno tentato di capire fino a che punto è simile alla Terra. La sua collocazione verso il margine esterno della zona abitabile gli garantisce circa 1/3 del flusso energetico che il nostro pianeta riceve dal Sole; non è molto ma è sufficiente a mantenere

liquida l'eventuale acqua presente sulla sua superficie, almeno nelle regioni più miti e durante i periodi di massima insolazione. (Si consideri che attorno a mezzogiorno Kepler-186 è luminosa nel cielo di Kepler-186f quanto lo è il Sole nei nostri tramonti.) Una temperatura favorevole al suolo e la conseguente presenza di acqua liquida sono però fortemente dipendenti dall'esposizione, dalla composizione e dallo spessore di un'atmosfera, sulla cui possibile esistenza non sappiamo nulla. I modelli sull'evoluzione termica dei pianeti prevedono che

un oggetto con diametro inferiore a 1,5 diametri terrestri ha pochissime probabilità di conservare a lungo un'atmosfera dominata da idrogeno ed elio. Alla distanza di Kepler-186f, questi elementi evaporerebbero nelle prime fasi di esistenza di una nana rossa, dato che quelle stelle vanno soggette a un'attività superficiale molto vivace ed emettono intensi flussi di raggi ultravioletti. È pertanto verosimile che Kepler-186f abbia conservato un'atmosfera non eccessivamente dissimile da quella della Terra. Più difficile è invece fare valutazioni sulla massa di quel pianeta, che può solo essere stimata entro un ampio range di valori, che ha come estremi una composizione esclusivamente a base di acqua e una composizione di puro ferro. Nel primo caso Kepler-186f avrebbe una massa pari a 1/3 di quella terrestre, mentre nel secondo caso peserebbe quasi quanto 4 Terre.

Se, come sembra più ragionevole, il pianeta dovesse avere una composizione più vicina a quella dei pianeti rocciosi del nostro sistema solare (circa 2/3 di silicati, 1/3 di ferro-nichel, tracce di acqua e altri elementi), la

The Habitable Zone



sua massa non dovrebbe discostarsi troppo da 1,44 masse terrestri. Da tutto ciò a ipotizzare che Kepler-186f possa essere un luogo adatto alla vita il passo è lungo, perché numerosissimi altri fattori a noi sconosciuti possono intervenire a peggiorare radicalmente lo scenario. Non sappiamo ad esempio se il pianeta ruota sul proprio asse o se mostra sempre lo stesso emisfero alla sua stella, come molto probabilmente fanno gli altri pianeti di Kepler-186. Non sappiamo nemmeno se possiede un campo magnetico in grado di proteggere un'eventuale biosfera dalle radiazioni cosmiche. Di fatto sappiamo solo che Kepler-186f esiste, che orbita in una regione favorevole e che ha dimensioni terrestri.

Nonostante queste poche cose note, la sua scoperta è il passo più importante che potesse ancora essere fatto verso la scoperta di una seconda Terra, e quando nei prossimi anni gli strumenti a disposizione degli astronomi consentiranno di indagare direttamente la sua atmosfera e quelle di pianeti analoghi sapremo se e quanto quegli ambienti sono vivibili. ■

Fra i quasi 1800 esopianeti già confermati, solo una manciata hanno dimensioni non troppo dissimili da quelle della Terra e orbitano nella zona abitabile delle loro stelle. Questo diagramma li mostra in base a dimensioni, distanza dalle stelle ed energia ricevuta dalle medesime (Terra=1). [Chester Harman, PHL/UPR Arecibo, NASA/JPL]

A white document icon with a red tab at the top left containing the text 'SWF' in white. The main body of the document is white and features a large red stylized 'F' logo. Below the logo is the text 'TM'.

SWF



For a correct display of our magazine on iPads and Android tablets we recommend
Puffin Web Browser
www.puffinbrowser.com

Mojave Crater delle shergo

Secondo alcuni ricercatori, circa 3 milioni di anni fa un piccolo asteroide sbatteva contro la superficie di Marte, creando un grande cratere e scagliando nello spazio rocce di varie dimensioni. Parte di esse hanno finito col cadere sulla Terra e una volta recuperate e analizzate sono state catalogate come shergottiti. Fino a che punto questo scenario è realistico?

Poco a nord-est di Meridian Planum, dove una decina di anni fa atterrò il rover Opportunity, c'è un grande cratere da impatto denominato Mojave. Ha una forma leggermente ovale, da bordo a bordo misura fra i 55 e i 60 km e raggiunge una profondità di circa 2600 metri. È dunque una struttura di rilevanti dimensioni, originata dalla caduta ad altissima velocità di un asteroide di alcuni chilometri di diametro. Posto 7,5° sopra l'equatore marziano, il Mojave Crater appartiene alla regione chiamata Xanthe Terra, caratterizzata dalla confluenza di due giganteschi canali creati da flussi di ma-

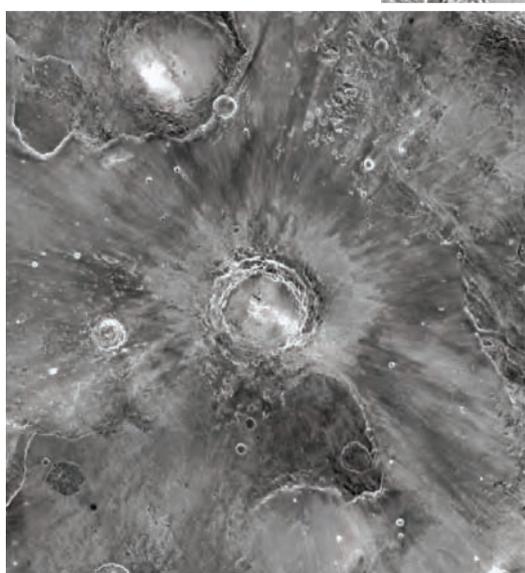
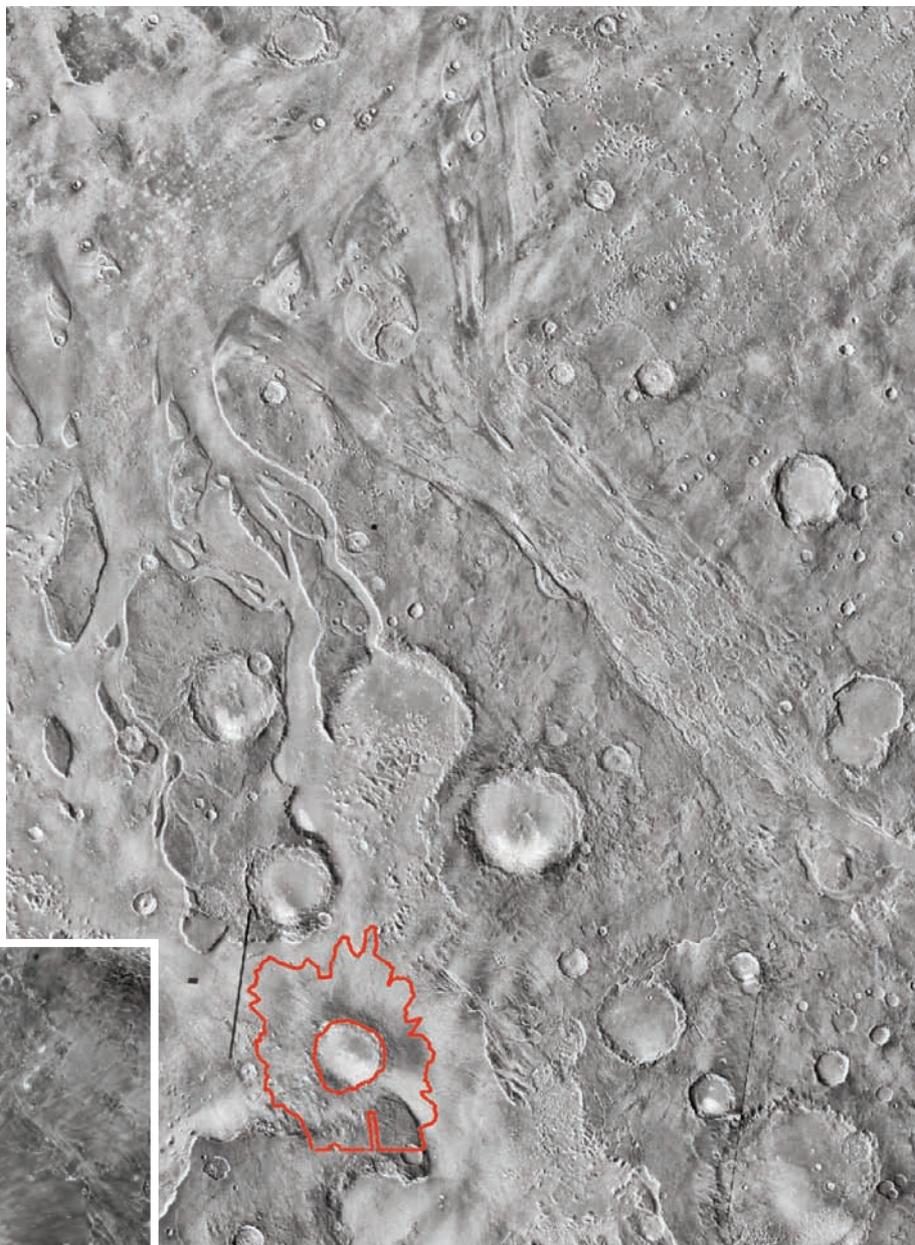
er e l'origine ttiti

Sullo sfondo e nel video a fianco, una simulazione del Mojave Crater basata su immagini del Mars Reconnaissance Orbiter, elaborate in 3D grazie all'effetto stereoscopico offerto da diversi angoli di ripresa. [NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona]



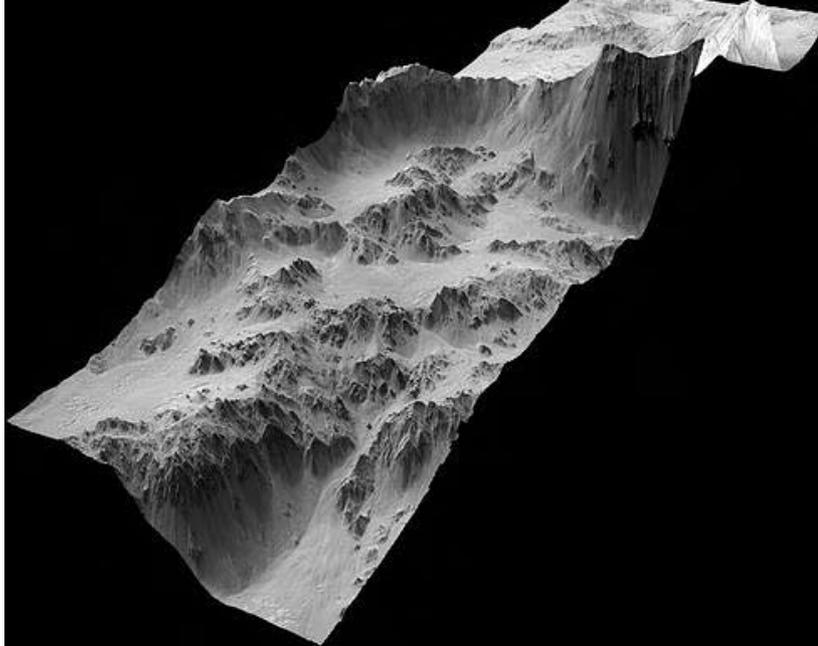
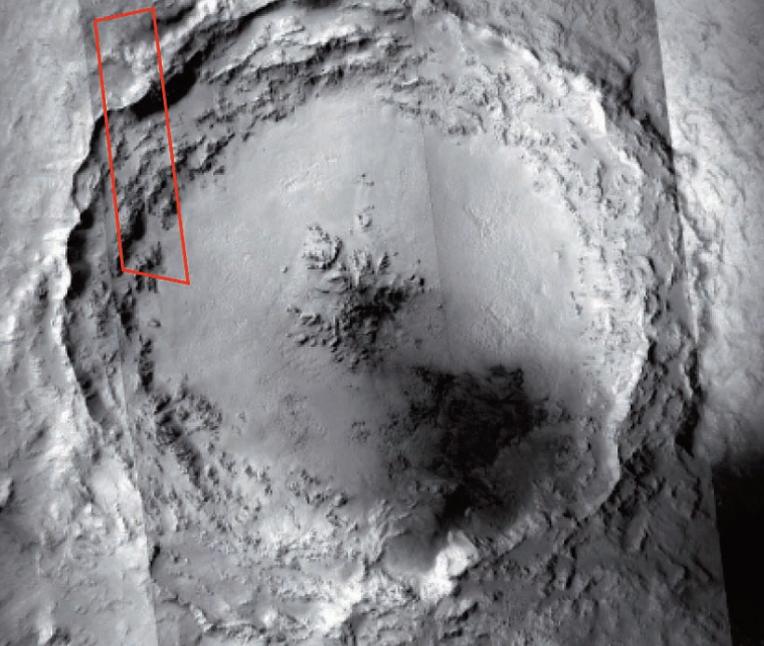
teriale liquido, Simud Vallis e Tiu Vallis. Il cratere si trova pertanto in un contesto geologico di per sé interessante e la vistosa e ben conservata raggiera di ejecta che lo circonda suggerisce tempi di formazione relativamente recenti. L'intero scenario ha reso il Mojave Crater un ottimo candidato per uno studio condotto da Stephanie C. Werner (University of Oslo), Anouck Ody (Université de Lyon) e François Poulet (Université Paris Sud). L'obiettivo del lavoro dei tre

ricercatori era quello di scoprire la regione di provenienza di un ben noto gruppo di meteoriti marziane, le shergottiti. Assieme a nakhliti e chassigniti, le shergottiti compongono quel totale di oltre 140 campioni di rocce marziane oggi conosciute e attribuibili a 69 diversi episodi di impatto contro la superficie terrestre. Si tratta in tutti i casi di oggetti di piccole dimensioni (solo 3 campioni superano i 10 kg), ma sono nondimeno estremamente importanti per il fatto di rappresentare diversi istanti dell'evoluzione geologica di Marte. Per poter sfruttare al meglio quella testimonianza è però necessario conoscere il luogo preciso di origine del prezioso materiale roccioso. Bisogna in sostanza individuare un cratere da impatto con caratteristiche compatibili con le proprietà di determinate meteoriti marziane. Il punto di partenza è ovviamente analizzare le proprietà mineralogiche di queste ultime, cosa relativamente semplice avendole fisicamente a disposizione e potendole sottoporre a vari esami di laboratorio.



Dalle innumerevoli analisi degli ultimi decenni è emerso che quelle meteoriti sono quasi tutte mineralogicamente riconducibili ai tre gruppi sopra menzionati, che i $\frac{3}{4}$ di esse appartengono al gruppo delle shergottiti e che i tempi di permanenza del materiale roccioso originario nello spazio, prima della caduta sulla Terra, sono di circa 11 milioni di anni per nakhliti e chassigniti, e di

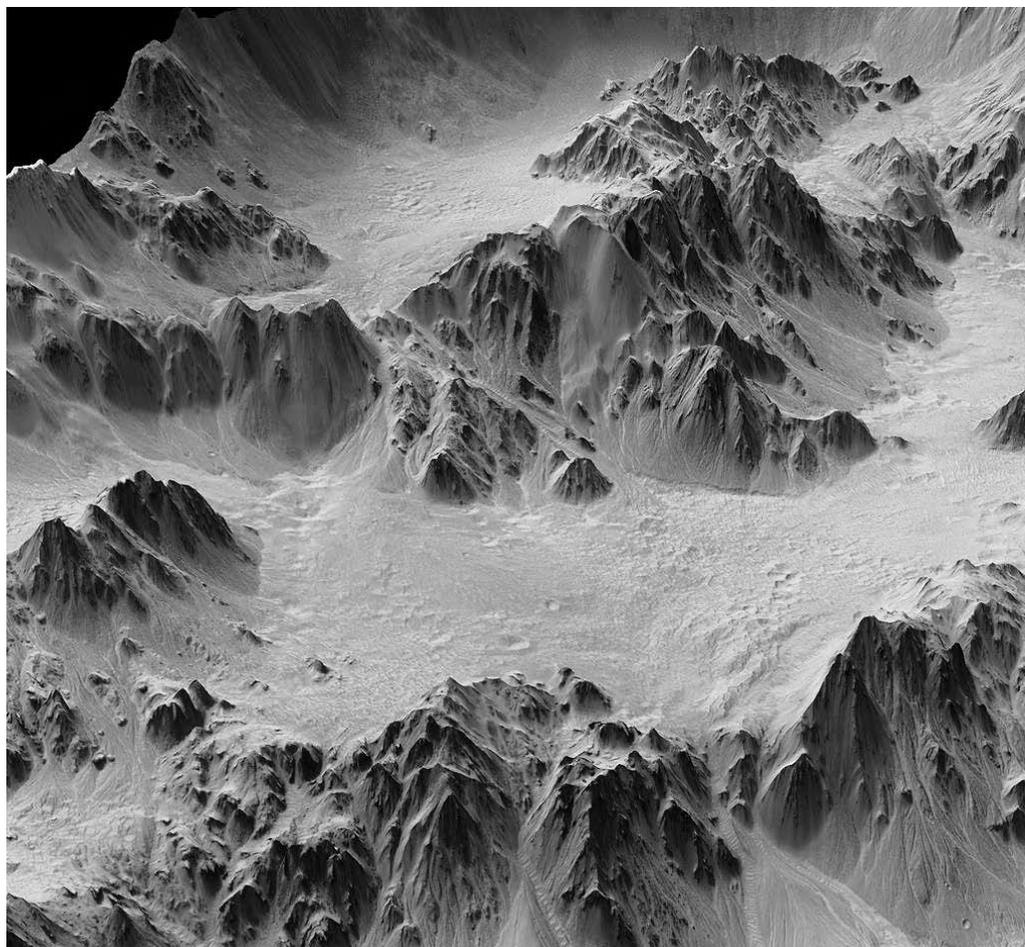
In queste immagini si apprezzano le caratteristiche morfologiche della raggiera di ejecta che circonda il Mojave Crater e il contesto in cui si estende.
[Science/AAAS]

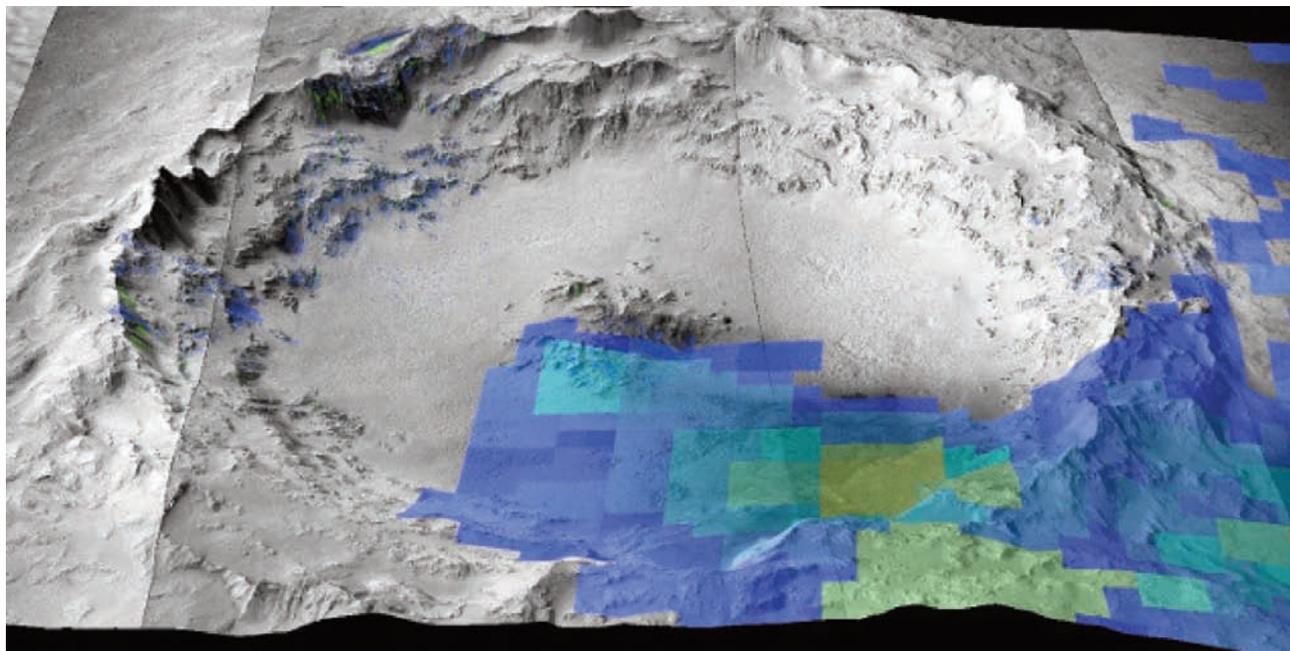


Impressionanti rappresentazioni in 3D della parte di bordo del Mojave Crater evidenziata nell'immagine in alto. Per accentuare i rilievi sono state esagerate le dimensioni verticali, moltiplicate per 3 rispetto a quelle orizzontali. Questi terreni potrebbero essere strettamente imparentati con le shergottiti. [NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona]

1-5 milioni di anni per le shergottiti. Poiché il tempo trascorso dalla caduta sulla Terra al loro ritrovamento si misura tutt'al più in migliaia di anni (le cadute precedenti sono irrimediabilmente perse) è chiaro che il tempo trascorso nello spazio, stimato dall'azione dei raggi cosmici sulle superfici esposte, è pressoché equivalente al tempo trascorso dall'impatto su Marte che scagliò quelle rocce nello spazio.

Werner e colleghi hanno proposto come fonte unica delle shergottiti il Mojave Crater, dopo un'accurata analisi del livello di craterizzazione dello strato di materiale lanciato tutto attorno (ejecta) e del pavimento interno. Applicando un modello sviluppato in seno al programma Apollo e adattato a corpi rocciosi diversi dalla Luna, i ricercatori hanno concluso che quel cratere deve essersi formato all'incirca 3 milioni di anni fa ed è



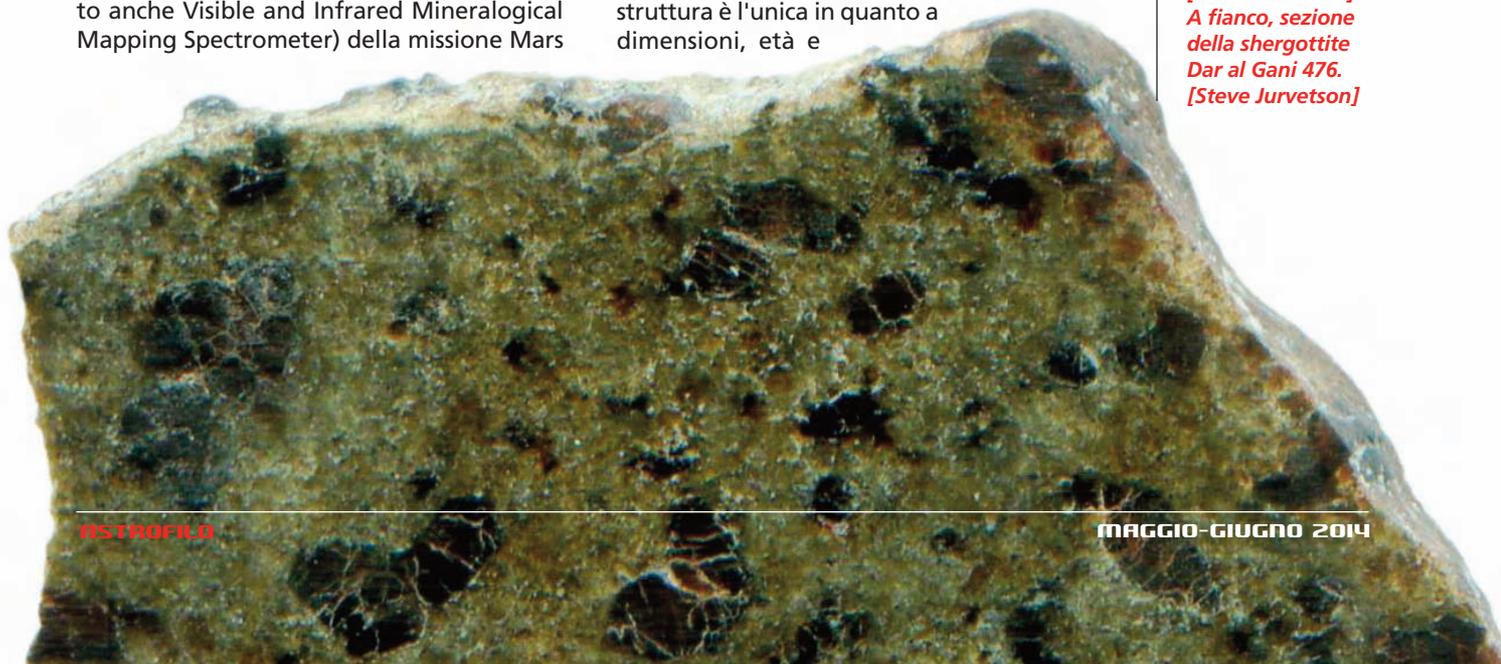


quindi compatibile con i tempi di origine delle shergottiti. Considerando inoltre che un impatto in grado di formare un cratere così grande è atteso mediamente su Marte ogni 35-50 milioni di anni, diventa assai improbabile l'esistenza di altri potenziali progenitori delle shergottiti, salvo dimostrare che anche impatti di gran lunga più modesti sono in grado di scagliare rocce nello spazio.

Una coincidenza di tempi comunque non basta, occorre dimostrare anche una corrispondenza mineralogica. Per perseguire questo obiettivo, il team di Werner ha analizzato i dati raccolti dallo strumento OMEGA (detto anche Visible and Infrared Mineralogical Mapping Spectrometer) della missione Mars

Express, e dallo strumento CRISM (da Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars) della missione Mars Reconnaissance Orbiter. Grazie alle osservazioni effettuate da questi due spettrometri all'interno del Mojave Crater, nonché lungo e attorno al suo ampio bordo perimetrale, è stato possibile rilevare la presenza di composti chimici che sono tipici delle shergottiti, come ad esempio pirosseni in generale e olivina in particolare. La corrispondenza fra le proporzioni e le abbondanze dei singoli composti sembrerebbe lasciare pochi dubbi sulla correlazione fra Mojave Crater e shergottiti. Di fatto quella struttura è l'unica in quanto a dimensioni, età e

I pixel colorati sovrapposti a questa immagine del Mojave Crater mostrano le regioni dove gli strumenti OMEGA e CRISM hanno rilevato le massime concentrazioni di pirosseni e olivina, compatibili per abbondanza con quelli contenuti nelle shergottiti. [C. Werner et al.] A fianco, sezione della shergottite Dar al Gani 476. [Steve Jurvetson]



Shergottiti rinvenute nella regione di Dar al Gani, in Libia. Le tipiche tonalità marroni-rossastre della superficie sono dovute al ferro ossidato contenuto nella mescola di minerali che le contraddistinguono. Le numerose inclusioni dall'aspetto nerastro sparse sulle superfici sono condrule. [Utas collection]

mineralogia che può essere candidata a luogo di origine delle shergottiti.

C'è però un problema tutt'altro che secondario ed è quello dell'età delle shergottiti, che risulta essere di gran lunga inferiore a quella dei terreni dai quali si sarebbero staccate. La regione di Xanthe Terra è infatti vecchia di 4,3 miliardi di anni, mentre la radiodattazione effettuata sui campioni di shergottiti disponibili (tutte rocce di origine vulcanica) fornisce età che si collocano fra i 150 e i 600



aver subito una specie di reset a seguito di forti riscaldamenti causati da precedenti impatti di piccoli asteroidi, oppure in seguito all'azione di flussi di acqua. A questo tipo di alterazioni risulterebbe ad esempio sensibile un minerale ferroso chiamato pirrotite, che è stato uno di quelli più utilizzati nella datazione delle shergottiti.

L'orologio isotopico potrebbe dunque essere stato riportato indietro, ma i dubbi rimangono. Secondo McEwen esistono altri crateri più adatti ad essere correlati alle shergottiti, ma resta da valutare se gli impatti che li hanno originati sono riusciti a trasferire alle rocce superficiali un'energia sufficiente ad accelerarle alla velocità di fuga dal pianeta, ovvero oltre 5 km/s.

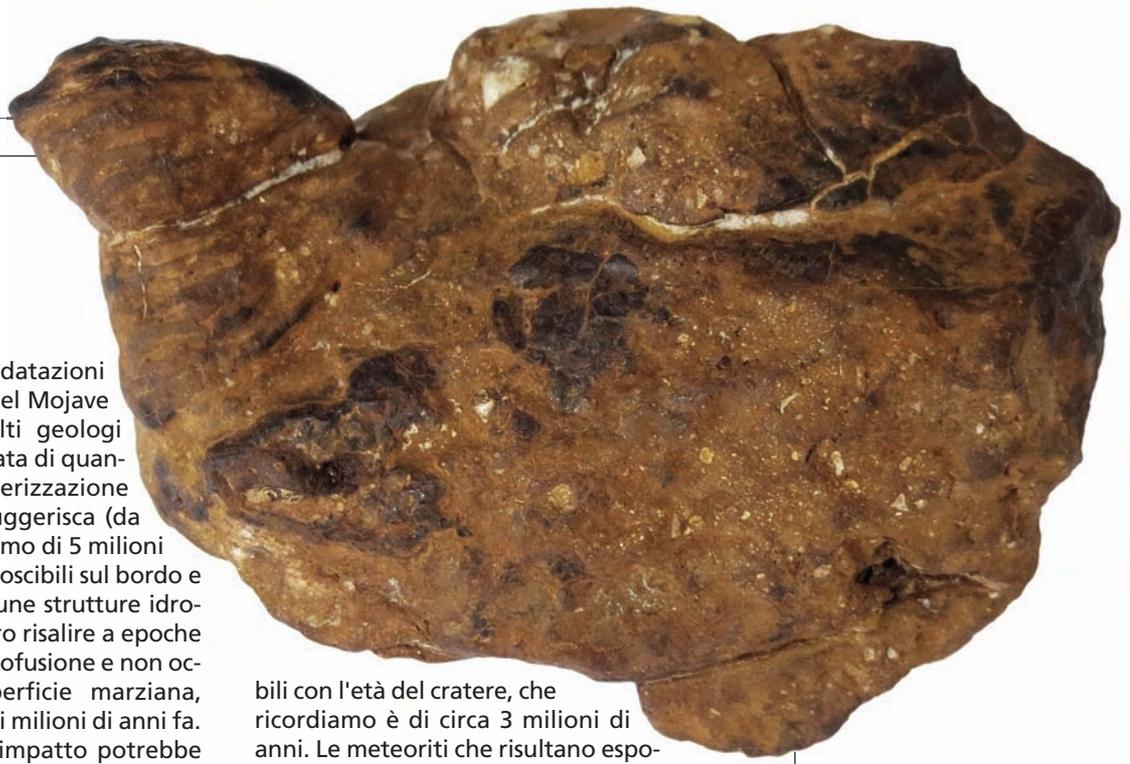
milioni di anni. Come si spiega questa enorme differenza?

Uno dei principali oppositori all'ipotesi di Werner e colleghi, Carl Agee (Institute of Meteoritics, University of New Mexico), sostiene che quella incongruenza è sufficiente a invalidare l'ipotesi stessa. Della medesima opinione è Alfred McEwen (University of Arizona), Principal Investigator di HiRISE, strumento di punta del Mars Reconnaissance Orbiter.

Ma il team di Werner ribatte che alcuni elementi che costituiscono le shergottiti possono



Qualche perplessità sulle datazioni è emersa anche a carico del Mojave Crater, che secondo molti geologi avrebbe un'età più avanzata di quanto il modello della craterizzazione adottato dalla Werner suggerisca (da un minimo di 1 a un massimo di 5 milioni di anni). Sono infatti riconoscibili sul bordo e all'interno del cratere alcune strutture idrogeologiche che dovrebbero risalire a epoche in cui l'acqua scorreva a profusione e non occasionalmente sulla superficie marziana, quindi almeno centinaia di milioni di anni fa. Secondo Werner, però, l'impatto potrebbe aver favorito l'instaurazione di un sistema idrotermale



bili con l'età del cratere, che ricordiamo è di circa 3 milioni di anni. Le meteoriti che risultano esposte ai raggi cosmici per un tempo maggiore potrebbero aver accumulato parte di quella radiazione quando erano ancora rocce marziane (o più probabilmente

il cratere è un po' più vecchio), mentre quelle che risultano più giovani potrebbero essere frammenti separatisi nello spazio dal corpo madre 1 o più milioni di anni dopo aver lasciato Marte.

Una simile frammentazione potrebbe essere conseguenza di preesistenti fratture, sulle quali hanno poi agito le forze gravitazionali dei pianeti o altri fattori. In conclusione, il nesso fra Mojave Crater e shergottiti non è forse così evidente come il recente lavoro del team di Werner, pubblicato su *Science*, vorrebbe dimostrare. Allo stato attuale delle cose non esistono comunque alternative più convincenti e nemmeno si può far di meglio con nikhliti e chassigniti, la cui età si aggira attorno a 1,3 miliardi di anni: la loro associazione ad un cratere tanto vecchio potrebbe rimanere un'impresa impossibile. ■

Un piccolo quiz per i nostri lettori esperti di meteoriti: il campione che qui vedete fotografato fronte-retro può essere una shergottite? Misura 5,5 cm sul lato più lungo e pesa 85 grammi. Chi vuole rispondere scriva a info@astropublishing.com



locale, che sarebbe rimasto attivo per decenni o addirittura per secoli, un tempo ritenuto sufficiente a produrre le strutture ancora visibili. Un'altra questione da chiarire è legata al tempo di permanenza delle shergottiti nello spazio, che come già detto varia fra 1 e 5 milioni di anni. Se consideriamo che per essere recuperabili e riconoscibili tutti i campioni noti sono caduti sulla Terra in tempi storici, i valori estremi sono sensibilmente incompati-

TecnoSky

STRUMENTI PER ASTRONOMIA

via Fubine, 79 - Felizzano (AL) - tel. 0131772241
email info@tecnosky.it sito www.tecnosky.it



Tripletto Apo FPL53 Tecnosky 90/600mm
Compatto rifrattore Apo da 90mm e focale 600mm F/6,6.
Intubazione in fibra di carbonio e focheggiatore da 2,5" di precisione a cremagliera.
Peso solo 3,5kg!



Sistema disassabile Optec Libra
Sistema disassabile Optec libra per grossi tubi.
Carico massimo 13,5kg!

Coppia di anelli da 125mm con morsetto losmandy
Robusta coppia di anelli disassabili da 125 mm di diametro interno con morsetto losmandy



iOptron SkyTracker
Astroinseguitore iOptron, leggero, preciso e già dotato di canocchiale polare!



Rifrattore Apo Tecnosky Versatile 72
Tre prodotti in uno! E' un telescopio Apo, un Teleobiettivo da 432 mm, uno spotting scope... è il Tecnosky Versatile 72!



iOptron ZEQ25
Innovativa montatura equatoriale "Z" iOptron! Grazie al particolare design il peso viene sorretto meglio e la montatura risulta essere molto robusta pur essendo decisamente leggera, solo 4,7kg!



Guida fuori asse Tecnosky D-King
Guida fuori asse D-King Tecnosky a basso profilo! Solo 16mm di spessore e apertura libera di 43mm



Camera GGD Atik 490EX
Camera Atik 490EX con il recente sensore Sony ICX694 da ben 9mp! Delta termico di 25°, temperatura regolabile via software e nuovo design per renderla utilizzabile su sistemi Fastar/Hyperstar.



MARCHE TRATTATE 3A • Antares - Sky Instrument • Astro Electronic FS2 • Astrofix • Astronomik • Atik Cameras • Baader Planetaryrium • Bob's Knobs • BORG • Celestron • Energizer • FarPointAstro • Gemini • Geoptik • Guan Sheng Optical • Hotech • Hutech • Imaging Source • Ioptron • Kenko • LUNT Solar System • LVI • Moonlite • NEXSXD • Omega Optical • Optec inc. • Orion UK • Orion USA • Point Grey • Rigel • RP Astro • RP Optix • Sbig • Skywatcher • TAL • Tecnosky • Telrad • Tracer • Watec • William Optics

Due anelli p

I sistemi di anelli non sono più una prerogativa dei pianeti giganti del nostro sistema solare, ora sappiamo che esiste anche un asteroide circondato da quel tipo di strutture. La scoperta apre nuovi orizzonti sull'evoluzione dei corpi minori e pone interrogativi molto interessanti.

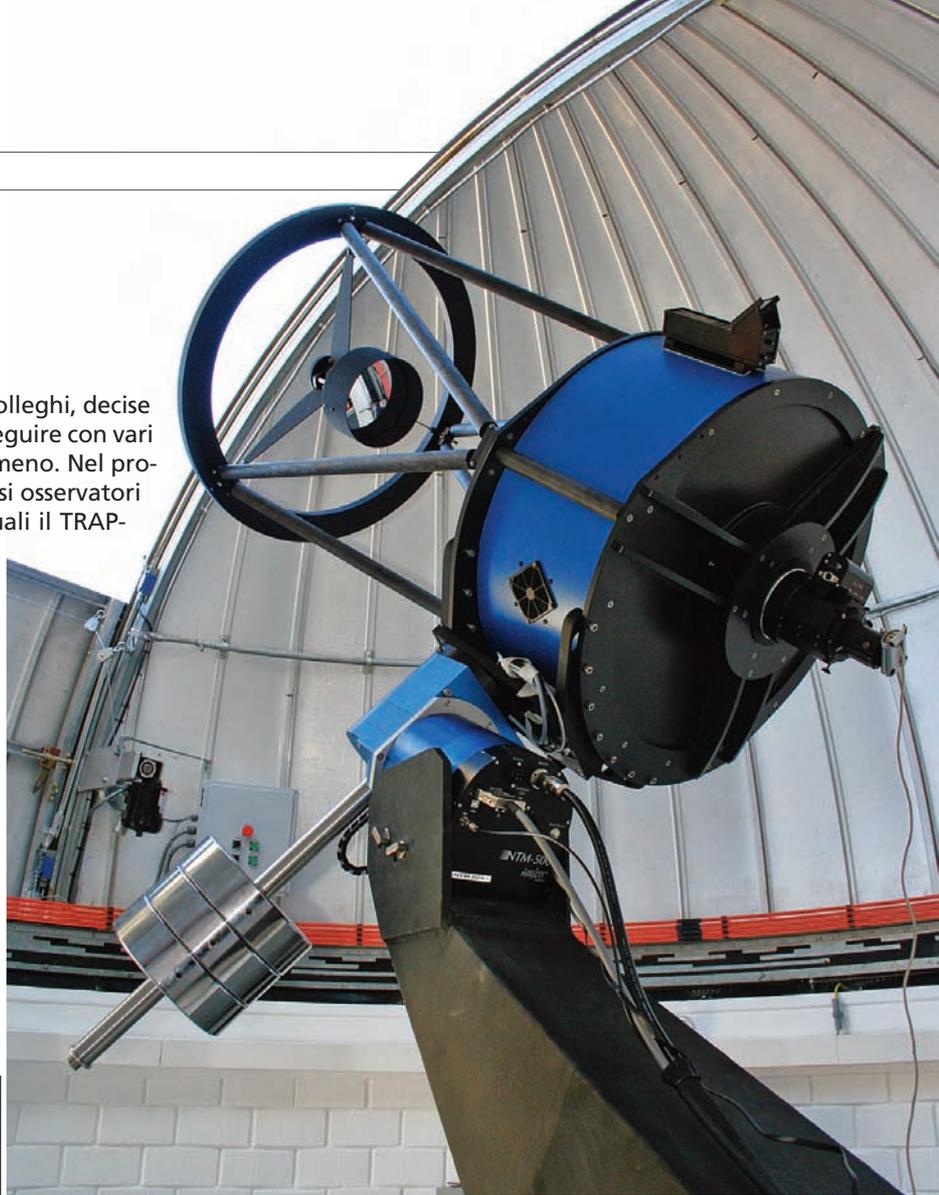
er Chariklo

La moglie di Chiron (nonché figlia di Apollo), Chariklo, ha due anelli. Nel contesto mitologico greco non sarebbe insolito, ma se per Chariklo intendiamo l'asteroide catalogato col numero 10199, allora il fatto che abbia due anelli diventa qualcosa di eccezionale. Ed è proprio così. La notizia dell'inattesa scoperta di un sistema di anelli in orbita attorno a quel lontanissimo asteroide (2,4 miliardi di km dal Sole) è stata ufficializzata a fine marzo da Felipe Braga-Ribas (Observatório Nacional/MCTI, Rio de Janeiro) con una conferenza stampa e con un articolo uscito su *Nature*.

Tutto era iniziato oltre un anno prima, dalla stesura di un elenco di possibili occultazioni stellari da parte di asteroidi del gruppo dei centauri e di oggetti transnettuniani. I calcoli avevano indicato che il più grande dei centauri conosciuti, Chariklo, sarebbe passato il 3 giugno 2013 davanti a una stella di magnitudine 12,4 (UCAC4 248-108672). La fascia di visibilità avrebbe interessato il Sudamerica e

Gli anelli di Chariklo come li vedrebbe un astronauta dalla superficie dell'asteroide. [ESO/L. Calçada/Nick Risinger]

per tanto Braga-Ribas, assieme a diversi suoi colleghi, decise di pianificare una campagna osservativa per seguire con vari strumenti l'andamento fotometrico del fenomeno. Nel progetto sono stati coinvolti i telescopi di 8 diversi osservatori di Brasile, Argentina, Uruguay e Cile, fra i quali il TRAPPIST, un telescopio danese robotizzato (1,5 metri di diametro), collocato a La Silla (ESO) in Cile, specializzato nei transiti planetari e quindi adatto anche alle occultazioni stellari. La necessità di disporre di più punti osservativi lungo la fascia di visibilità del fenomeno deriva dal fatto che per quanto bene si conoscano la posizione della stella occultata e l'orbita dell'asteroide, il diametro e la forma di quest'ultimo, nella maggior parte dei casi, non sono noti con altrettanta precisione e non è quindi possibile prevedere con certezza assoluta quali territori saranno coperti dall'ombra. Poiché il discorso è valido nei due sensi, se si riescono a intercettare i confini di quell'ombra, sulla base dei tempi dell'occultazione si può risalire al diametro e a una forma approssimativa dell'asteroide



Il Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope (TRAPPIST), lo strumento che ha permesso di scoprire gli anelli di Chariklo. [E. Jehin/ESO]





Il sistema di Chariklo "visto" da poche migliaia di chilometri di distanza. L'asteroide ha un'albedo molto bassa, circa la metà di quella degli anelli. Nel video a destra viene simulato l'avvicinamento all'asteroide (rappresentato con la sua forma più probabile). [ESO/L. Calçada M. Kornmesser N. Risinger]

(quella proiettata durante i pochi minuti di durata del fenomeno). È quindi importante disporre di punti di osservazione anche lungo i confini teorici della fascia d'ombra, perché la non registrazione dell'occultazione per alcuni osservatori è importante quanto l'avvenuta registrazione da parte di altri.

L'osservazione di questo tipo di fenomeni è un'attività di routine per gli astronomi, se ne verificano infatti moltissime durante l'anno, parecchie di esse anche alla portata di piccoli telescopi. Ma quelle che coinvolgono oggetti particolarmente interessanti sono rare e una di queste era proprio quella che aveva per protagonista Chariklo. Come tutti i centauri,

anche Chariklo ha un'orbita instabile sul lungo periodo e conformata in modo tale da farlo muovere fra i pianeti giganti del sistema solare, nella fattispecie fra Saturno e Urano, con una "predilezione gravitazionale" per quest'ultimo, al quale è quasi legato da una risonanza orbitale 4:3 (l'anno di Chariklo dura 63,17 anni terrestri, quello di Urano 84,32 anni terrestri, quindi 4 anni del primo durano quasi quanto 3 anni del secondo).

Scoperto nel 1997 da James Scotti (Spacewatch program), Chariklo aveva scalzato dalla posizione di centauro più grande il già menzionato e

ben più celebre Chiron: 250 km di diametro il primo, 230 km il secondo. Oltre alla necessità di verificare le dimensioni dell'asteroide, stimate inizialmente dalle proprietà termiche e dall'albedo (e poi effettivamente confermate dall'osservazione dell'occultazione), gli astronomi volevano sfruttare l'evento



Nell'illustrazione a fianco e nel video in basso, una spettacolare ricostruzione del sistema di Chariklo, con un transito fra i due anelli scoperti dal team di Braga-Ribas. Si nota anche la presenza di un piccolo satellite, che con la sua azione di confinamento gravitazionale conferisce agli anelli una forma ben definita. [ESO/L. Calçada/M. Kornmesser/N. Risinger]



anche per capire le cause dell'insolito comportamento spettrofotometrico al quale Chariklo era andato soggetto fra il 1997 e il 2008, quando la sua luminosità era gradualmente diminuita di quasi un fattore 2 ed era scomparsa dal suo spettro la banda di assorbimento a 2 μm del ghiaccio d'acqua. Dal 2008 al 2013 la luminosità è poi risalita fin quasi al livello del '97 ed è tornata a palesarsi la presenza del ghiaccio d'acqua. Misteri che la prevista occultazione avrebbe probabilmente permesso di svelare.

Fra tutti i telescopi dedicati all'osservazione del fenomeno, 3 in Cile hanno registrato l'evento conformemente alle previsioni e 7 in totale hanno registrato una dozzina di eventi imprevisti, sotto forma di interruzioni secondarie del flusso luminoso della stella. Grazie all'elevato tasso di acquisizione di immagini da parte della Lucky Imager camera del telescopio danese dell'ESO, due eventi secondari (uno precedente e l'altro seguente quello principale) sono stati risolti in due sub-eventi ciascuno, che il team di ricercatori coordinato da Braga-Ribas ha interpretato come una coppia di anelli in orbita attorno a Chariklo. Non è la prima volta che tramite le occultazioni stellari vengono scoperti si-

stemi di anelli attorno a corpi del sistema solare, era già successo nel 1977 con Urano e nel 1984 con Nettuno, ma questa è sicuramente la prima volta che gli anelli vengono scoperti attorno a un asteroide. Chariklo diventa così il quinto corpo planetario (per quanto piccolo) a possedere un sistema di anelli dopo i quattro pianeti giganti. Dai tempi e dalla profondità delle occultazioni



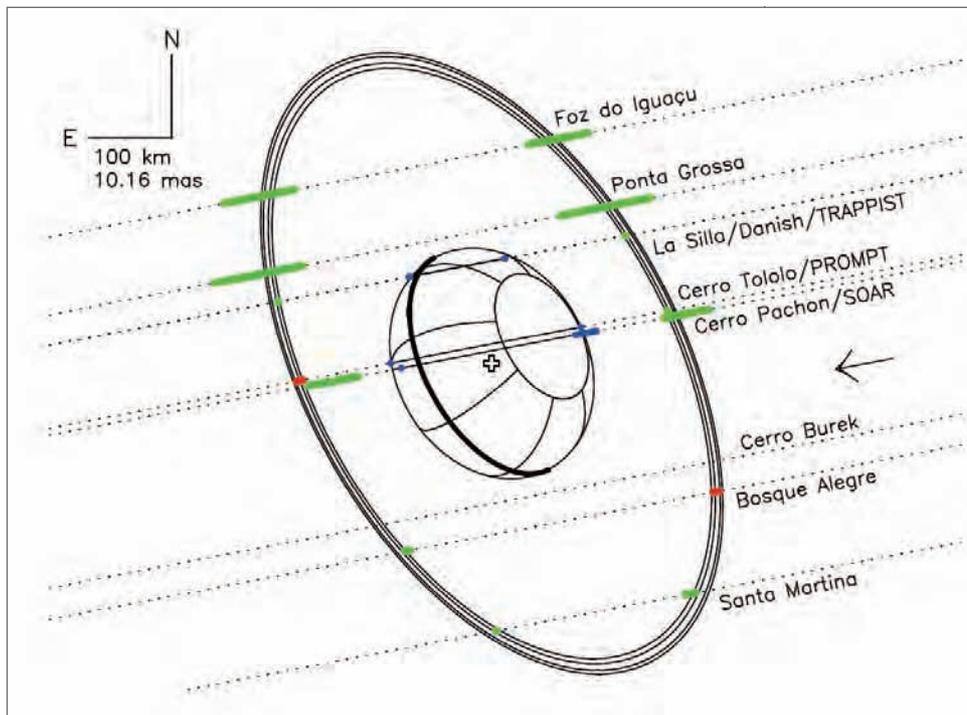
secondarie attribuibili agli anelli (simmetriche rispetto all'evento centrale) i ricercatori sono riusciti a caratterizzare con elevata precisione quel sistema. In sintesi, entrambi gli anelli sono completi, piuttosto densi e hanno bordi netti. L'anello più interno ha un raggio di 391 km, quello più esterno di 405 km; la larghezza è rispettivamente di 6,6 km e 3,4 km, con una divisione ampia quasi 9

km, all'interno della quale non è stato rilevato materiale. La massa del primo anello equivale a quella di un corpo ghiacciato di circa 1 km di diametro; la massa del secondo è sensibilmente inferiore.

Il fatto che tutte le cadute di luce secondarie siano consistenti con un sistema di anelli omogenei in tutta la loro lunghezza, rende altamente improbabili interpretazioni alter-

native per quelle strutture. Non possono, ad esempio, rappresentare tracce di una attività cometaria come quella osservata su Chiron. Al contrario quegli eventi secondari si adattano perfettamente all'interpretazione che vede i due anelli aver raggiunto l'inclinazione più favorevole alla loro visibilità (60°) nel '96-97, ed essersi invece presentati di taglio nel 2008 (conformemente ai movimenti orbitali relativi di Chariklo e Terra). Questo scenario fornisce la più semplice spiegazione possibile alla già accennata variabilità fotometrica dell'asteroide e alla sparizione-riapparizione della banda di assorbimento del ghiaccio d'acqua, elemento che evidentemente domina gli anelli e scende al di sotto della soglia di visibilità quando gli stessi sono invisibili (perché di taglio).

Se ammettiamo che la variabilità fotometrica del sistema di Chariklo è interamente attribuibile alle variazioni geometriche degli anelli, ne deriva che la loro albedo (riflettività superficiale) è circa 0,09, un valore più elevato di quello dell'asteroide e degli anelli di Urano (0,05), ma inferiore a quello dell'anello A di Saturno (0,3).



A seconda dello spessore che si attribuisce agli anelli di Chariklo e dei modelli che si adottano per interpretarne l'evoluzione, si trova che la loro esistenza dovrebbe durare da poche migliaia di anni a pochi milioni di anni. Pertanto, o sono strutture molto giovani oppure su di esse agisce un meccanismo di confinamento simile a quello dell'anello F di Saturno, però in questo caso posto in essere da un satellite di massa paragonabile a quella degli anelli stessi.

Finora nessun satellite è stato scoperto in orbita attorno a Chariklo, ma l'ipotesi è plausibile, visto che almeno il 5% dei centauri ospitano satelliti.

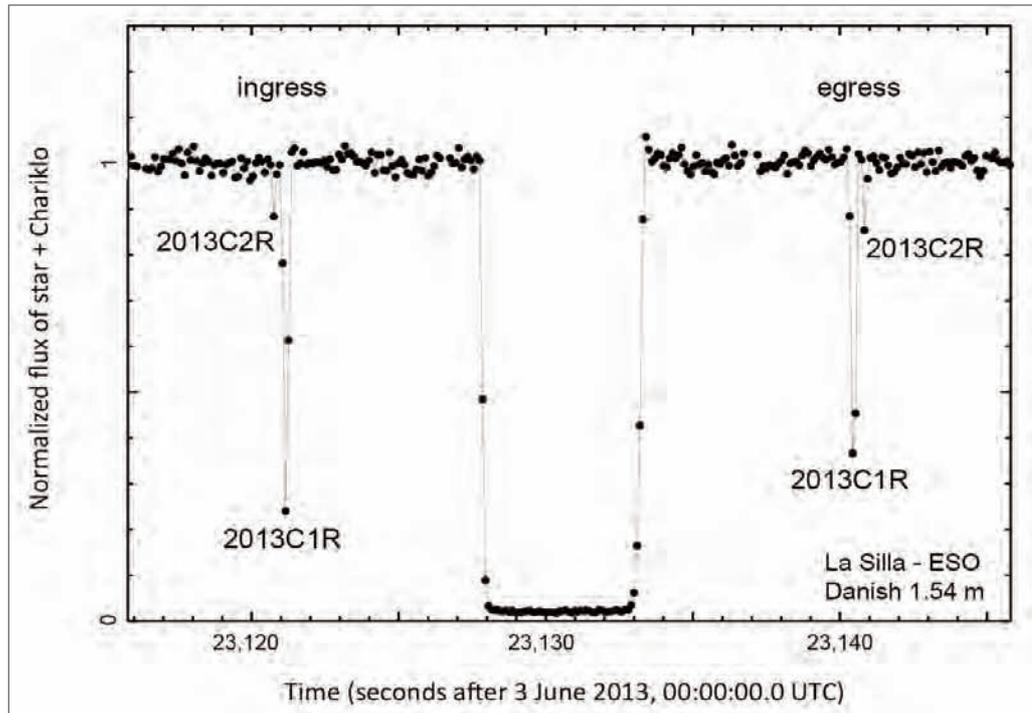
In aggiunta alla questione della lunga persistenza di quegli anelli, ce n'è un'altra non meno importante da risolvere. Come si sono formati?

Braga-Ribas e colleghi propongono di-

Nello schema in alto vediamo come i vari osservatori hanno registrato l'occultazione stellare che ha avuto per protagonista il sistema di Chariklo. I segmenti verdi rappresentano le registrazioni più affidabili (la lunghezza è proporzionale al margine di errore). [F. Braga-Ribas et al.] Nel video, rappresentazione dell'occultazione, vista da una posizione particolarmente favorevole. [ESO/L. Calçada]



Curva di luce dell'occultazione, registrata nella banda rossa con il TRAPPIST. Fuori evento la somma del contributo luminoso di stella e asteroide è considerato = 1. Oltre alla nettissima caduta di luce causata dal passaggio di Chariklo sulla stella, si notano chiaramente le due doppie cadute di luce, attribuibili agli anelli. Le piccole asimmetrie riscontrabili nella curva rientrano nei margini di errore della registrazione. [F. Braga-Ribas et al.] Sotto, il video dell'occultazione con la relativa curva di luce. La caduta di luminosità dovuta al sistema di anelli è facilmente riconoscibile. [ESO/Felipe Braga-Ribas/M. Kornmesser]



versi possibili scenari, tutti dipendenti dall'iniziale esistenza di un disco di detriti, fra i quali uno sufficientemente massiccio da condizionare con la sua presenza l'evoluzione dell'intera struttura. Quel disco potrebbe essere stato originato da materiale proveniente dalla superficie dell'asteroide, entrato in orbita a seguito di un impatto meteoritico, oppure dalla distruzione (per motivi insondabili) di uno o più satelliti. Un'alternativa (poco convincente) è che il

disco possa essere derivato da una pregressa attività cometaria di Chariklo.

Alla luce delle attuali conoscenze, l'ipotesi più verosimile sembra quella del materiale espulso dall'asteroide a seguito di un impatto e del suo successivo riordino da parte di un corpo relativamente massiccio non ancora scoperto.

La piccola massa di Chariklo e la conseguente bassa velocità di fuga (solo 360 km/h) richiedono però che l'impatto sia avvenuto a una velocità relativa molto modesta, decisamente inferiore a quelle oggi tipiche dello spazio interplanetario occupato dai centauri e dagli oggetti della fascia di Kuiper (KBO), luogo di probabile provenienza dell'asteroide in questione.

Prima che quell'ambiente fosse perturbato dall'iniziale assestamento delle orbite planetarie, le velocità relative fra KBO erano più contenute e l'impatto che favorì la formazione del disco prima e degli anelli poi può essere avvenuto in quell'epoca remota e in quelle sperdute regioni del sistema solare. Questo scenario pone però nuovi interrogativi sul perdurare degli anelli e sulla loro apparente unicità fra gli asteroidi. ■



Pianeta X e un mito infr

Le più recenti mappature infrarosse del cielo hanno confermato che non esiste alcun pianeta di massa rilevante con orbita compresa fra quella di Nettuno e la Nube di Oort. Tra le migliaia di nuovi oggetti scoperti nei dintorni del Sole, nessuno corrisponde al pianeta X o a una sua variante.

Il pianeta X è senza dubbio uno dei più grandi miti dell'astronomia degli ultimi secoli. La sua tanto misteriosa quanto ipotetica esistenza ha sempre attratto anche l'attenzione del grande pubblico, divenendo col tempo un anello di congiunzione tra fantascienza e discipline astronomiche, favorendo talvolta una crescita di interesse verso queste ultime. Come ogni mito che si

rispetti, anche quello del pianeta X è stato alimentato nel tempo con le più disparate argomentazioni e interpretazioni, tanto da identificarlo talvolta con un semplice corpo planetario, talaltra come una piccola stella o come una via di mezzo fra i due. Le visioni più disinvolute hanno finito col deformare in vari modi una realtà di base, le cui radici affondano nell'astronomia pura. L'ipotesi del

Sono stati posti nuovi e più restrittivi limiti alla presenza oltre l'orbita di Nettuno di pianeti giganti come quello qui raffigurato. Se dei pianeti esistono, sono nani.

sue varianti, anto

pietra X era infatti nata come esigenza scientifica dopo il più grande successo della meccanica celeste, ovvero la scoperta nel 1846 di Nettuno, sulla base delle perturbazioni gravitazionali osservate nel moto di Urano. La presenza di Nettuno non sembrava giustificare totalmente il comportamento di Urano, e il moto dello stesso Nettuno non risultava conforme ai calcoli

prodotti dagli astronomi. La discordanza fra le posizioni teoriche e le posizioni osservate lasciarono supporre che dovesse esistere un ulteriore pianeta ancora più esterno, responsabile con la sua massa e quindi con la sua forza gravitazionale delle anomalie riscontrate.

Le estese ricerche di quell'oggetto sfociarono nel 1930 nella quasi casuale scoperta di Plutone, pianeta che si rivelò presto di massa ampiamente insufficiente a giustificare la discordanza di cui sopra. Il pianeta X cominciava a quel punto a diventare una vera sfida, ma gli strumenti, i metodi e la disponibilità di tempo a disposizione degli astronomi nel mezzo secolo successivo alla scoperta di Plutone si sarebbero dimostrati insufficienti a verificare l'esistenza di oggetti orbitanti a distanze ancora maggiori dal Sole, e ciò contribuì a trasformare quella potenziale presenza in un argomento su cui spe-

culare liberamente, come tutto ciò la cui esistenza o inesistenza non è dimostrabile. (In una civiltà evoluta non dovrebbe essere necessario dimostrare l'inesistenza di qualcosa la cui esistenza non è stata dimostrata, ma evidentemente non siamo una civiltà sufficientemente evoluta.)

Le libere discussioni sul pianeta X cessano (in ambito scientifico) allorquando dai dati raccolti dalla sonda Voyager 2 gli astronomi si accorgono che la massa di Nettuno è diversa da quella precedentemente stimata e che il nuovo valore misurato dalla sonda non rende più necessaria l'esistenza di un grande pianeta al di là di Plutone per dar conto delle presunte anomalie residue sui moti di Urano e Nettuno.

Come spesso accade quando la verità dissimula, molti adepti di materie non propriamente scientifiche hanno comunque conti-





nuato a credere nell'esistenza del pianeta X, esultando ogni volta che, a partire dagli anni '90, venivano scoperti oggetti transnettuniani, come Quaoar, Sedna, Eris e tanti altri, tutti immancabilmente risultati di dimensioni trascurabili, tutt'al più paragonabili a quelle di Plutone e quindi inseriti assieme a quest'ultimo nella categoria dei pianeti nani.

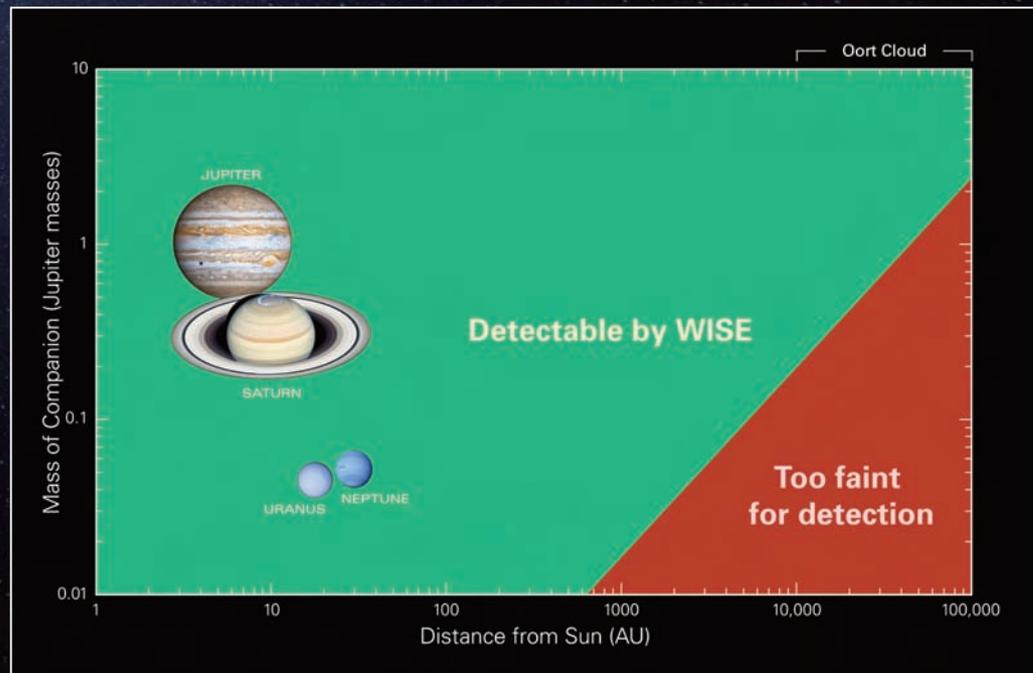
Poiché la possibile natura e la collocazione del pianeta X si sono adattate nel tempo alle conoscenze astronomiche e alle esigenze di spiegare fenomeni anche non strettamente astronomici, a partire dagli anni '80 sono state sviluppate anche ipotesi alternative al classico corpo planetario. Una famosa è quella che ammette l'esistenza di un'oscura compagna del Sole, forse una nana rossa molto debole, forse una nana bruna, che fu chiamata Nemesis. La scelta del nome di una dea giustiziera della mitologia

greca va ricercata nel fatto che l'ipotetico oggetto stellare o substellare veniva ritenuto responsabile di presunte cicliche estinzioni di massa, intervallate di circa 26 milioni di anni, innescate dal suo passaggio nella Nube di Oort, che avrebbe sospinto grandi quantità di comete nel sistema solare interno, alcune delle quali finite contro il nostro pianeta.

Dopo che analisi paleontologiche più accurate hanno dimostrato in tempi più recenti che non ci sono evidenti ciclicità nelle estinzioni di massa, anche la variante Nemesis ha perso credibilità, non senza comunque qualche ritorno di fiamma, l'ultimo del 2010, che raddoppia la periodicità delle estinzioni, senza però trovare riscontri in cielo, dove un oggetto come Nemesis sarebbe dovuto già cadere nella rete dei numerosi telescopi infrarossi orbitanti, che negli ultimi decenni hanno setacciato l'intera volta celeste.

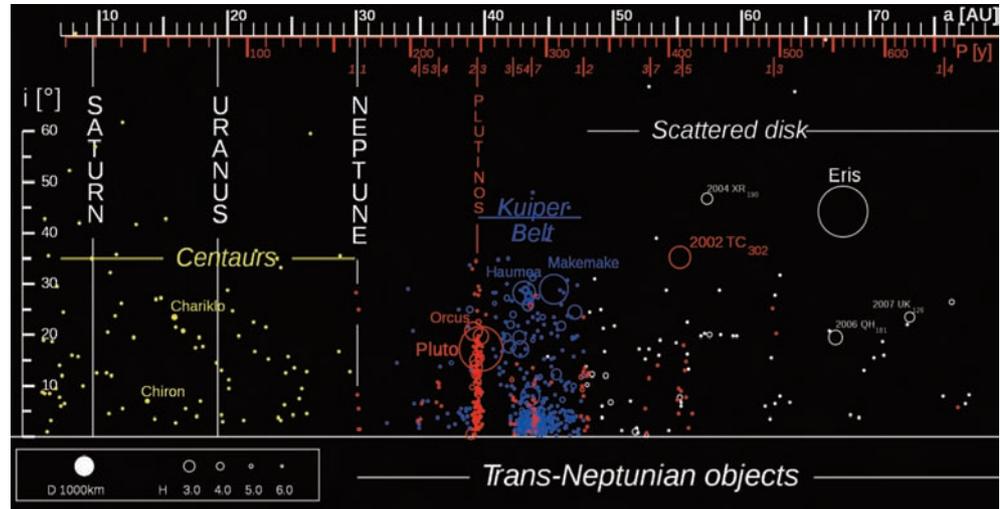
Un'altra variante del pianeta X era stata proposta alla fine degli anni '90 per interpretare un'anomalia nelle traiettorie delle comete di lungo periodo, provenienti dalla Nube di Oort. Ci si aspettava che quelle comete provenissero casualmente da qualun-

Sullo sfondo, un rendering di WISE in orbita attorno alla Terra. A sinistra, il grafico indica i limiti osservativi di WISE, in base alla massa (Giove=1) e alla distanza dal Sole dei corpi planetari. [Penn State University]



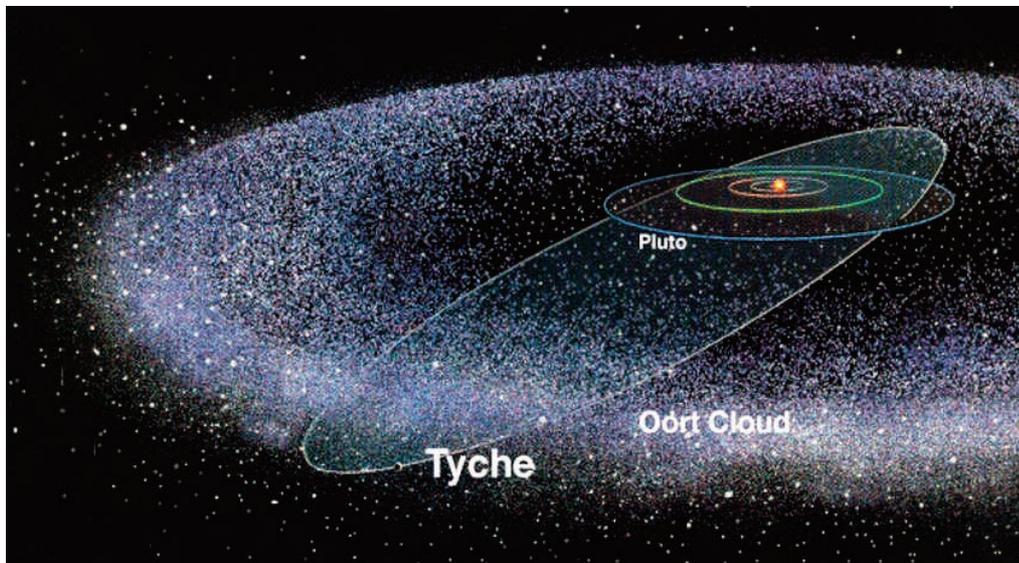
que direzione, ma verificando che così non era, alcuni astronomi avevano proposto che un oggetto perturbatore parecchie volte più massiccio di Giove poteva essere responsabile di disomogeneità all'interno della nube e quindi di traiettorie preferenziali delle comete. Anche in questo caso non si trovarono riscontri diretti, ma si volle ugualmente dare un inutile nome all'ipotetico pianeta, Tyche, dea greca della fortuna.

Insomma, più volte e per diversi motivi è stato necessario ipotizzare la presenza di un pianeta gigante o di un corpo stellare, posto da qualche parte fra l'orbita di Plutone e la Nube di Oort, e avente un'orbita sufficientemente eccentrica da portarlo a interagire direttamente o indirettamente con altri corpi del nostro sistema solare. In qualche caso si è forse trattato più del tentativo di concretizzare un mito che non di proporre una soluzione valida a problemi irrisolti, visto che poi per quegli stessi problemi si sono trovate spiegazioni più convincenti e più semplici.



Non essendo comunque quella del pianeta X una questione archiviabile senza eliminare anche il minimo dubbio, gli astronomi hanno atteso prove inconfutabili prima di mettere la parola fine a questo plurisecolare mito. Quelle prove sono scaturite dal database della seconda survey all-sky del satellite WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer), reso pubblico dalla NASA lo scorso novembre e subito esaminato da quei ricercatori che non vedevano l'ora di confrontare i dati astrometrici in esso contenuti con quelli della prima survey all-sky, terminata 6 mesi prima dell'inizio della seconda.

Quadro riasuntivo del sistema solare esterno, con in evidenza i gruppi dei centauro, dei plutini e degli oggetti della fascia di Kuiper. Gli oggetti noti ancora più distanti sono attualmente un numero esiguo. In basso, l'orbita di Tyche, ipotetico pianeta X, la cui esistenza era stata proposta alla fine degli anni '90.

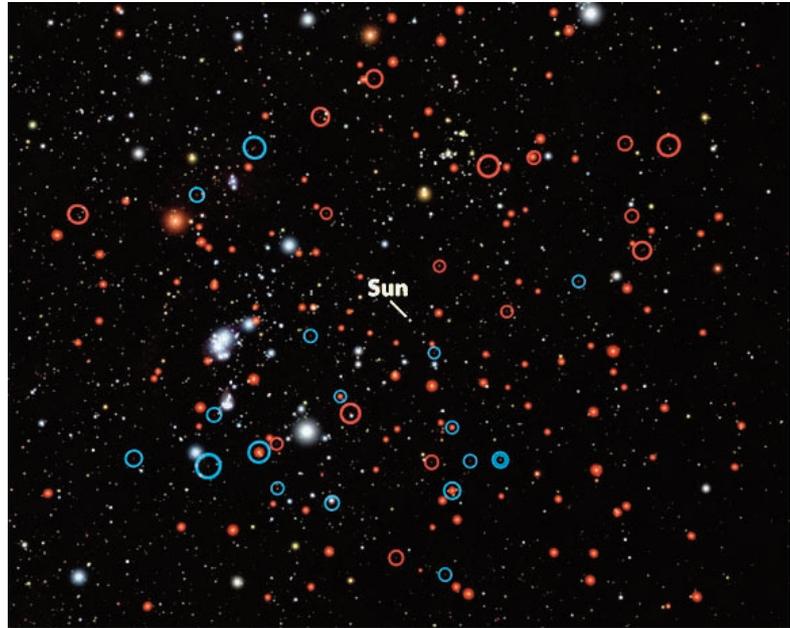


In questa simulazione sono rappresentate tutte le stelle più vicine al Sole e tutte le nane brune scoperte da WISE (cerchietti rossi e blu). Nessuna di queste ultime si trova a distanze così ravvicinate da poter disturbare le orbite degli oggetti che popolano la Nube di Oort. [NASA/Caltech-JPL]

L'obiettivo del confronto era (ed è) ovviamente quello di evidenziare oggetti prima sconosciuti, eventualmente dotati di un lento moto proprio rilevabile, o comunque posti a distanze ridotte e quindi sensibili al fenomeno della parallasse.

Quegli oggetti andavano scovati fra i 750 milioni di stelle, asteroidi e galassie fotografati da WISE. I primi due lavori basati su quell'enorme mole di dati sono stati recentemente

pubblicati su *The Astrophysical Journal* da Kevin Luhman (Penn State University) e da un team coordinato da Davy Kirkpatrick (California Institute of Technology, Pasadena). Da un totale di oltre 22.000 oggetti dotati di un moto proprio significativo, i ricercatori, sulla base delle loro specifiche esigenze, hanno estratto due diversi raggruppamenti di 762 oggetti (Luhman) e 3525 oggetti (Kirkpatrick et al.). Invariabilmente si tratta in tutti i casi di piccole stelle o di nane brune poste entro un raggio di 500 anni luce dal Sole. Tra di esse nessuna

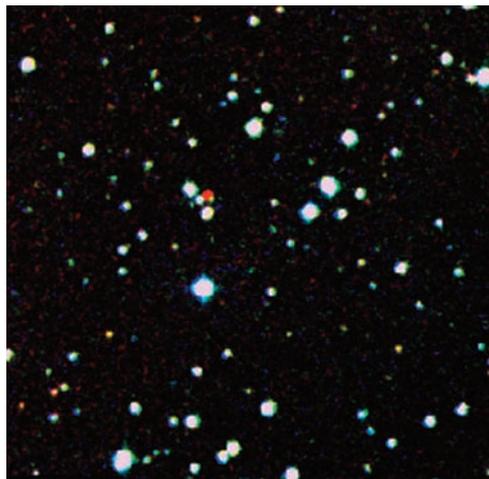


più vicina di oggetti simili già noti in precedenza e, soprattutto, nessuna collocata in prossimità della Nube di Oort o ancora più interna al sistema solare. Di tutte le nane brune (complessivamente meno numerose del previsto), nessuna può essere considerata per dimensioni più simile a un pianeta che a una stella.

Considerando i limiti osservativi di WISE, dai risultati pubblicati su *ApJ* si può sicuramente affermare che non esiste alcun pianeta grande come Saturno entro 10.000 unità astronomiche dal Sole, nessun pianeta grande come Giove entro 26.000 unità astronomiche e proporzionalmente nessun pianeta più grande a distanze maggiori. Che possano esistere giganti gassosi al di sotto della soglia raggiungibile da WISE è comunque improbabile e se esistono non possono certo essersi formati a quelle distanze dal Sole, non essendo mai esistito là fuori abbastanza materiale per il loro accrescimento.

Il mito del decimo pianeta e di tutte le sue varianti sembra dunque irrimediabilmente crollare, e poiché l'eventuale esistenza di quell'oggetto non servirebbe comunque a risolvere nessun attuale problema legato al sistema solare, è ancora necessario continuare a fantasticare? ■

Se ai confini del sistema solare esistesse un oggetto substellare potrebbe presentarsi come WISE J204027.30+695924.1, il punto rosso posto quasi al centro di questa immagine. Qui si tratta di una piccolissima stella, ma le dimensioni sono simili a quelle di una nana bruna. [DSS/NASA JPL-Caltech]



Detriti plan sulle nane bianche

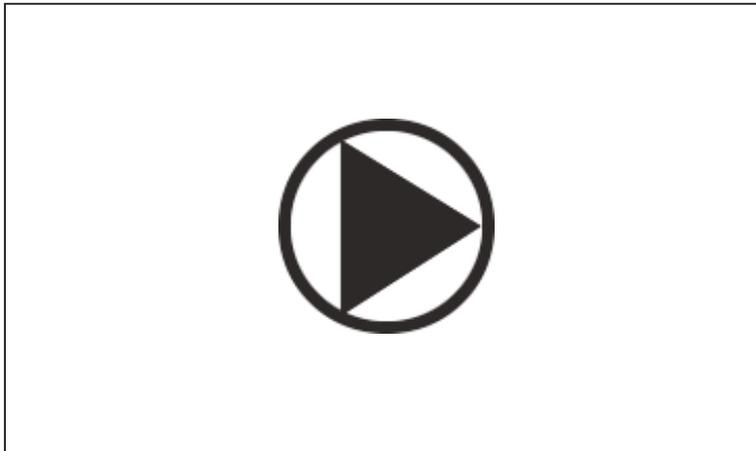
La presenza di metalli nelle atmosfere delle nane bianche è stata per decenni un argomento ostico per i ricercatori, che non riuscivano a interpretare le abbondanze osservate. La soluzione stava nel considerare una diversa provenienza di quei metalli, che secondo un recente lavoro è da mettere in relazione con la distruzione di un numero imprecisabile di pianeti.

etari

Tutte le stelle con massa inferiore a 8-10 volte quella del Sole terminano la loro evoluzione sotto forma di nane bianche. Una nana bianca è in prima approssimazione una stella con diametro fra 0,5 e 3 milioni di chilometri, compressa in un volume grande come la Terra. Non c'è quindi da stupirsi se la materia degenera che caratterizza quel tipo di oggetti pesa mediamente 1000 tonnellate per cm^3 . Così tanta massa concentrata in così poco spazio produce una forte gravità superficiale, al punto che gli elementi chimici più pesanti sono portati ad affondare rapidamente negli strati più interni, lasciando nella compatta e sottile atmosfera solo gli elementi più leggeri, ovvero idrogeno ed elio. Le nane bianche nel cui spettro domina l'idrogeno (tipo DA) sono di gran lunga le più comuni, superando numericamente da 6 a 21 volte (il rapporto varia con le fasce di temperature considerate) quelle con spettro dominato dall'elio (tipo DB). Il tema della purezza delle atmosfere delle nane bianche fu studiato con particolare attenzione già negli anni '40-50 del secolo scorso dall'astrofisico francese Évry Léon Schatzman, il quale calcolò che i tempi di affondamento e dispersione degli elementi pesanti nelle atmosfere di quegli astri erano dell'ordine dei giorni, quindi un evento fugace in termini astronomici. Anche per quel motivo, quando nei primi anni '80 l'International Ultraviolet Explorer (IUE) rivelò piccole quantità di elementi pesanti negli



Rappresentazione di un sottile disco di detriti rocciosi in orbita attorno a una nana bianca. Precipitando sulla stella, quel materiale arricchisce di metalli la sua atmosfera. [NASA, ESA, STScI, and G. Bacon (STScI)]



quali azoto, carbonio, ferro, nichel, ossigeno e silicio. Ma le abbondanze misurate non corrispondono affatto a quelle previste per via teorica e ciò accade indipendentemente dalle fasce di temperatura considerate e al netto di preferenze introdotte dalle metodologie utilizzate per studiare i singoli astri. I metalli potrebbero dunque derivare in

spettri di alcune nane bianche, si pensò che quei segnali fossero originati da materiale circumstellare interposto fra stelle e osservatore. Alcuni anni più tardi, la presunta realtà fu ribaltata a seguito di osservazioni compiute da un altro satellite, l'EXOSAT (European X-ray Observatory Satellite): i metalli si trovavano nelle atmosfere delle nane e non in orbita attorno a esse.

Per spiegare l'inatteso scenario, i ricercatori iniziarono a vedere favorevolmente l'ipotesi secondo la quale il definitivo affondamento dei metalli poteva essere ostacolato dalla pressione di radiazione generata all'interno di quelle caldissime stelle degeneri, un meccanismo già proposto alla fine degli anni '70 e noto col nome di "levitazione radiativa". Complessivamente, però, il campione di nane bianche esaminato alla fine degli anni '80 era ancora troppo esiguo per trarre delle conclusioni generali.

Il quadro comincia a diventare un po' più chiaro negli anni '90, allorché il satellite per alte energie ROSAT (Röntgen Satellite), il già menzionato IUE e l'Hubble Space Telescope permettono di indagare con sufficiente precisione nell'ultravioletto e nei raggi X un centinaio di nane bianche. Per circa $\frac{1}{4}$ di esse la composizione atmosferica è ben definita e include diversi metalli, fra i

larga parte da fonti esterne.

La temperatura è un parametro fondamentale nella levitazione radiativa, perché più è intenso il flusso di calore che sale dal centro delle nane bianche (dove si raggiungono anche i 20 milioni di kelvin), più abbondanti, per tipo e quantità, sono i metalli che affiorando in superficie lasciano la loro "firma" nella luce stellare. Per le nane bianche più "fredde", quelle con temperature superficiali al disotto dei 20000 kelvin, la levitazione radiativa è poco o per nulla efficiente ed eventuali contaminazioni metalliche di origine esterna dovrebbero svanire nei pochi giorni previsti da Schatzman. Più sale la temperatura più i metalli permangono o si ripresen-

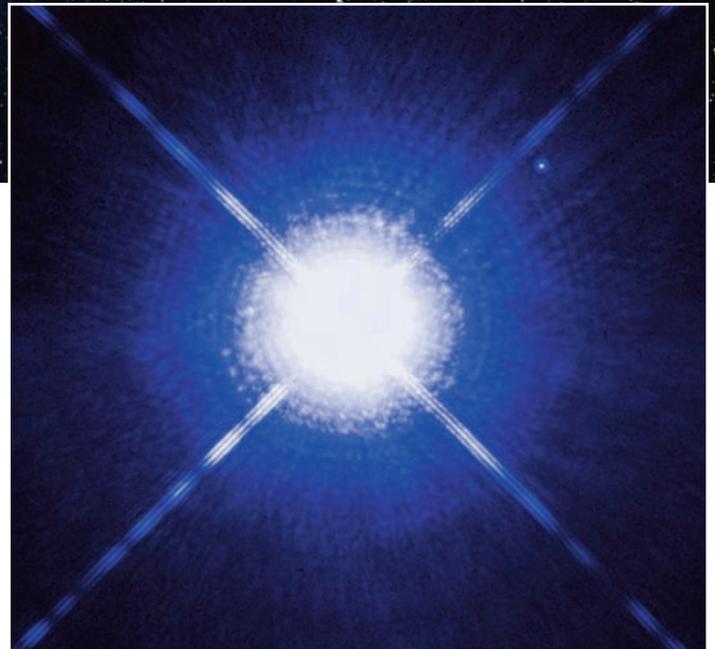
Animazione dello scenario rappresentato nell'illustrazione di apertura. [NASA, ESA, STScI, and G. Bacon (STScI)]
Sotto, un sistema planetario distrutto dall'evoluzione di una stella di tipo solare, che attraverso la fase di gigante rossa ha raggiunto quella di nana bianca. Solamente i pianeti esterni al limite di Roche rimangono integri. [NASA/JPL-Caltech/T. Pyle]



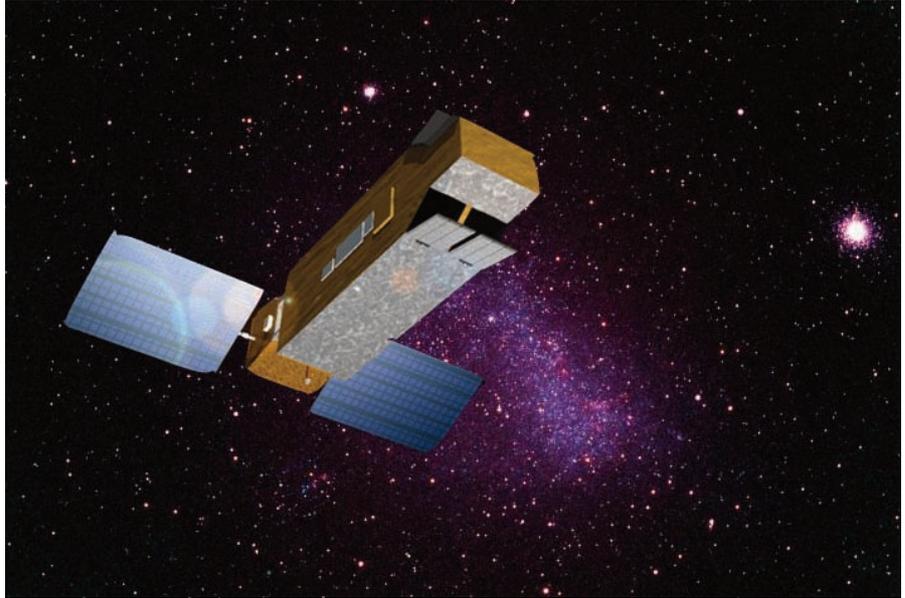
I più celebri esempi di nana bianca è quello di Sirio B, che vediamo sopra a destra, in una realistica visione dominata dalla fulgida Sirio A. [NASA, ESA and G. Bacon (STScI)] A fianco, una vera immagine di quel sistema stellare, presa dall'Hubble Space Telescope. [NASA, ESA, H. Bond (STScI), and M. Barstow (University of Leicester)]

tano nell'atmosfera, soprattutto se hanno origine interna, poiché oltre una determinata potenza del flusso energetico (con temperature superficiali oltre i 50000-100000 kelvin), dallo spazio esterno non riesce più a cadere materiale estraneo sulla nana, in quanto viene letteralmente volatilizzato. (Breve appunto sulla scala delle temperature: a livelli così elevati, i kelvin (K) sono praticamente equivalenti ai gradi Celsius; solo alle basse temperature la distinzione diventa rilevante.) Dal momento che le nane bianche cedono calore all'ambiente esterno, calore che non viene rinnovato per assenza di processi termonucleari, esse sono destinate a raffreddarsi conformemente alle proprietà fisiche iniziali. Dovremmo pertanto aspettarci che la tipologia e l'abbondanza dei metalli nelle atmosfere delle nane bianche vari di concerto con la massa, la temperatura e l'età, questo se la provenienza dei metalli fosse interna (o prevalentemente interna), e fossero quindi quelli sintetizzati nel nucleo delle stelle progenitrici. Ma ancora una volta

previsioni teoriche e realtà differiscono: dove la levitazione radiativa è più efficiente capita di non osservare traccia di metalli, mentre si riscontra talvolta il contrario dove nessun metallo dovrebbe riuscire ad emergere in superficie, e ciò indipendentemente dai fattori fondamentali più sopra indicati. Questa mancanza di uniformità aveva fatto sospettare più volte che la fonte dei metalli fosse esterna (o prevalentemente esterna), ma fino al 2002 nessun ricercatore che si era



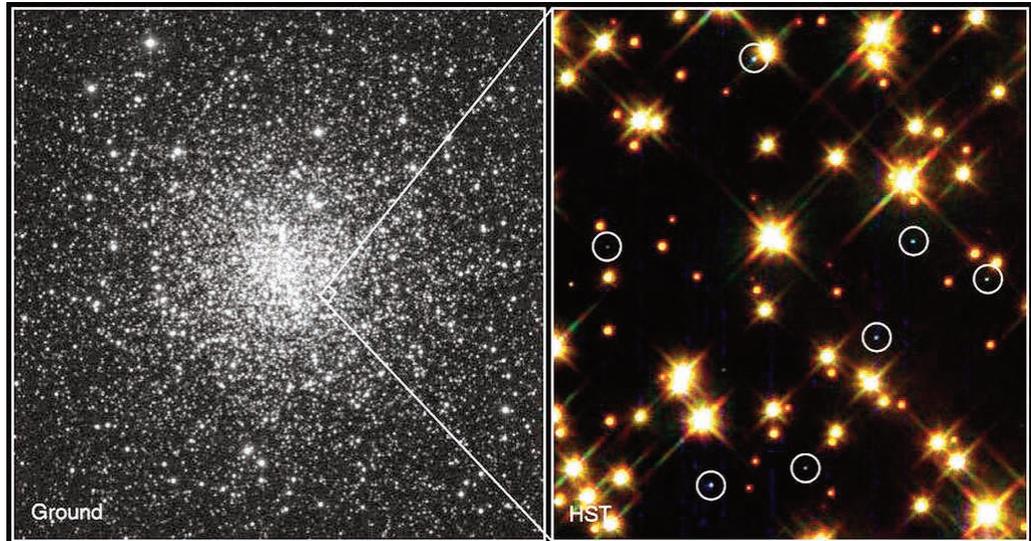
occupato di levitazione radiativa nelle nane bianche aveva dato il giusto peso alla possibile provenienza esterna dei metalli. Gli unici casi in cui fu scelta questa opzione riguardano nane bianche particolarmente fredde e/o ricche di metalli, per le quali il meccanismo della levitazione radiativa non era sufficiente a dar conto di quanto osservato. Come fonte esterna di quei metalli fu scelto semplicemente il mezzo interstellare (polveri e gas liberi nello spazio), o meglio sue locali concentrazioni, che si sarebbero occasionalmente trasferite nelle atmosfere in questione. Questa soluzione si sarebbe però dimostrata debole, per almeno un paio di validi motivi. Il primo: le nane bianche con eccessi di metalli (rispetto alle previsioni teoriche) non si trovano in prossimità di addensamenti del mezzo interstellare, e se mai ne avessero attraversati in passato, i metalli acquisiti si sarebbero dispersi da lungo tempo negli strati subsuperficiali (soprattutto nelle nane



bianche meno calde). Il secondo: le nane bianche con atmosfere dominate dall'elio esibiscono un rapporto fra idrogeno e calcio molto sbilanciato a favore del secondo, il che dovrebbe riflettere il rapporto fra quegli elementi nel mezzo interstellare, dove invece è decisamente l'idrogeno il più abbondante. Il puzzle ha iniziato a risolversi in anni recenti, con la scoperta di nane bianche ricche di metalli e al tempo stesso circondate da anelli di polveri e gas (visibili nell'infrarosso). È proprio il materiale di cui sono composti quegli anelli che precipitando nelle atmosfere delle nane bianche apporta i metalli rilevati. Ma qual è la sua origine? Secondo un lavoro recentemente pubblicato sul *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, a firma di Martin Barstow e altri, a formare quel materiale sarebbero i resti di pianeti rocciosi che orbitavano attorno alle stelle prima della loro trasformazione in nane bianche. Gli sconvolgimenti stellari che portano a quello stadio finale sono in grado di far decadere le orbite planetarie e di portare quindi i pianeti a brevi distanze dalle nane bianche. Se quelle distanze sono inferiori al limite di Roche (nella fattispecie circa 1 raggio solare), i pianeti vengono fatti a pezzi e le loro macerie (con dimensioni variabili fra quelle della polvere e quelle di piccoli asteroidi) si dispongono lungo un disco di accre-

Rendering del Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer, lo strumento col quale è stato raccolto il materiale utilizzato dal team di Martin Barstow per identificare la fonte dei metalli presenti nelle atmosfere delle nane bianche. [JHU FUSE Project] A sinistra, Martin Barstow [University of Leicester]

Le nane bianche sono astri molto comuni ma anche molto difficile da scoprire e studiare. Qui ne sono state evidenziate alcune (nei cerchi) presenti in una piccola porzione dell'ammasso globulare M4. [H. Bond (STScI), NASA] Nel video in basso viene mostrata una nana bianca in transito sul disco di una nana rossa. A dispetto delle dimensioni, la prima, più massiccia, riesce a deformare sensibilmente lo spazio attorno a sé, alterando l'immagine della seconda. [NASA]



scimento che rifornisce di metalli l'atmosfera delle stelle degeneri, fino ad esaurimento scorte. La grande varietà di numero, massa, distanza e composizione che i pianeti interni di un sistema planetario possono avere, giustificherebbe l'imprevedibilità delle abbondanze di metalli nelle atmosfere delle nane bianche, al di là delle proprietà fisiche di queste ultime e dell'efficienza della levitazione radiativa.

Il team di Barstow è giunto a questa conclusione esaminando gli spettri di 89 nane bianche (il campione più vasto finora considerato), presi dal Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer (FUSE), verificando che almeno il 23% delle nane di tipo DA contengono metalli e confermando che non esistono re-

lazioni dirette fra le loro abbondanze e le proprietà fisiche delle nane bianche. Come atteso, solo nelle atmosfere più calde (il range di quelle esaminate va da 16000 a 77000 kelvin) l'apporto di elementi dall'esterno appare seriamente ostacolato dalla fortissima radiazione stellare.

Gli indizi più forti a favore dell'origine planetaria dei metalli osservati negli spettri delle nane bianche consistono nelle abbondanze relative di carbonio, silicio, fosforo e zolfo, che appaiono del tutto paragonabili a quelle tipiche dei pianeti rocciosi del nostro sistema solare. La soluzione proposta da Barstow e colleghi sembra dunque risolvere definitivamente una questione che durava da decenni, e al contempo offre interessanti spunti di riflessione. Come ad esempio il fatto che se circa $\frac{1}{4}$ delle nane bianche appare contaminato da resti planetari, è probabile che in media almeno 1 stella su 4 sotto le 8-10 masse solari possieda pianeti. Inoltre, la futura acquisizione di spettri a più alta risoluzione di quelli forniti da FUSE, consentirà di definire con grande precisione la composizione chimica di quei pianeti non più esistenti e di capire come sono evoluti all'interno dei loro sistemi. Infine, quelle nane bianche ci forniscono anche un'anticipazione di come apparirà il Sole fra oltre 5-6 miliardi di anni, quando forse nella sua luce una futura civiltà aliena riconoscerà i resti del nostro meraviglioso pianeta. ■



2012 VP₁₁₃ è di Sedna

La scoperta di un pianeta nano più piccolo ma più lontano di Sedna allarga i confini del sistema planetario fino a 80 unità astronomiche dal Sole. Ma ciò che è più interessante, un parametro dell'orbita di quel nuovo pianeta nano sembra indicare l'esistenza di una super-Terra a una distanza ancora più grande.

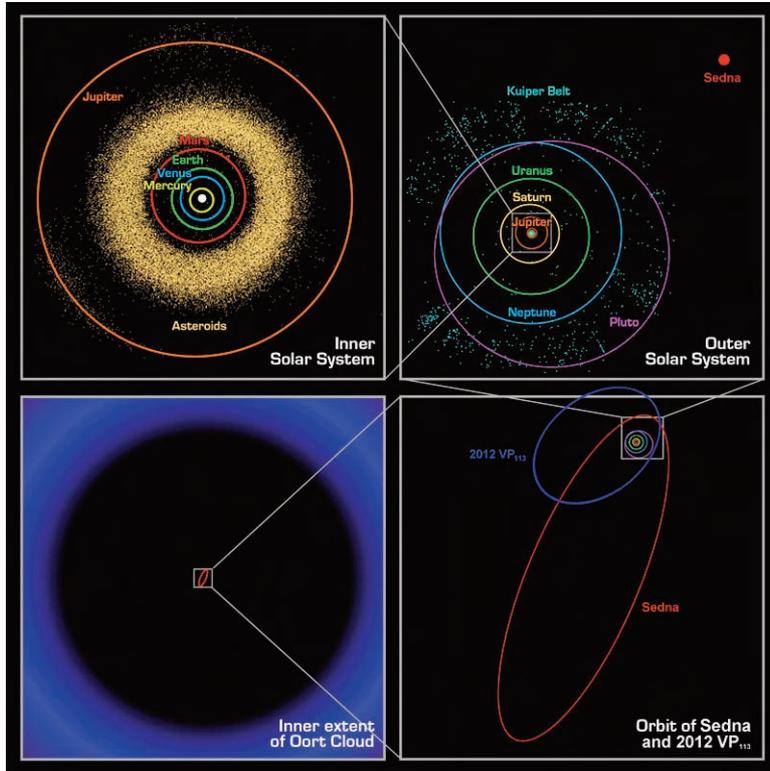
Non si erano ancora spenti i riflettori sui lavori di Luhman e Kirkpatrick (articolo a pag. 28), che già circolavano indiscrezioni su una scoperta capace di rimettere in discussione lo scenario appena definito da quegli stessi lavori. Le indiscrezioni preannunciavano l'esistenza di qualcosa di molto interessante al di là dell'orbita di Nettuno. L'allusione a un pianeta era evidente, ma poiché avevamo appena finito di commentare gli ultimi risultati derivanti dalle osservazioni di WISE, sapevamo bene che non potevamo aspettarci la scoperta di

un grande pianeta e speravamo almeno in un pianeta nano più grande di Plutone ed Eris. Invece nemmeno quello, perché il 26 marzo vengono anticipati i contenuti di un articolo in uscita il giorno dopo su *Nature*, nel quale si ufficializza la scoperta di un pianeta nano con diametro di appena 450 km. Ma questo è l'unico dato deludente che emerge da quell'articolo, visto che tutto il resto è di rilevante interesse e ha dirette implicazioni sulla comprensione dell'evoluzione del sistema solare. Vediamo perché, facendo un breve passo indietro nel tempo.

Questo scorcio artistico di un paesaggio plutoniano può essere adottato per rendere l'idea di come apparirebbe il Sole (in alto a destra) visto dal più remoto oggetto del sistema planetario, 2012 VP₁₁₃. [ESO-L. Calçada]

più lontano





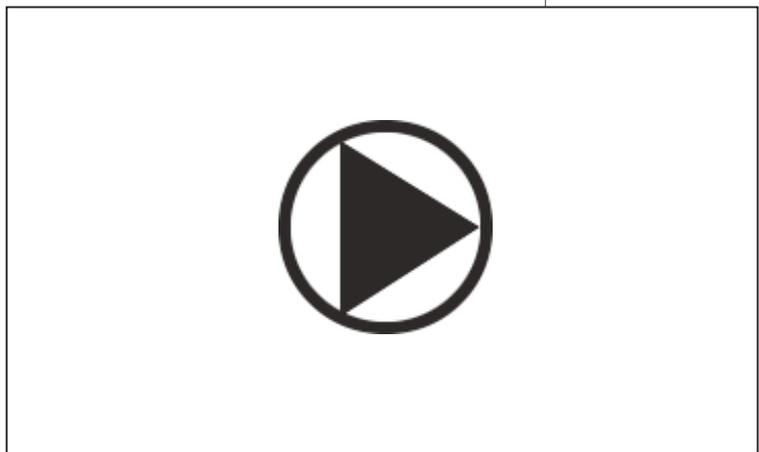
È l'autunno del 2012, Chadwick Trujillo (Gemini Observatory) e Scott Sheppard (Carnegie Institution for Science) stanno tenendo sotto controllo 52° quadrati di cielo con il telescopio Blanco (4 metri di diametro) del Cerro Tololo Inter-American Observatory, a 80 km est di La Serena, in Cile. Lo scopo della ricerca è quello di trovare oggetti in lento movimento, che possano appartenere alla parte più interna della Nube di Oort, un ambiente dove fino a quel momento risultava esistere un solo corpo planetario con orbita conosciuta, Sedna, un pianeta nano di circa 1500 km di diametro, alla cui scoperta, avvenuta nel 2003, aveva contribuito lo stesso Trujillo.

La nuova campagna osservativa avviata con il Blanco si avvale della più potente camera CCD del mondo, la DECam, da poco entrata in servizio (si veda *l'Astrofilo*, ottobre 2012). Ogni singola regione celeste inquadrata dal potente sensore di 570 megapixel viene fotografata tre volte, a intervalli compresi fra 1,5 e 2 ore, una strategia sufficiente a rilevare il movimento di oggetti lontani fino a

300 unità astronomiche (UA) e anche più. Immagini prese il 5 novembre confermano l'esistenza di un oggetto di magnitudine 23, il cui movimento è abbastanza lento da collocarlo molto al di là di qualunque corpo noto in orbita attorno al Sole: ben 80 UA. A quell'oggetto viene dato il nome provvisorio (tuttora utilizzato) di 2012 VP₁₁₃. Per poter determinare l'orbita e indagare le proprietà superficiali di 2012 VP₁₁₃, Trujillo e Sheppard lo studiano per circa un anno con il telescopio Magellan (6,5 metri di diametro)

del Las Campanas Observatory. Combinando la magnitudine apparente con un'albedo stimata fra 0,1 e 0,4, i ricercatori concludono che 2012 VP₁₁₃ ha un diametro di circa 450 km, mentre l'esame spettrale della luce da esso riflessa suggerisce che possa essersi formato in regioni molto più interne del sistema solare, probabilmente dalle parti dei giganti gassosi.

Comparazione su scale diverse delle orbite di 2012 VP₁₁₃ e di Sedna con quelle dei pianeti, con le fasce di asteroidi e con la Nube di Oort interna. 2012 VP₁₁₃ è attualmente il corpo planetario col perielio più lontano, ma Sedna si spinge all'afelio a una distanza più che doppia di quella che può raggiungere 2012 VP₁₁₃. [NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC-Caltech)] Sotto, un'animazione che mostra la vastità dell'orbita di 2012 VP₁₁₃. [Seth Jarvis, Clark Planetarium]



A fianco, le immagini della scoperta di 2012 VP₁₁₃. Le tre riprese sono intervallate di circa due ore. Il movimento del pianeta nano si apprezza considerando che la freccia rimane ferma. Sotto, una delle possibili orbite della super-Terra che secondo Trujillo e Sheppard condiziona i moti orbitali di 2012 VP₁₁₃ e Sedna. [C. Trujillo and S. Sheppard]



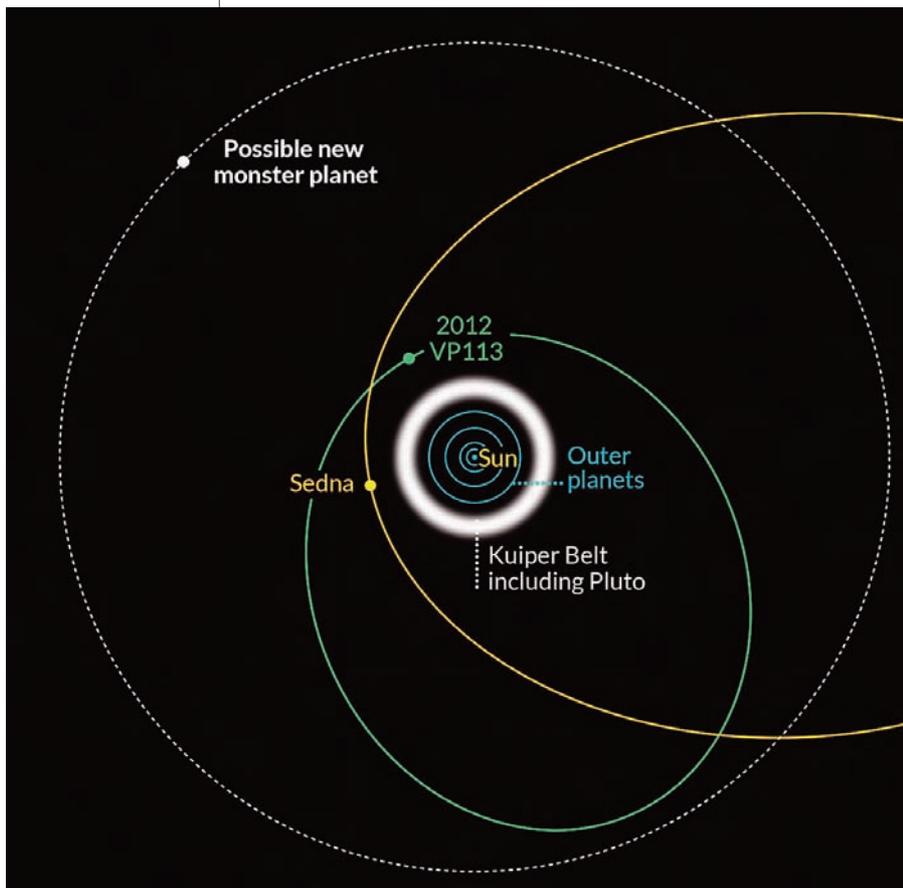
Ciò che più ha attratto l'attenzione dei ricercatori, sono comunque i parametri dell'orbita di 2012 VP₁₁₃, una lunghissima ellisse con eccentricità vicina a 0,7 che lo porta dalle attuali 80 UA, coincidenti con il perielio, fino alle 472 UA dell'afelio. A 2012 VP₁₁₃ servono ben 4600 anni per completare un giro attorno al Sole. Come già accaduto per Sedna, sarebbe stato impossibile scoprire il nuovo pianeta nano a distanze superiori a quelle attuali.

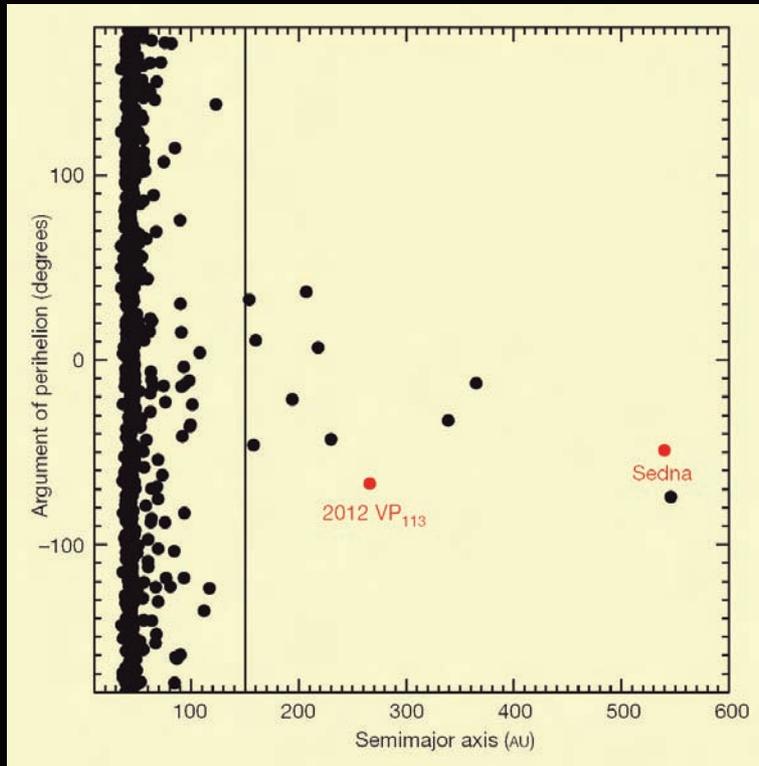
Per avere un'idea più precisa del contesto in cui va a collocarsi 2012 VP₁₁₃, ricordiamo qual è la struttura di massima del nostro sistema planetario: da 0,39 a 4,2 UA dal Sole ci sono i pianeti rocciosi e gli asteroidi della fascia principale; da 5 a 30 UA ci sono i giganti gassosi; da 30 a 50 UA ci sono tutti i corpi ghiacciati della fascia di Edgeworth-Kuiper, che include Plutone e altri pianeti nani. Prima della scoperta di Sedna si pensava che il sistema planetario finisse grosso

modo lì e che non esistesse nulla di rilevante fino alla Nube di Oort, sterminato serbatoio di nuclei cometari, sui quali l'influenza gravitazionale del Sole è decisamente blanda.

Ma ecco che la scoperta di Sedna, la cui orbita si spinge più in là di tutte (perielio 76 UA, afelio 975 UA) e di altri oggetti minori (2004 VN₁₁₂ e 2010 GB₁₇₄ in particolare) spinge gli astronomi a ipotizzare l'esistenza di una nuova popolazione di corpi ghiacciati orbitanti in una vastissima regione, compresa fra oltre 50 UA, dove le interazioni gravitazionali con Nettuno non sono più significative, e circa 1500 UA, limite superato il quale le maree galattiche iniziano a diventare rilevanti nei processi di formazione dei corpi planetari. Oltre le 1500 UA inizia la Nube di Oort esterna, che forse si estende fino a 1-2 anni luce dal Sole.

Sedna e 2012 VP₁₁₃ sono dunque i primi rappresentanti scoperti di quella nuova popolazione di corpi ghiacciati, il cui numero totale (inclusi i nuclei cometari più





piccoli) dovrebbe superare quello di tutte le altre popolazioni di corpi minori del sistema solare. Trujillo e Sheppard stimano che nella parte interna della Nube di Oort potrebbero esistere da 400 a 1700 pianeti nani con diametro maggiore di 1000 km, questo in base a modelli sulla distribuzione delle dimensioni già applicati alla fascia principale degli asteroidi e alla fascia di Edgeworth-Kuiper. Le simulazioni numeriche suggeriscono che la massa totale della nuova popolazione potrebbe essere vicina a 1/80 di quella della Terra (per confronto, tutti gli oggetti di Edgeworth-Kuiper ammontano a 1/100 della massa terrestre). Dalla forma estremamente allungata delle orbite di Sedna e 2012 VP₁₁₃ è intuibile che quei due pianeti nani non possono essersi formati raccogliendo materiale su quelle traiettorie, e questo vale anche per una dozzina di altri oggetti attualmente candidati ad appartenere alla nuova popolazione. Le orbite circolari sono molto più efficienti dal punto di vista dell'accrescimento di una massa planetaria, a partire

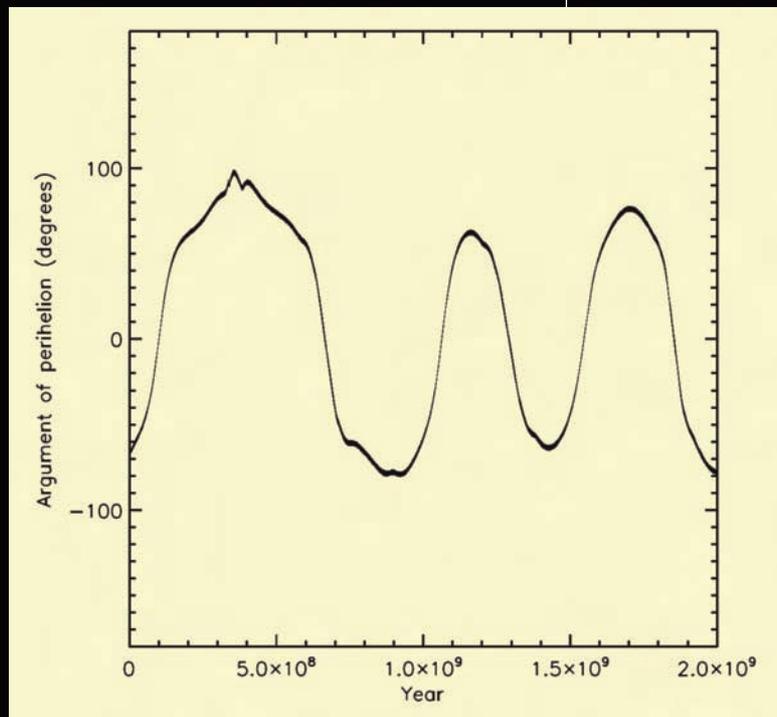
dal materiale a disposizione nel disco protoplanetario, e ciò è tanto più vero quanto più piccole sono quelle orbite.

Quale meccanismo ne ha dunque favorito la formazione e/o la collocazione nelle regioni dove li osserviamo oggi?

Le simulazioni hanno permesso di costruire due modelli principali in grado di descrivere la nascita della Nube di Oort interna.

Il primo si basa sulla espulsione dal sistema solare di un pianeta di taglia rilevante, il quale transitando nella fascia di Edgeworth-Kuiper avrebbe perturbato

Grafici utili alla comprensione della Nube di Oort interna. In quello a sinistra si nota come la distribuzione dell'argomento del perielio (ω) sia casuale per oggetti a meno di 150 UA dal Sole, mentre a distanze maggiori tende a distribuirsi attorno a 0° (o 360°). In quello in basso è rappresentata per 2012 VP₁₁₃ la librazione di ω prevista su un periodo di 2 miliardi di anni. C'è compatibilità con la presenza di una super-Terra distante 210 UA. [C. Trujillo and S. Sheppard]



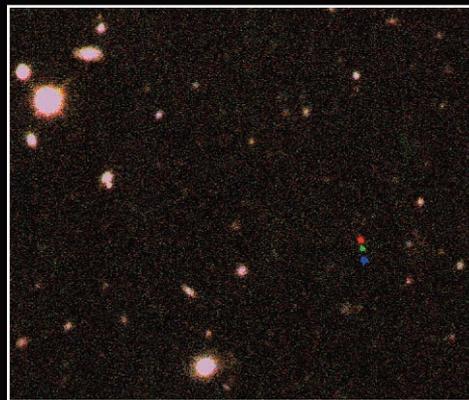
le orbite di innumerevoli corpi ghiacciati, sospingendoli nello spazio esterno. Il pianeta espulso potrebbe aver definitivamente abbandonato la sfera d'influenza del Sole, oppure potrebbe essersi inserito su un'orbita ampissima, risultando invisibile anche negli strumenti più potenti. Il secondo modello prevede invece che la Nube di Oort interna sia nata dallo scompiglio portato da una stella in transito a distanza relativamente breve dal sistema solare.

Ciò sarebbe successo

nube molecolare. Una variante a questo secondo modello prevede che gli oggetti come Sedna e 2012 VP₁₁₃ possono essersi accresciuti da planetesimi strappati dal Sole a un'altra stella, anche in questo caso quando i due astri appartenevano al medesimo ammasso.

Essendo solo un paio gli oggetti che per certo appartengono alla nuova popolazione, è troppo presto per dire quale dei modelli sia valido, ma poiché i diversi scenari prevedono differenti configurazioni orbitali, sarà sufficiente attendere la scoperta di altri oggetti di quel tipo per capire quale previsione è più realistica.

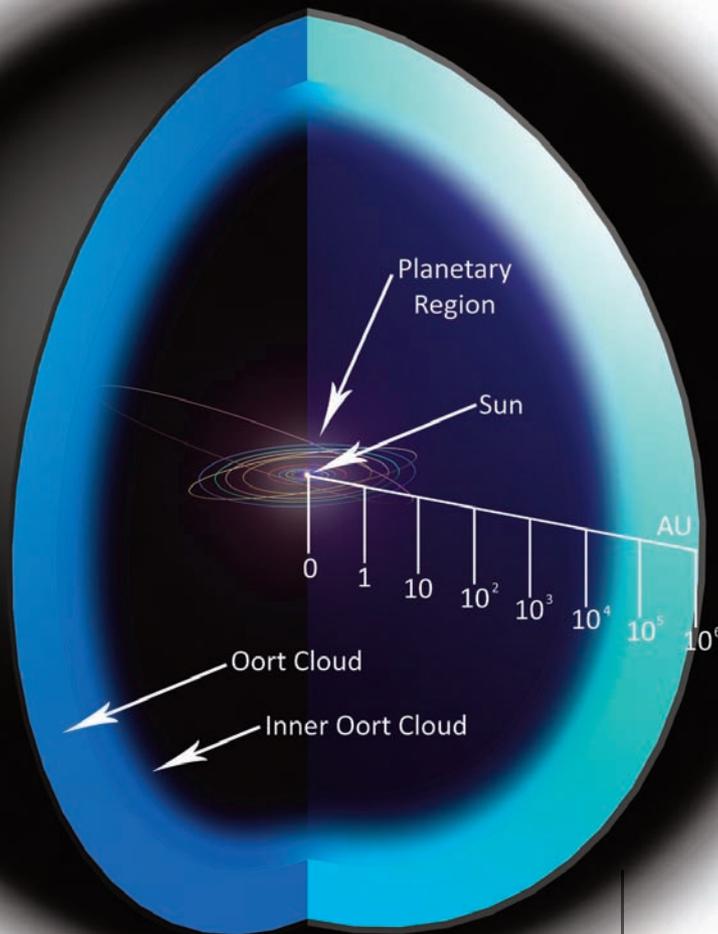
Trujillo e Sheppard non escludono alcuna ipotesi e fanno notare che potrebbe già esistere la chiave per caratterizzare con precisione la Nube di Oort interna. Sedna e 2012 VP₁₁₃ hanno infatti in comune più di ogni altra cosa il valore dell'argomento del perielio (ω): 311° per il primo, 293° per il secondo, una differenza minima che ha insospettito i ricercatori. L'argomento del perielio è la distanza angolare fra il punto del perielio (minima



Sullo sfondo, le posizioni approssimative di 2012 VP₁₁₃ e Sedna sulla loro orbita. Nel riquadro, le tre immagini della scoperta nella versione a colori (RGB). [C. Trujillo and S. Sheppard]

entro i primi 10 milioni di anni del sistema stesso, quando il Sole si trovava ancora in compagnia delle sue "consorelle", nate all'interno della comune

distanza dal Sole) e il piano dell'eclittica (quello che contiene l'orbita terrestre). Se le orbite dei due pianeti nani fossero distribuite casualmente, quella quasi coincidenza di valori sarebbe piuttosto improbabile. Ma c'è di più: quel valore è condiviso con buona approssimazione anche da vari altri oggetti transnettuniani le cui orbite hanno semiassi maggiori che superano le 150 UA. Qualunque meccanismo abbia portato alla formazione della Nube di Oort interna, le orbite dei suoi membri dovrebbero avere oggi argomenti del perielio distribuiti casualmente. Non essendo così, significa che esiste un corpo perturbatore di massa rilevante che condiziona quella distribuzione, agendo come un pastore che raduna le pecore a una certa ora della sera. Secondo Trujillo e Sheppard, un pianeta di circa 10 masse terrestri, in orbita a 200-250 UA dal Sole, potrebbe giustificare le coincidenze rilevate. Ma la stessa cosa varrebbe per pianeti più massicci posti a distanze maggiori. I recentissimi lavori di Luhman e Kirkpatrick, basati principalmente sulla survey di WISE, hanno posto vincoli molto restrittivi alla massa di un eventuale pianeta transnettuniano, ma non escludono l'esistenza di una super-Terra. Questa sarebbe però attualmente fuori dalla portata dei più potenti strumenti a disposizione degli astronomi, avendo una temperatura di poche decine di kelvin. Il fatto che l'ipotetico pianeta perturbatore non sia osservabile, non comporta automaticamente che esista davvero, anzi, le probabilità che ci sia sono scarse.



Come sottolinea Hal Levison (Southwest Research Institute), se quel pianeta fu espulso dal nostro sistema solare (ipotesi più solida di altre) avrebbe avuto solo il 2% di probabilità di stabilirsi su un'orbita compatibile con l'ipotesi di Trujillo e Sheppard. Ciò significa che o siamo di fronte a un evento raro, oppure che i pianeti espulsi dal sistema solare sono stati numerosi (ma ciò non sembra sostenibile). Ora non resta che attendere altre scoperte di pianeti nani assimilabili a Sedna e 2012 VP₁₁₃ per capire come le loro orbite vengono perturbate. A quel punto dovrebbe essere possibile risalire alla massa, alla distanza e soprattutto alla posizione del corpo perturbatore. ■

Curiosa rappresentazione della Nube di Oort, con evidenziazione delle regioni interna ed esterna. La scala delle distanze dà un'idea delle dimensioni, anche se per motivi grafici la regione dei pianeti è stata fortemente sovradimensionata. [Andrew Z. Colvin]

CAELUM



STRUMENTI PER L'ASTRONOMIA

CONS.OM. Sas - C.so Rosselli 107 - 10129 TORINO

Tel/Fax 011 500213 - Mob. 328 2120508

VISITE SU APPUNTAMENTO

IN ESCLUSIVA per l'Italia le nuove cupole della PulsarObservatories adatte per telescopi fino a 12"-14"

- Diametri di 2,2 metri e 2,7 metri.
- Elevata qualità dei materiali impiegati.
- Ottime finiture e facilità di montaggio.
- Raffinati sistemi di sicurezza.
- Compatibili per il controllo remoto.
- Tutti i modelli sono disponibili sia nella versione solo cupola sia nella versione cupola + abitacolo con ingresso.

- Tra gli accessori sono disponibili:**
- Sistemi di motorizzazione per rotazione cupola e apertura feritoia.
 - Impianti di allarme wireless per sorveglianza remota.
 - Armadi portastrumenti perimetrali.
 - Pannelli solari per alimentazione.

Tutto a prezzi assolutamente competitivi. Montaggio e trasporto su richiesta. Per maggiori informazioni: tel. 011500213

www.caelum.it
info@caelum.it

vastissima gamma di telescopi, accessori e ora anche cupole

ampio assortimento di materiale d'occasione

pagamenti agevolati

vendita anche per corrispondenza

contattaci!





montature equatoriali di alta qualità, adattabili a qualsiasi motorizzazione, costruite in alluminio da barra, bronzo e acciaio inox
niente materiali ferrosi e plastici, lunga durata, garanzia di 5 anni, ogni esemplare ha il certificato dell'errore periodico controllato in laboratorio

Bellincioni presenta il suo **Modello B230**, il più piccolo della serie di montature ad alta precisione pensate e realizzate per soddisfare appieno anche gli astrofili più esigenti



CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI:

- Ingranaggio A.R. Z=240 D122 mm in bronzo B14 con cerchio graduato D134, divisione 5'
- Ingranaggio Dec. Z=190 D97 mm in bronzo B14 con cerchio graduato D109, divisione 2°
- Viti senza fine in acciaio inox rettificate D16 mm
- Alberi in acciaio inox con cuscinetti a rulli conici di alta precisione foro 32 mm
- Contrappesi acciaio inox
- Barra contrappesi acciaio inox D25 mm piena
- Base per slitta D100
- Portata di lavoro 15 kg
- Regolazione latitudine da 0° a 70°
- Regolazione azimut 20°
- Peso 12 kg senza contrappesi

Officina Meccanica Bellincioni
Via Gramsci 161/B
13876 Sandigliano (BI)
tel. 015691553
e-mail info@bellincioni.com
www.bellincioni.com

