

# Anche oggi c'è acqua liquida su Marte

## Esplorare asteroidi e comete con i "ricci"

### Scoperta la prima Sfera di Dyson?

Misteriose onde viste correre  
in un disco protoplanetario

VISTA scopre una nuova  
componente della Via Lattea

Il quasar più vicino è azionato  
da un doppio buco nero

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](http://www.puffinbrowser.com)



**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

# 4

### **Anche oggi c'è acqua liquida su Marte**

Che Marte abbia ospitato acqua liquida in un passato più o meno remoto è cosa risaputa da tempo. Ma solo un sistema idrologico ancora attivo ai giorni nostri potrebbe supportare eventuali forme di vita indigene e agevolare l'esplorazione del pianeta agli "alieni" terrestri. Ora abbiamo la certezza che lassù...

# 12

### **Scoperta la più calda e massiccia stella doppia a contatto**

Il sistema stellare binario VFTS 352 è situato a circa 160000 anni luce di distanza, nella Nebulosa Tarantola (il nome della stella indica che è stata osservata nell'ambito della VLT FLAMES Tarantula Survey). Questa notevole regione è il più attivo vivaio stellare nell'universo vicino, e nuove osservazioni del VLT...

# 16

### **Rivisitata la Nebulosa Vela**

La bella Nebulosa Vela trae il nome dalle sue delicate e drappeggiate strutture filamentose ed è uno dei resti di supernova meglio conosciuti. Si è formata dalla morte violenta di una stella 20 volte più grande del Sole, che esplose circa 8000 anni fa. Situata approssimativamente a 2100 anni luce dalla Terra...

# 18

### **Misteriose onde viste correre in un disco protoplanetario**

AU Microscopii, o per brevità AU Mic, è una giovane e vicina stella circondata da un ampio disco di polveri. Il disco include essenzialmente asteroidi che hanno colliso con tale vigore da essere ridotti in polvere. Studi di simili dischi di detriti possono fornire indizi preziosi su come i pianeti, che si formano da...

# 22

### **VISTA scopre una nuova componente della Via Lattea**

La survey pubblica dell'ESO denominata Vista Variables in the Via Láctea Survey (VVV) usa il telescopio VISTA dell'Osservatorio Paranal per prendere immagini multiple, in tempi diversi, delle parti centrali della nostra galassia, a lunghezze d'onda infrarosse. Si stanno scoprendo un gran numero di nuovi...

# 26

### **Esplorare asteroidi e comete con i "ricci"**

L'asperità delle superfici di asteroidi e comete rende impossibile esplorarle con i tradizionali rover, serve pertanto una soluzione tecnica completamente nuova. JPL/NASA, Stanford University e MIT hanno recentemente testato quella che sembra l'alternativa più valida, un piccolo robot cubico in grado di...

# 32

### **Il quasar più vicino è azionato da un doppio buco nero**

Utilizzando il telescopio spaziale Hubble della NASA, gli astronomi hanno scoperto che Markarian 231 (Mrk 231), la galassia più vicina alla Terra fra quelle che ospitano quasar, è alimentata da due buchi neri centrali, che ruotano vorticosamente uno attorno all'altro. La scoperta suggerisce che i quasar...

# 36

### **Scoperte supernovae nel posto sbagliato nel momento sbagliato**

Gli scienziati sono rimasti affascinati da una serie di insolite esplosioni di stelle emarginate oltre i tipici, accoglienti confini delle loro galassie. Una nuova analisi di 13 supernovae (che include dati d'archivio del telescopio spaziale Hubble) sta aiutando gli astronomi a spiegare perché alcune giovani stelle sono...

# 40

### **Nuova foto di Hubble della Twin Jet Nebula**

La farfalla cosmica ritratta in questa immagine del telescopio spaziale Hubble è nota sotto vari nomi: è solitamente chiamata Twin Jet Nebula ma risponde anche al meno poetico nome di PN M2-9, dove la M si riferisce a Rudolph Minkowski, astronomo tedesco-americano che scoprì la nebulosa nel 1947...

# 44

### **Scoperta la prima sfera di Dyson?**

Nella costellazione del Cigno c'è una stella apparentemente normale che nel giro di un paio di anni ha mostrato due inesplicabili cadute di luminosità. Nessun fenomeno naturale conosciuto sembra essere all'origine di quell'anomalo comportamento e c'è chi non esclude che la causa vada ricercata nella...

# Anche oggi acqua liquida su Marte

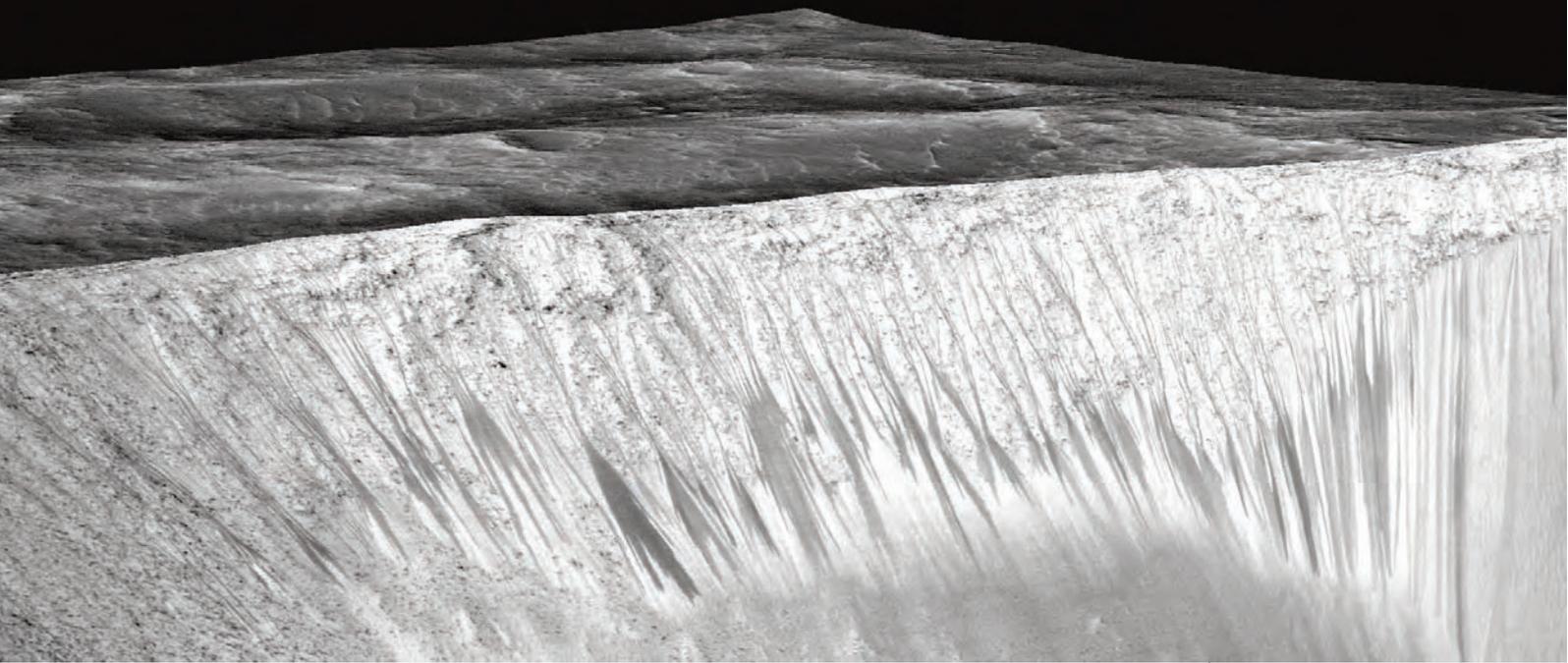
*di Michele Ferrara*

# c'è da

***Che Marte abbia ospitato acqua liquida in un passato più o meno remoto è cosa risaputa da tempo. Ma solo un sistema idrologico ancora attivo ai giorni nostri potrebbe supportare eventuali forme di vita indigene e agevolare l'esplorazione del pianeta agli "alieni" terrestri. Ora abbiamo la certezza che lassù l'acqua scorre davvero, sebbene con moderazione.***

**S**pettacolare serie di *Recurring Slope Lineae* attive all'interno di *Acheron Fossae*. I ricercatori hanno confermato che all'origine di queste strutture c'è il movimento di acqua salmastra. [NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona]

**L'**esistenza di acqua su Marte è un argomento che da oltre un secolo appassiona il genere umano. Nell'ultima quindicina di anni, quella che era solo un'ipotesi si è trasformata in una realtà sempre più concreta. Decisiva a questo proposito la missione Phoenix della NASA, che nel 2008 confermò la presenza di ghiaccio d'acqua nel suolo marziano. Ancora più significativa è stata poi la scoperta fatta nel 2012 dal rover Curiosity, che ha fotografato i greti di antichi torrenti. Mancava però il passo successivo, ovvero la dimostrazione che ancora oggi l'acqua scorre sulla superficie del pianeta rosso. Che ciò fosse possibile era noto già da diversi anni, a causa della presenza di tracce di smottamenti geologicamente molto recenti lungo



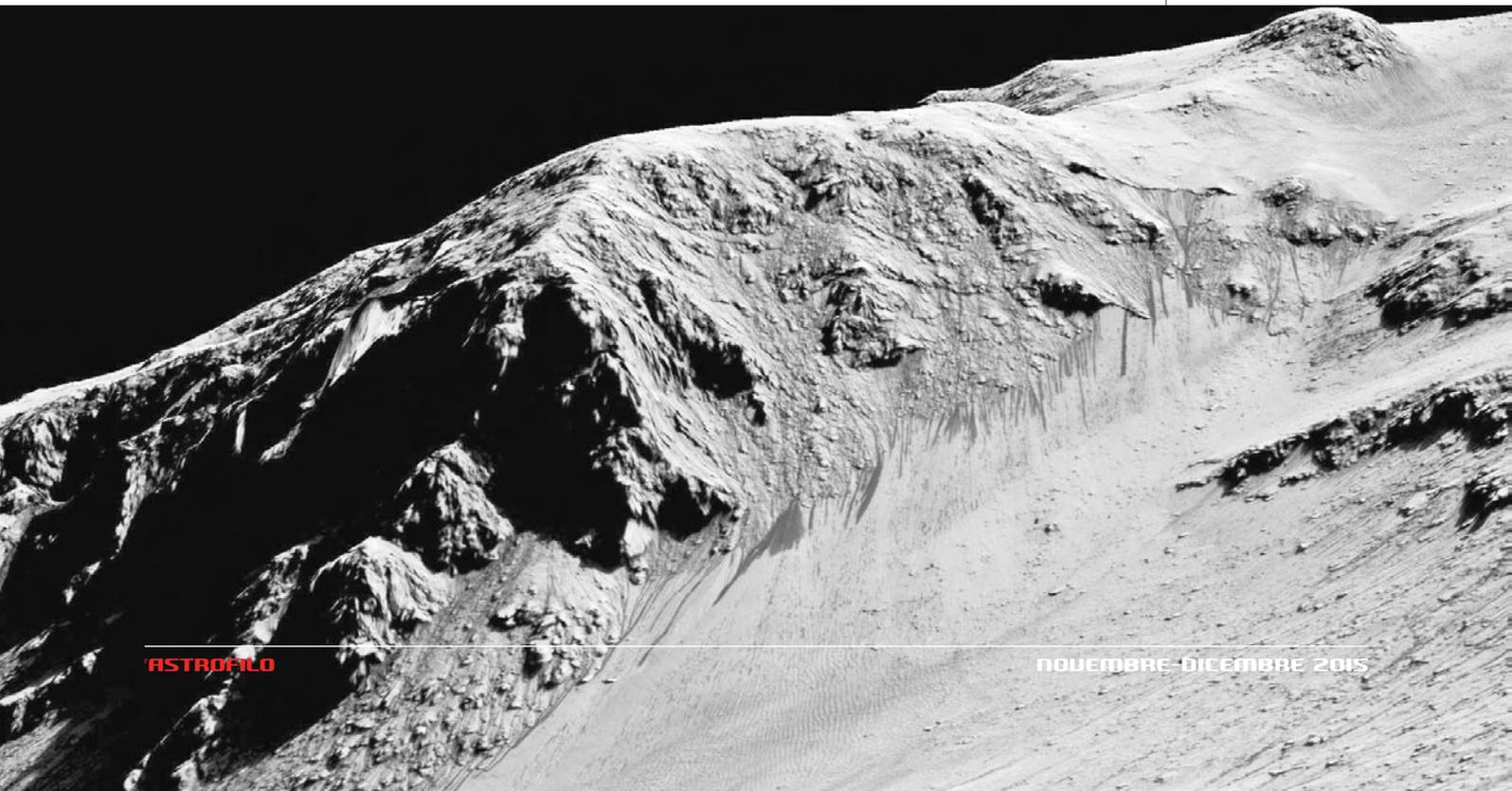
le pareti di alcuni crateri, ma non necessariamente ciò doveva testimoniare una fenomenologia ricorrente e, soprattutto, ancora in essere.

Dimostrare che a tutt'oggi esiste acqua in movimento sulla superficie di Marte aumenterebbe non poco le probabilità di scoprire in un prossimo futuro forme di vita batterica, sopravvissuta al globale inaridimento subito dal pianeta nel corso di miliardi di anni. È quindi comprensibile il clamore destato da un articolo pubblicato da alcuni ricercatori su *Nature Geoscience* il 28 settembre scorso, i quali, grazie a osservazioni del Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) della

NASA, hanno indirettamente dimostrato che anche nel presente c'è acqua liquida sulla superficie marziana.

Le fondamenta della nuova scoperta vengono gettate nel 2010-2011, quando Lujendra Ojha (Georgia Institute of Technology, Atlanta) e Alfred McEwen (Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson) iniziano a notare nelle immagini prese con lo strumento HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment) del MRO alcune serie di strie scure che si sviluppano lungo ripidi pendii, raggiungendo la massima estensione durante le stagioni calde, per poi regredire e scomparire du-

**S***opra, RSL che si estendono per alcune centinaia di metri lungo la parete del Garni crater (la scala verticale è accentuata del 50%). Sotto, omologhe formazioni, lunghe circa 100 metri, scoperte all'interno di Hale crater. [NASA/JPL- Caltech/ Univ. of Arizona]*

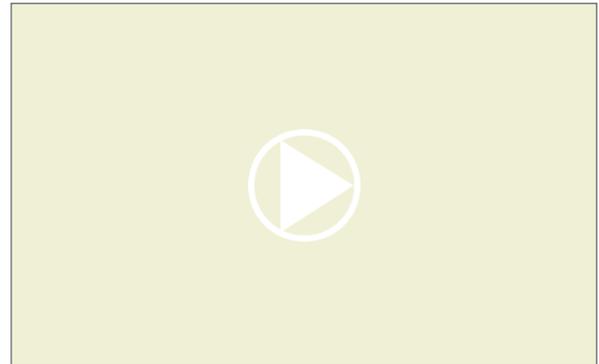


L'animazione a fianco mostra il picco centrale di Hale crater, uno dei 4 siti dove il team di Ojha e McEwen ha rilevato la presenza di sali idrati. [NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona] In basso, sono schematizzati alcuni possibili meccanismi di attivazione degli RSL. [Chuck Carter, Alfred McEwen, Scientific American]

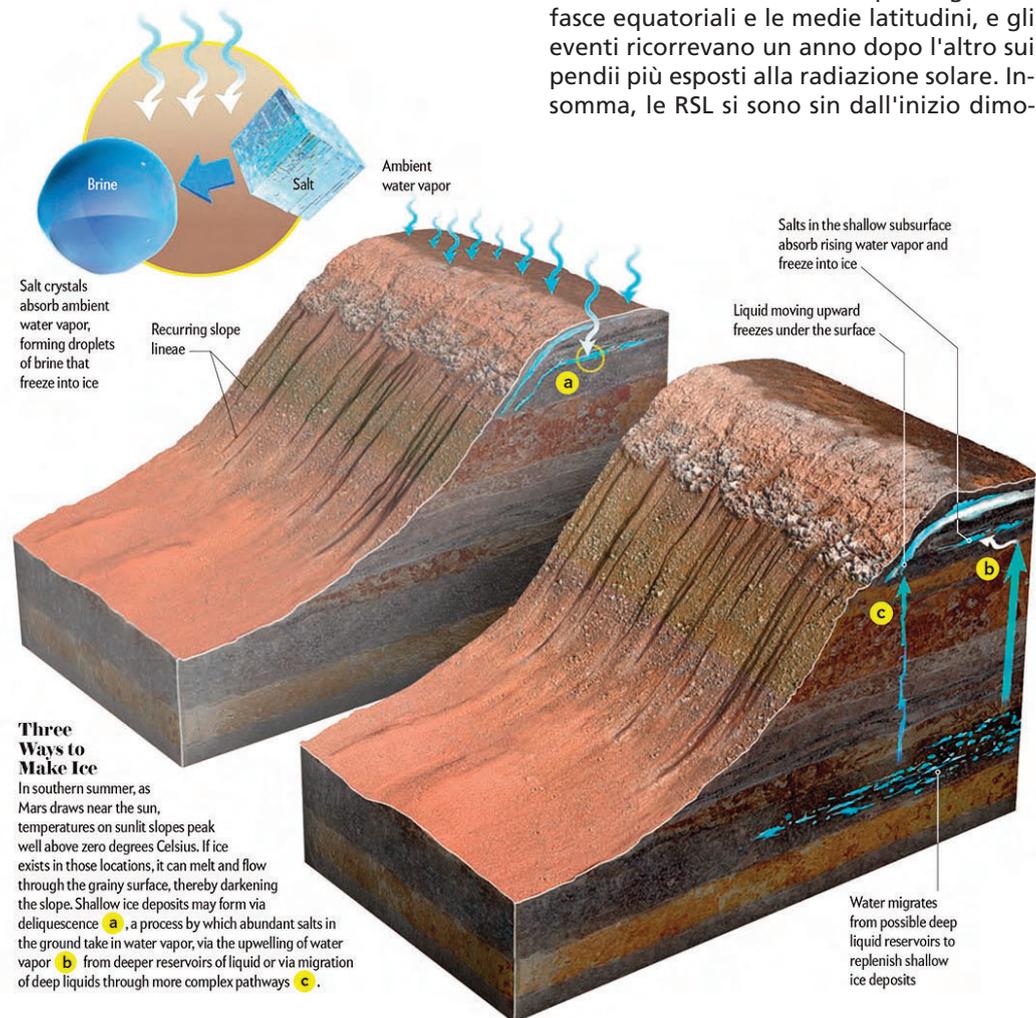
rante quelle fredde. Lunghe qualche centinaio di metri e larghe solo pochi metri, l'evoluzione delle strie appare dunque dipendere dalla temperatura del suolo.

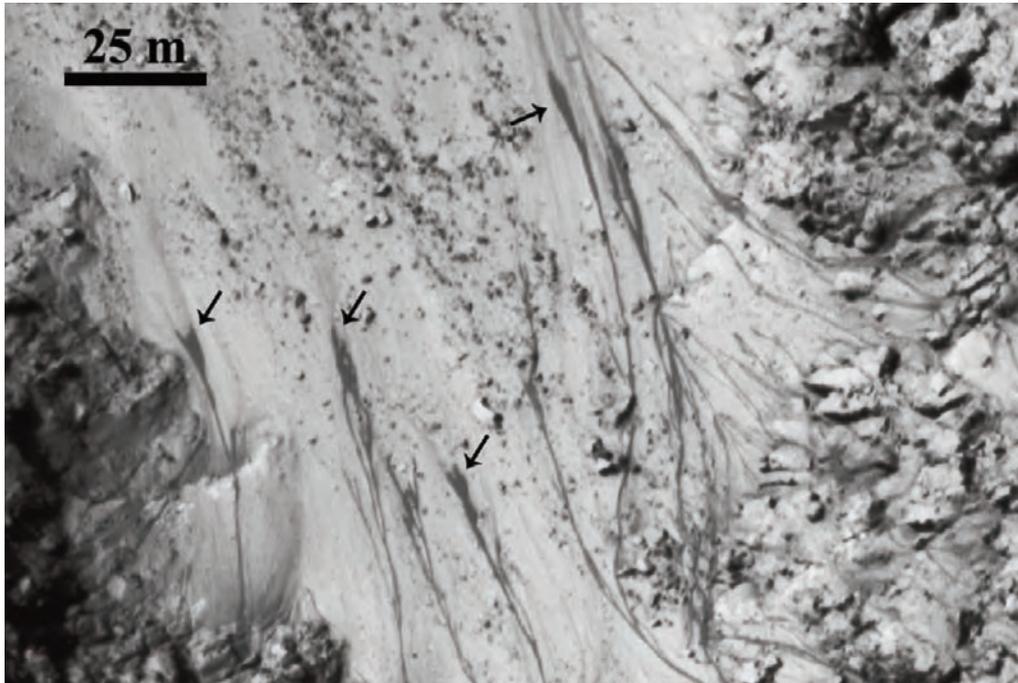
Col passare degli anni, il numero di quelle strutture individuate lungo pendii di varia natura (principalmente pareti di canyon, picchi e bordi di crateri da impatto), diviene sempre più elevato, tanto che i ricercatori iniziano a chiamarle col nome generico di Recurring Slope Lineae (RSL).

Il loro aspetto e il loro comportamento è subito apparso ai ricercatori paragonabile a quello di un rivolo d'acqua che scendendo



verso valle inumidisce (e quindi scurisce) i terreni che attraversa. L'idea che le RSL fossero modesti flussi d'acqua in movimento era suffragata anche da un altro dato di fatto: la loro distribuzione prediligeva le fasce equatoriali e le medie latitudini, e gli eventi ricorrevano un anno dopo l'altro sui pendii più esposti alla radiazione solare. Insomma, le RSL si sono sin dall'inizio dimo-





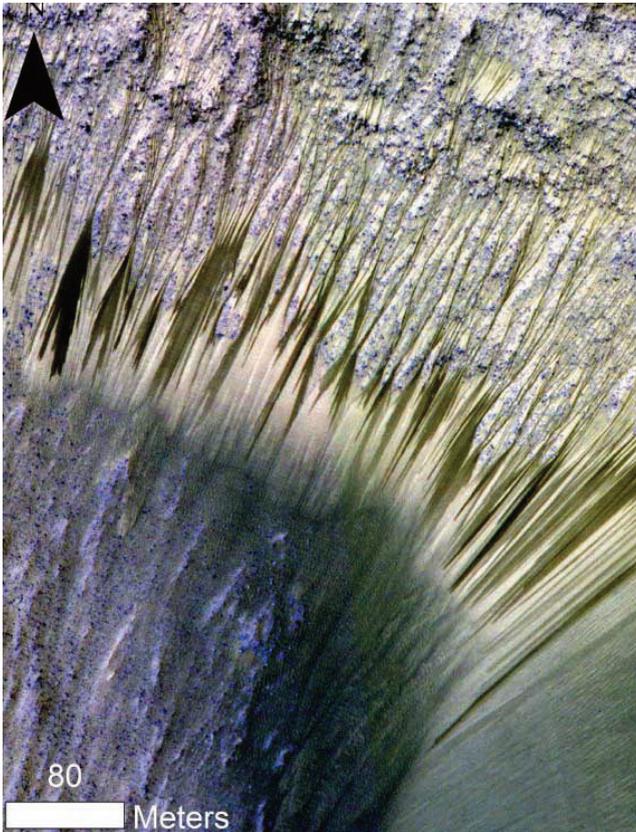
**Q**ueste due immagini della parete sud-ovest del cratere Asimov mostrano le mutazioni subite da alcune RSL a distanza di 2 anni marziani. Le freccette indicano i punti interessati dai maggiori cambiamenti. [NASA/JPL, D.E. Stillman et al.]

strate attivabili da una fonte di calore e, verosimilmente, dallo scioglimento di masse ghiacciate. Purtroppo però, la temperatura media di Marte a livello della superficie è di quasi  $-63^{\circ}\text{C}$  e solo in circostanze non fre-

quenti raggiunge e supera  $0^{\circ}\text{C}$ . Com'è dunque possibile che in numerosi luoghi di Marte l'acqua riesca a muoversi liberamente, sebbene per brevi tratti? Già anni addietro, Ojha, McEwen e i loro collaboratori avevano ipotizzato che quell'acqua può presentarsi allo stato liquido unicamente grazie a un altissimo livello di salinità. E non stiamo parlando di cloruro di sodio (il sale da cucina), che al massimo abbassa il punto di congelamento di qualche grado, bensì di composti me-

no familiari che quando disciolti nell'acqua riescono a mantenerla liquida fino ad almeno qualche decina di gradi sotto zero, trasformandola in una specie di salamoia. Nella fattispecie è risultato che le RSL si





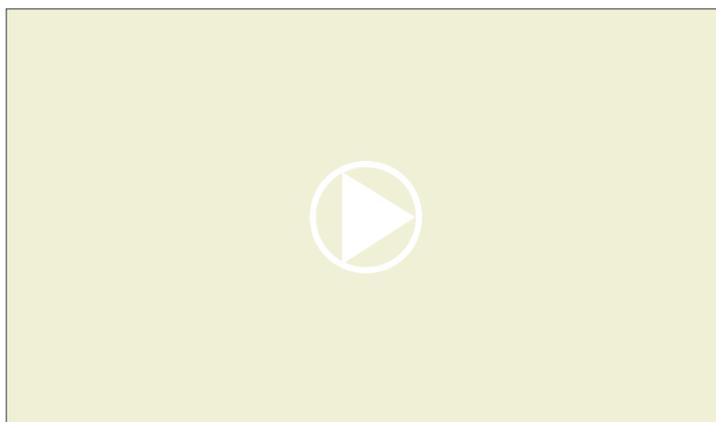
**Immagini in falsi colori di RSL in evoluzione nel Palikir crater. [Lujendra Ojha et al./ Geophysical Research Letters] Il video in basso mostra l'evoluzione di numerose RSL nelle regioni equatoriali di Marte. [NASA/ JPL/ University of Arizona, Alfred S. McEwen]**

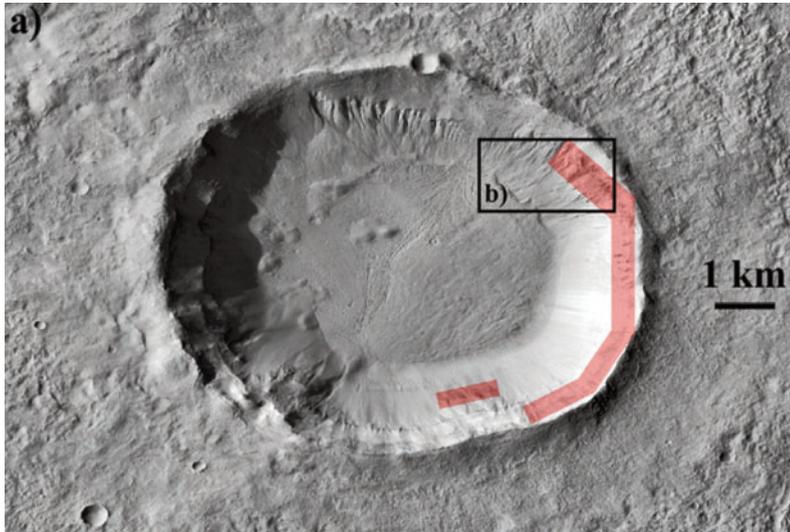
manifestano quando la temperatura dell'ambiente raggiunge o supera i  $-23^{\circ}\text{C}$ , e pertanto se il liquido che le genera è a base di acqua, questa deve necessariamente essere miscelata con sali che hanno spiccate proprietà antigelo.

Per dimostrare che su Marte scorrono anche al giorno d'oggi rivoli di acqua (seppur sal-

mastra), i ricercatori avevano due possibili vie: o sorprenderla direttamente durante lo scorrimento, cosa improbabile con la strumentazione a disposizione, oppure evidenziare la presenza di determinati sali depositati in corrispondenza delle RSL a seguito dell'evaporazione o del riassorbimento dell'acqua da parte del terreno. Essendo que-

st'ultima la via più praticabile, Ojha e colleghi hanno incrociato le immagini delle strie ottenute da HiRISE con i dati sulla composizione chimico-mineralogica acquisiti per quei terreni dallo strumento CRISM (Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars). L'analisi ha rivelato la presenza di depositi di sali idrati, areograficamente coincidenti

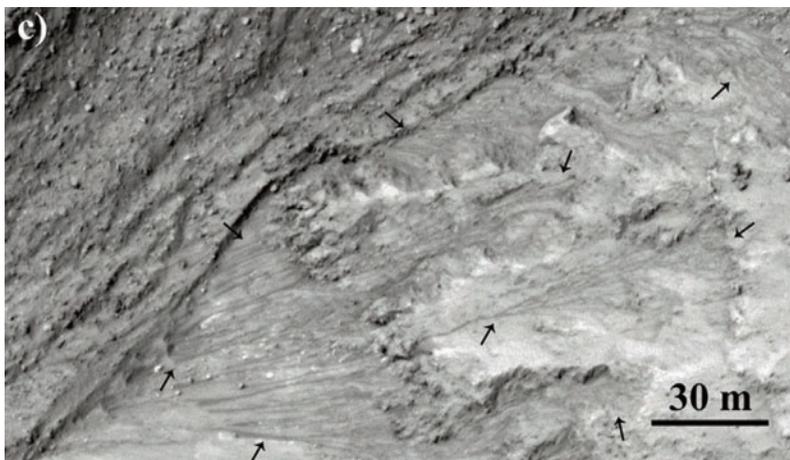
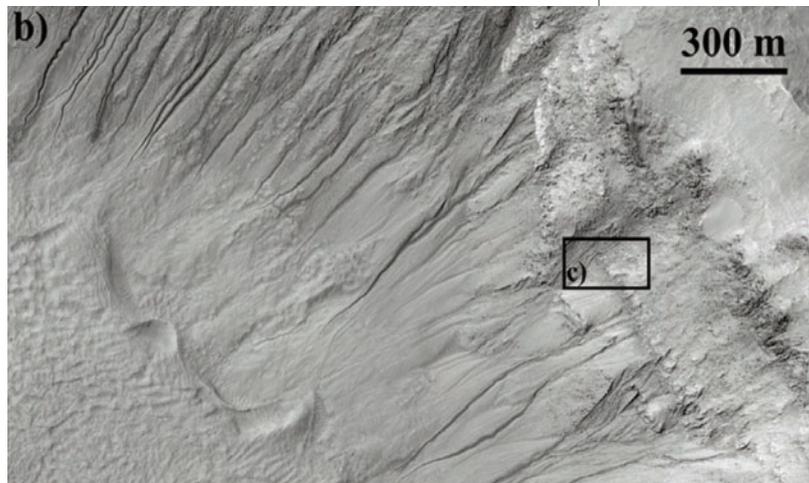




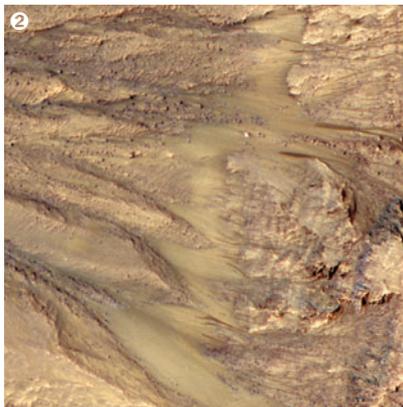
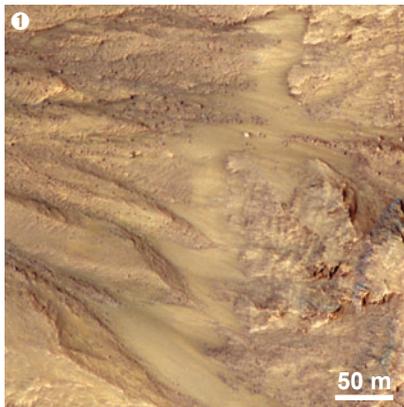
di per sé conferma la presenza di acqua liquida, dal momento che quei sali si formano grazie alla presenza dell'acqua, tanto che nella loro struttura cristallina sono inglobate alcune molecole di acqua. Clorati e perclorati hanno inoltre proprietà igroscopiche, come dire che sono molto efficienti nell'assorbire le molecole

**Q**uesta sequenza di immagini del Corozal crater (8 km di diametro) dà un'idea delle ridotte dimensioni delle RSL, larghe solo pochi metri. [NASA/JPL, D.E. Stillman et al.]

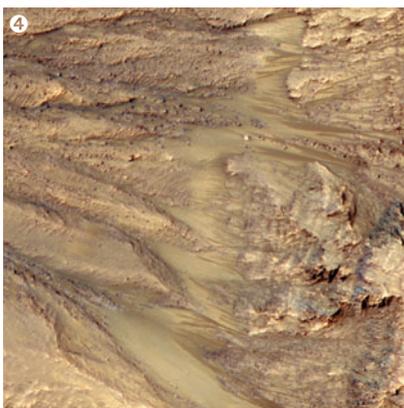
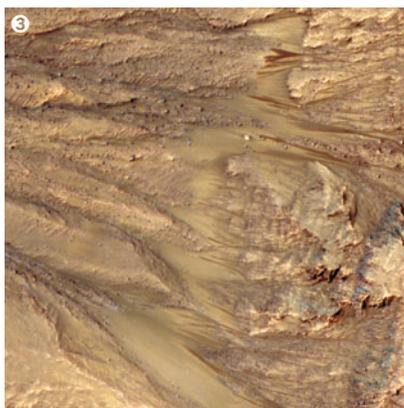
con alcune delle RSL di maggiori dimensioni, quelli più alla portata del limitato potere risolutivo dello spettrografo (numerossimi altri sono invece risultati troppo stretti per essere analizzabili). L'attenzione dei ricercatori si è soffermata in particolare su quattro diversi siti di RSL: Palikir crater (lungo la parete del cratere), Horowitz crater (sul picco centrale), Coprates Chasma (sulla parete del canyon) e Hale crater (sul picco centrale). In questi siti, CRISM ha svelato la presenza di miscele di sali idrati fra i quali dominano clorato e perclorato di magnesio, e perclorato di sodio (è la prima volta che i perclorati vengono identificati dall'orbita marziana). La loro esistenza lungo le strie già



di vapore acqueo presenti nell'atmosfera che li circonda, e quando quel processo supera una certa soglia l'acqua condensa, passando dallo stato gassoso a quello liquido, con conseguente scioglimento dei sali. Va da sé che se si trova in pendenza, la salamoia risultante inizia a scorrere.

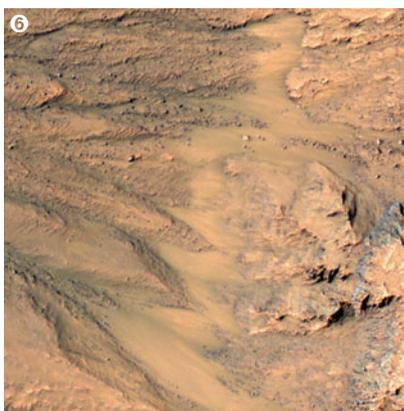
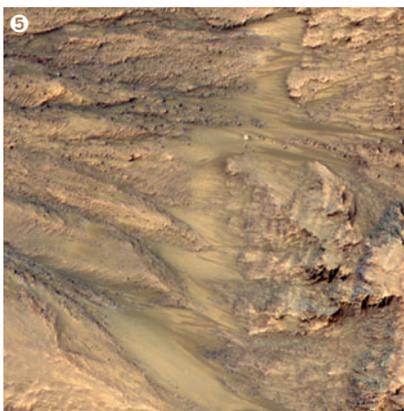


**E**voluzione di alcune RSL all'interno del Pali-kir crater nel corso di 2 anni marziani. [NASA/JPL, D.E. Stillman et al.]



È questo uno dei meccanismi proposti da Ojha e colleghi per spiegare la formazione delle RSL o almeno di alcune di esse. L'atmosfera marziana è infatti poco conosciuta a livello del suolo e potrebbe essere eccessivamente secca per fornire il vapore acqueo necessario a dar conto del ciclico ripetersi di RSL.

Un meccanismo alternativo coinvolgerebbe infiltrazioni d'acqua salata, associate a falde sotterranee, ma le quote alle quali i rivoli generalmente si attivano rendono difficile spiegare come quelle sorgenti possano rigenerarsi negli anni. Più in generale, le regioni in cui le RSL si manifestano appaiono



troppo aride affinché l'acqua possa provenire dallo scosceso sottosuolo, ma al tempo stesso è difficile spiegare perché, nel caso attingano acqua dall'atmosfera, si presentano sempre nei medesimi luoghi: i depositi di sali idrati sono la causa o la conseguenza delle RSL? Lo scenario è per ora piuttosto nebuloso e gli stessi ricercatori affermano che all'origine del fenomeno potrebbero esserci meccanismi diversi che intervengono in maniera diversa a seconda delle circostanze. L'unica cosa certa è che le RSL sono la più lampante manifestazione dell'odierna presenza di

acqua liquida su Marte. McEwen ne valuta la quantità in numerose piscine olimpiche (indicativamente, alcuni milioni di metri cubi).

L'importanza delle RSL ai fini della presenza di vita marziana è relativa, dal momento che que-

gli ambienti sono transitori, salatissimi e quindi corrosivi, e nessuna forma di vita nota potrebbe proliferarvi. Essendone però state scoperte ormai diverse migliaia, obbligano a rivalutare positivamente il ciclo idrologico del pianeta, perché anche se non è chiara la provenienza di quell'acqua, da qualche parte arriva e all'origine potrebbe non essere affatto salmastra. ■

# Scoperta la più calda e massiccia stella doppia a contatto

by ESO

Il sistema stellare binario VFTS 352 è situato a circa 160000 anni luce di distanza, nella Nebulosa Tarantola (il nome della stella indica che è stata osservata nell'ambito della VLT FLAMES Tarantula Survey). Questa notevole regione è il più attivo vivaio stellare nell'universo vicino, e nuove osservazioni del VLT dell'ESO hanno rivelato che questa coppia di giovani stelle è fra le più estreme e strane finora scoperte. (Lo studio ha anche utilizzato misurazioni di luminosità di VFTS 352 prodotte dalla OGLE survey in un periodo di dodici anni.) VFTS 352 è composta da due caldisime, brillanti e massicce stelle che orbitano attorno al comune baricen-

**Q**uesta illustrazione artistica mostra VFTS 352, ad oggi il più caldo e massiccio sistema di stelle doppie, dove le due componenti sono a contatto e condividono materiale. Le due stelle di questo sistema estremo stanno a circa 160000 anni luce dalla Terra, nella Grande Nube di Magellano. Questo interessante sistema potrebbe avviarsi a una drammatica fine, o con la formazione di una singola stella gigante o come un futuro buco nero binario. [ESO/L. Calçada]

tro in poco più di un giorno. Entrambe le componenti sono classificate come stelle di tipo O. Tali stelle sono tipicamente fra le 15 e le 80 volte più massicce del Sole, e possono essere fino a un milione di volte più luminose. Sono così calde che risplendono di un'abbagliante luce blu-bianca e hanno temperature superficiali superiori a 30000°C.

I centri delle due stelle sono separati di appena 12 milioni di km. Difatti le stelle sono così vicine che le loro superfici si sovrappongono al punto che fra di esse si è formato un ponte.



VFTS 352 è non solo la più massiccia coppia conosciuta di questa piccola classe di "binarie sovrapposte" (ha una massa complessiva di 57 volte quella del Sole), ma contiene anche le componenti più calde, con temperatura superficiale superiore a 40 000°C. Stelle estreme come le due componenti di VFTS 352 giocano un ruolo chiave nell'evoluzione delle galassie e sono considerate le principali produttrici di elementi come l'ossigeno. Questo tipo di stelle doppie sono anche collegate a comportamenti esotici, come quello mostrato dalle "stelle vampiro", dove una compagna più piccola risucchia ma-

teria dalla superficie del suo più grande vicino. Nel caso di VFTS 352, tuttavia, entrambe le stelle del sistema sono quasi di identiche dimensioni. Il materiale non viene pertanto trasferito da una stella all'altra, ma può essere invece condiviso. Si stima che le componenti di VFTS 352 condividano circa il 30% del loro materiale. (Le regioni attorno alle stelle sono conosciute come "lobi di Roche". In una binaria a contatto come VFTS 352, entrambe le stelle riempiono i rispettivi lobi di Roche.) Un siffatto sistema è davvero raro

perché questa fase della vita delle stelle è breve, rendendo difficile coglierle in "flagrante". Dal momento che le stelle sono così vicine, gli astronomi pensano che intense forze mareali possano accrescere il rimescolamento del materiale negli strati interni delle stelle stesse. "VFTS 352 è il miglior caso finora trovato di una caldissima e massiccia stella doppia che può mostrare questo tipo di mescola interna", spiega il primo autore Leonardo A. Almeida, della Universidade de São Paulo (Brasile). "Come tale, è una scoperta affascinante e importante." Gli astronomi prevedono che VFTS 352 affronterà un destino catastrofico che ha due alternative. La prima è la possibile fusione delle due stelle, il che produrrebbe una rapida rotazione ed



Questa animazione artistica mostra il massiccio sistema stellare doppio VFTS 352. [ESO/L. Calçada]

**Q**uesta immagine mostra la collocazione di VFTS 352. Il campo di vista è quello della regione di formazione stellare Tarantola e include immagini in luce visibile prese con la Wide Field Imager camera, al telescopio MPG/ESO di 2,2 metri dell'Osservatorio di La Silla, nonché immagini infrarosse prese con il telescopio VISTA di 4,1 metri dell'Osservatorio Paranal. [ESO/M.-R. Cioni/VISTA Magellanic Cloud survey]



eventualmente una singola e gigantesca stella magnetica. "Se continuasse a ruotare rapidamente potrebbe finire la sua vita in una delle esplosioni più energetiche dell'universo, un *Gamma-Ray Burst di lunga durata*", dice il responsabile del progetto Hugues Sana, della University of Leuven (Belgio). La seconda alternativa è spiegata dal principale astrofisico teorico del team che ha condotto lo studio, Selma de Mink, della University of Amsterdam: "Se le stelle sono miscelate abbastanza bene, rimangono entrambe compatte e il sistema di VFTS 352 può evitare la fusione. Ciò porterebbe gli oggetti lungo un nuovo percorso evolutivo,

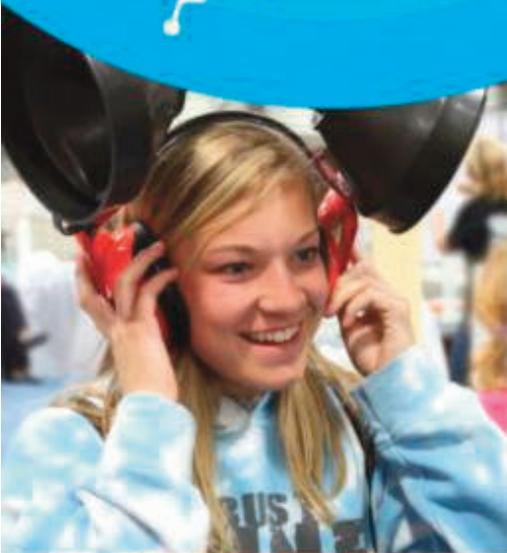
che è totalmente diverso dalle classiche previsioni dell'evoluzione stellare. Nel caso di VFTS 352, le componenti terminerebbero probabilmente le loro esistenze in esplosioni di supernova, formando un sistema bina-

rio stretto di buchi neri. Un tale notevole oggetto sarebbe un'intensa sorgente di onde gravitazionali". Dimostrare l'esistenza di questo secondo percorso evolutivo sarebbe un passo avanti osservativo nel campo

dell'astrofisica stellare. Ma, indipendentemente da come VFTS 352 incontrerà la sua fine, questo sistema ha già fornito agli astronomi nuove preziose informazioni sui poco conosciuti processi evolutivi dei sistemi stellari a contatto. ■



**Q**uesta sequenza zoom inizia con un ampio panorama del cielo notturno australe e termina nella regione di formazione stellare Tarantola, nella Grande Nube di Magellano. Fra le tante stelle giovani e caldissime, lì c'è anche VFTS 352, il più caldo e massiccio sistema stellare doppio conosciuto, nel quale le due componenti sono a contatto e condividono materiale. Il frame finale mostra un primo piano della regione di questo esotico oggetto. [ESO/N. Risinger (skysurvey.org)/R. Gendler]



ANNOUNCING THE 4TH FESTIVAL

**APRIL 16 & 17, 2016**

WASHINGTON, D.C. | A FREE AND OPEN EVENT TO THE PUBLIC

[USASCIENCEFESTIVAL.ORG](http://USASCIENCEFESTIVAL.ORG)

FOUNDING & PRESENTING HOST: **LOCKHEED MARTIN**





# Rivisitata la Nebulosa Vela

by NASA

**L**a bella Nebulosa Vela trae il nome dalle sue delicate e drappeggiate strutture filamentose ed è uno dei resti di supernova meglio conosciuti. Si è formata dalla morte violenta di una stella 20 volte più grande del Sole, che esplose circa 8000 anni fa. Situata approssimativamente a 2100 anni luce dalla

Terra, nella costellazione del Cigno, questa nube di detriti dai colori brillanti si estende all'incirca per 110 anni luce.

Nel 1997, la Wide Field and Planetary Camera 2 di Hubble fotografò la Nebulosa Vela, fornendo vedute dettagliate della sua struttura. Ora, sovrapponendo le immagini della

**Q**uesta immagine mostra una piccola sezione della Nebulosa Vela, come osservata dal telescopio spaziale Hubble. Questa sezione del guscio esterno del famoso residuo di supernova è la regione nota come NGC 6960 o, più familiarmente, come Nebulosa Scopa della Strega. [NASA, ESA, Hubble Heritage Team]

WFPC2 con quelle della nuova Wide Field Camera 3 si ottiene un dettaglio ancora maggiore, che permette agli scienziati di studiare quanto la nebulosa si è espansa da quando venne fotografata 18 anni fa. Nonostante la complessità della nebulosa e la distanza da noi, il moto di alcune delle sue delicate strutture è



chiaramente visibile, in particolare quello dei deboli filamenti rossi di idrogeno.

In questa immagine, uno di quei filamenti può essere visto ondeggiare attraverso il centro delle grandi strutture che dominano l'immagine. Gli astronomi sospettano che prima di esplodere, il progenitore della Nebulosa Vela rilasciò un forte vento stellare, che soffiò una grande cavità nel gas interstellare circostante. Quando l'onda d'urto della supernova si espanse all'esterno, incontrò il muro di quella cavità e formò le strutture distintive della nebulosa.

I filamenti più brillanti furono prodotti quando l'onda

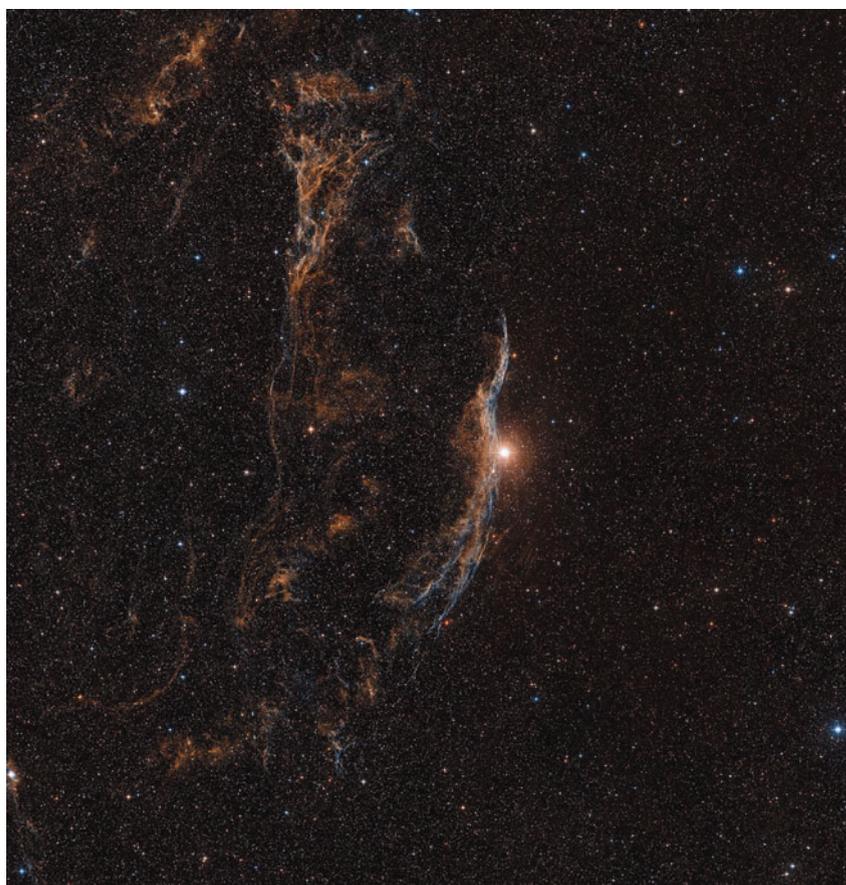
d'urto interagì con il relativamente denso muro della cavità, mentre le regioni più deboli si generarono in regioni quasi vuote di materiale.

L'aspetto variopinto della Nebulosa Vela è generato dalle variazioni di temperatura e densità degli elementi chimici presenti. I tratti colorati di blu (che delineano il muro della cavità) appaiono lisci e curvi rispetto a quelli più increspatisi colorati di verde e rosso. Questo perché il gas tracciato del filtro blu ha incontrato più di recente l'onda d'urto della nebulosa, perciò mantiene ancora la forma originale del fronte d'onda. Questi tratti contengono anche gas più caldo rispetto a quelli rossi e verdi.

Questi ultimi si sono eccitati più a lungo e si sono successivamente dif-

fusi in strutture più caotiche. I colori dell'immagine sono stati scelti per aiutare l'identificazione delle tre diverse specie di gas e non rappresentano i reali colori della nebulosa. Nascosti fra queste luminose strutture caotiche si trovano filamenti di colore rosso e dai bordi netti. Questi deboli tratti di emissione di idrogeno sono creati attraverso un mec-

spazzato dell'onda d'urto (che si muove ad almeno 1,5 milioni di km/h!) e l'idrogeno nel gas viene eccitato dalla collisione di particelle nel fronte d'onda stesso. Nonostante l'utilizzo di sei inquadrature a pieno campo di Hubble, queste nuove immagini della WFC3 (pagina precedente) coprono solo una piccola frazione del bordo esterno



**Q**uesta immagine mostra il resto di supernova Vela e il cielo circostante. A causa delle dimensioni della nebulosa, il telescopio spaziale Hubble è stato in grado di osservarne in dettaglio solo una piccola parte. [NASA, ESA, Digitized Sky Survey 2]

canismo totalmente differente rispetto a quello che genera i loro compagni increspatisi rossi, e forniscono agli scienziati un'istantanea del fronte dell'onda d'urto. Il colore rosso emerge dopo che il gas è stato

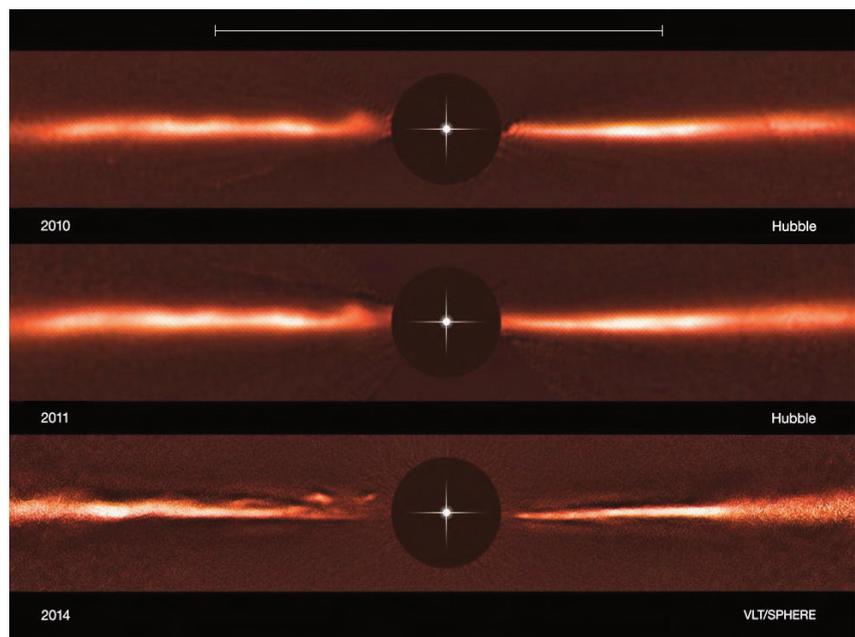
della nebulosa. Collocata nella parte ovest del residuo di supernova, questa sezione del guscio esterno è la regione nota come NGC 6960 o, più familiarmente, come Nebulosa Scopa della Strega. ■

# Misteriose onde viste correre in un disco protoplanetario

by ESO

**AU** Microscopii, o per brevità AU Mic, è una giovane e vicina stella circondata da un ampio disco di polveri. Il disco include essenzialmente asteroidi che hanno colliso con tale vigore da essere ridotti in polvere. Studi di simili dischi di detriti possono fornire indizi preziosi su come i pianeti, che si formano da tali dischi, vengono creati. Gli astronomi hanno cercato nel disco di AU Mic qualunque segno di concentrazione o tratti deformati, poiché segni del genere potrebbero rivelare la posizione di eventuali pianeti. Nel 2014 hanno usato per la loro ricerca le poderose capacità di imaging ad alto contrasto del neo-installato strumento SPHERE, montato sul Very Large Telescope, e scoperto qualcosa di molto insolito. *“Le nostre osservazioni hanno mostrato qualcosa di inatteso”,* spiega Anthony Boccaletti, dell'Observatoire de Paris, primo autore dello studio. *“Le immagini registrate da SPHERE mostrano nel disco una serie di fattezze inspiegabili, che hanno una struttura ad arco o ad onda, diversa da qualunque cosa che sia stata osservata prima.”*

Cinque archi ondulati a diverse distanze dalla stella si presentano nelle nuove immagini, ricordando increspature nell'acqua. Dopo aver individuato quei tratti nei dati di SPHERE, il team è tornato alle immagini prece-



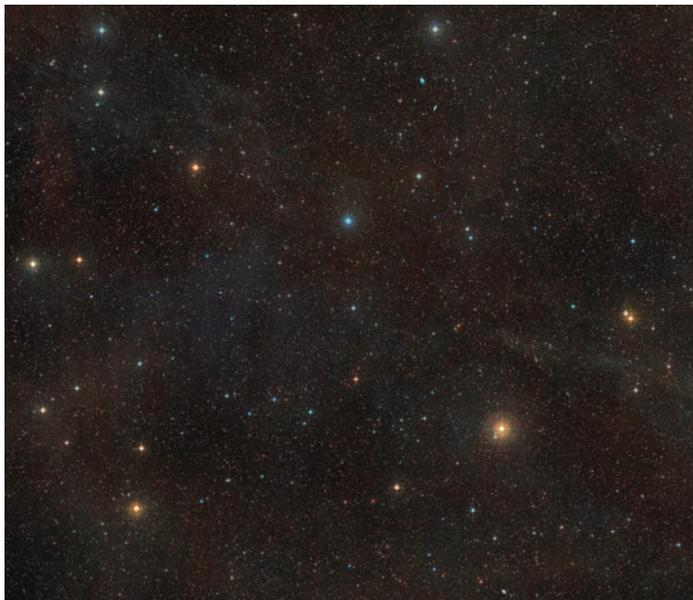
**L**a riga in alto mostra un'immagine di Hubble del 2010 di AU Mic, la riga in centro una simile del 2011 e la riga in basso un'immagine del 2014 presa con lo strumento SPHERE, montato sul Very Large Telescope. Il cerchio nero centrale mostra dove la luce della brillante stella è stata bloccata per mostrare il molto più debole disco (la posizione della stella è indicata schematicamente). La barra della scala posta in cima indica, per confronto, il diametro dell'orbita del pianeta Nettuno (60 UA). Da notare che la luminosità della parte esterna del disco è stata intensificata artificialmente per svelare la sua struttura più debole. [ESO, NASA & ESA]

denti del disco ottenute dal telescopio spaziale Hubble nel 2010 e nel 2011, per vedere se quelle strutture erano visibili anche in esse. I ricercatori sono stati in grado non solo di identificarle anche in quelle immagini, ma hanno anche scoperto che

sono cambiate nel tempo. È risultato che quelle increspature si muovono, e molto velocemente! *“Abbiamo rielaborato le immagini dai dati di Hubble e concluso con sufficienti informazioni da tracciare il movimento di queste strane strutture su un perio-*

do di quattro anni", spiega il membro del team Christian Thalmann (ETH Zürich). "Nel far questo, abbiamo scoperto che gli archi stanno fuggendo dalla stella a velocità che raggiungono circa 40000 km orari!"

Le strutture più lontane dalla stella sembrano muoversi più velocemente di quelle più vicine ad essa. Almeno tre di quelle conformazioni si muovono così velocemente che potrebbero sfuggire all'attrazione gravitazionale della stella. Una velocità tanto elevata esclude la possibilità che queste siano strutture convenzionali del disco, provocate da oggetti (tipo pianeti) che disturbano il materiale del disco stesso mentre orbitano la stella. La visione di taglio del disco complica l'interpretazione della sua forma tridimensionale. Ci deve essere stato qualcos'altro di coinvolto per accelerare le increspature



**Q**uesta immagine mostra il cielo attorno alla vicina stella AU Microscopii. È stata creata con riprese che fanno parte della Digitized Sky Survey 2. AU Mic appare appena sotto il centro dell'immagine come una stella arancione di moderata luminosità. Visto che le fotografie attraverso diversi filtri colorati che sono state usate per comporre questa immagine sono state prese a diversi anni di distanza, AU Mic appare doppia, poiché il moto proprio della stella l'ha spostata di un breve tratto attraverso il cielo nel periodo intercorso. [ESO/Digitized Sky Survey 2]

e farle muovere così velocemente, come dire che sono un segno di qualcosa davvero inusuale. "Tutto ciò che riguarda questa scoperta è piuttosto sorprendente!", commenta la co-autrice Carol Grady, di Eureka Scientific, USA. "E poiché nulla di simile è stato già osservato o previsto dalla teoria, possiamo solo fare delle ipotesi su quello che stiamo vedendo e su come si è formato." I ricercatori non possono dire con certezza che cosa abbia provocato queste misteriose increspature attorno alla stella, hanno però considerato ed escluso una serie di fenomeni come spiegazioni, inclusa la collisione di due massicci e rari oggetti di tipo asteroidale, in grado di rilasciare una gran quantità di polveri, e onde a spirale innescate da instabilità nella gravità del sistema.

Ma altre idee che hanno considerato sembrano più promettenti. "Una spiegazione per le strane strutture le collega a brillamenti della stella. AU Mic è una stella con elevata attività flaring e spesso rilascia enormi e improvvise raffiche di energia dalla superficie o nelle sue vicinanze", spiega il co-autore Glenn Schneider, dello Steward Observatory, USA. "Uno di questi brillamenti potrebbe forse aver innescato qualcosa su uno dei pianeti (se ve ne sono), come ad esempio una violenta sottrazione di materiale, che starebbe ora propagandosi attraverso il disco, accelerato dalla forza del brillamento."

"È assai appagante che SPHERE abbia dimostrato di essere molto adatto nello studio di dischi come questo nel suo primo anno di attività", ha aggiunto Jean-Luc Beuzit, che è sia co-autore del nuovo studio, sia responsabile dello sviluppo dello stesso SPHERE. Il team ha intenzione di continuare a osservare il sistema di AU Mic con SPHERE e altri strumenti, incluso ALMA, per tentare di capire che cosa stia succedendo. Ma per ora quelle curiose conformazioni restano un mistero irrisolto. ■



**Q**uesta breve sequenza timelapse mostra immagini del disco di detriti attorno alla vicina stella AU Microscopii nel 2010, 2011 e 2014. Le due prime immagini arrivano dal telescopio spaziale Hubble, mentre quella finale è del nuovo strumento SPHERE, del Very Large Telescope dell'ESO. [ESO, ESA & NASA]

# Scoperto un ammasso di galassie con un cuore esplosivo

by NASA

**G**li ammassi di galassie sono vaste famiglie di galassie legate assieme dalla gravità. La nostra stessa galassia, la Via Lattea, risiede all'interno di un piccolo gruppo di galassie conosciuto come Gruppo Locale, il quale è a sua volta membro del massiccio superammasso Laniakea. Le galassie nei centri degli ammassi sono solitamente costituite di fossili stellari (stelle vecchie, rosse, oppure morte). Tuttavia gli astronomi hanno ora scoperto una galassia gigante nel cuore di un ammasso chiamato SpARCS1049+56, che sembra essere in controtendenza, formando nuove stelle a un ritmo incredibile. *“Pensiamo che la galassia gigante al centro di questo ammasso stia fabbricando furiosamente nuovi astri a seguito di una fusione con una galassia più piccola”*, ha spiega-

to Tracy Webb, della McGill University, Montreal, Canada, prima autrice dello studio.

La galassia era stata inizialmente scoperta usando il telescopio spaziale Spitzer della NASA e il Canada-France-Hawaii Telescope, situato sul Mauna Kea, alle Hawaii, e poi con-

fermata attraverso il W.M. Keck Observatory, anch'esso sul Mauna Kea. Osservazioni susseguenti, compiute con Hubble, hanno permesso agli astronomi di esplorare l'attività della galassia.

L'ammasso SpARCS1049+56 è talmente lontano che la sua luce impiega 9,8 miliardi di anni per raggiungerci. Ospita almeno 27 galassie e ha una massa complessiva pari a 400 trilioni di soli (1 trilione =  $10^{18}$ ). Si tratta di un ammasso veramente unico sotto questo aspetto, il suo cuore pulsa di nuove stelle. La galassia più brillante dell'ammasso sta rapidamente sfornando 800 nuove stelle all'anno. La Via Lattea forma al massimo 2 stelle all'anno! (Nel nucleo della maggior parte degli ammassi di galassie risiede una gigantesca galassia, che viene denominata BCG, da Brightest Cluster Galaxy. La nuova galassia esplosiva scoperta è la BCG di SpARCS1049+56.) *“I dati di Spitzer ci hanno mostrato una quantità vera-*



**Q**uesta immagine, realizzata con dati ottenuti attraverso i telescopi spaziali Spitzer e Hubble, mostra l'ammasso di galassie SpARCS1049+56. [NASA/STScI/ESA/JPL-Caltech/McGill]

mente enorme di stelle in formazione nel cuore di questo ammasso, qualcosa che raramente è stato visto in precedenza, e certamente non in un ammasso così distante”, ha commentato il co-autore Adam Muzzin, della University of Cambridge, UK. Spitzer raccoglie la luce infrarossa, pertanto può rilevare il bagliore caldo di polverose e nascoste regioni di formazione stellare. Studi di verifica condotti con Hubble nella luce visibile hanno aiutato a localizzare con esattezza che cosa stava alimentando quel processo. Sembra che una galassia più piccola si sia recentemente fusa col mostro al centro dell'ammasso, cedendo il suo gas alla galassia maggiore e accendendo un furioso episodio di nascita di nuove stelle. “Abbiamo usato Hubble per esplorare la galassia in profondità e non siamo rimasti delusi”, ha aggiunto Muzzin. “Hubble ha scoperto il caos di una fusione al centro di questo ammasso. Abbiamo individuato strutture che sembrano perline di una collana.”

I “fili di perle” sono segni rivelatori di qualcosa noto come “fusione ba-

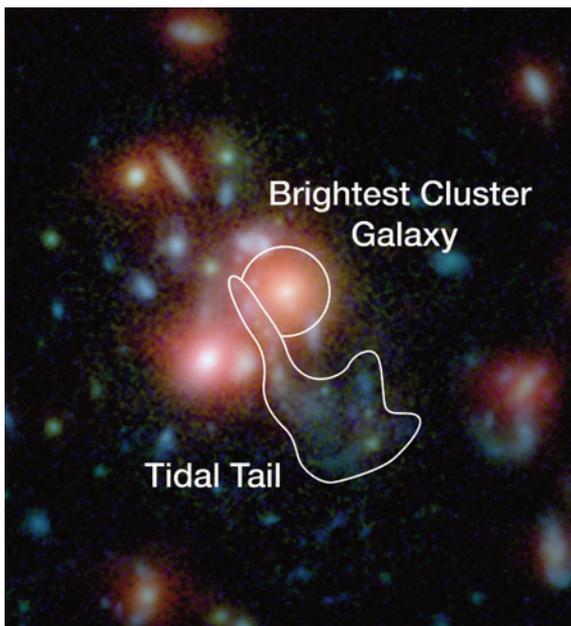


**Q**uesta immagine mostra la regione di cielo attorno al distante ammasso di galassie SpARCS1049+56. La luce dell'ammasso impiega 9,8 miliardi di anni a raggiungerci. L'ammasso ospita almeno 27 galassie, probabilmente di più, e ha una massa complessiva pari a 400 trilioni di soli. [NASA, ESA, Digitized Sky Survey 2]

gnata”. Una fusione bagnata avviene quando galassie ricche di gas collidono e questo gas viene rapidamente tramutato in nuove stelle. La nuova scoperta è uno dei primi casi

noti di fusione bagnata nel cuore di un ammasso galattico. Hubble aveva precedentemente scoperto un altro ammasso di galassie, più vicino, contenente una fusione bagnata, ma non stava formando stelle con altrettanto vigore. Altri ammassi di galassie crescono di massa attraverso fusioni asciutte (che comportano l'unione di due galassie prive di gas), o deviando gas verso i loro centri. Ad esempio, il mega ammasso di galassie conosciuto come Ammasso della Fenice cresce in dimensioni “sorvegliando” gas che fluisce nel suo centro. Gli astronomi ora mirano a scoprire quanto sia comune questo tipo di meccanismo di crescita negli ammassi di galassie. Ci sono altri “mangiatori disordinati” là fuori, simili a SpARCS1049+56, che fagocitano galassie ricche di gas? SpARCS1049+56 può essere un caso speciale, oppure può rappresentare un periodo del nostro universo in cui i “mangiatori disordinati” erano la norma. ■

**Q**uesta immagine, realizzata con dati ottenuti attraverso i telescopi spaziali Spitzer e Hubble, mostra la regione centrale dell'ammasso di galassie SpARCS1049+56. La galassia più brillante al centro dell'ammasso è attualmente soggetta a una fusione bagnata che produce enormi quantità di nuove stelle. Sono evidenziate la coda mareale (un indicatore della fusione) e la galassia più brillante dell'ammasso. [NASA/STScI/ESA/JPLCaltech/McGill]



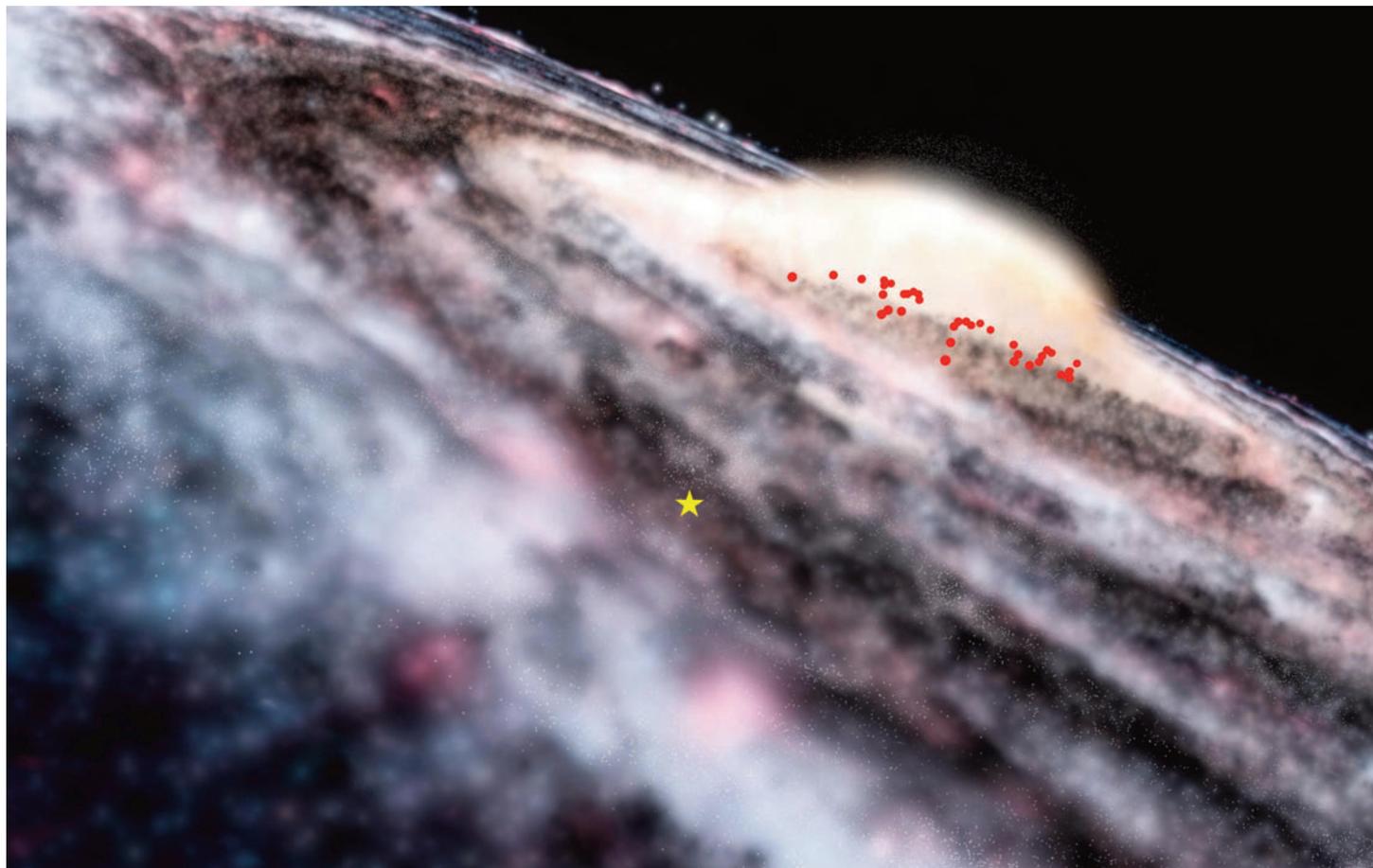
# VISTA scopre una nuova componente della Via Lattea

by ESO

La survey pubblica dell'ESO denominata Vista Variables in the Via Láctea Survey (VVV) usa il telescopio VISTA dell'Osservatorio Paranal

per prendere immagini multiple, in tempi diversi, delle parti centrali della nostra galassia, a lunghezze d'onda infrarosse. Si stanno scoprendo un gran numero di nuovi oggetti, incluse stelle variabili, ammassi ed esplosioni stellari. Un team di a-

stronomi guidato da Istvan Dékány, della Pontificia Universidad Católica de Chile, ha ora utilizzato dati di quella survey, presi fra il 2010 e il 2014, per fare una notevole scoperta: una struttura prima sconosciuta della nostra galassia. *"Il rigonfiamen-*



to centrale della Via Lattea è ritenuto consistere di un gran numero di stelle vecchie, ma i dati di VISTA hanno rivelato qualcosa di nuovo e molto giovane per gli standard astro-nomici!", dice Dékány, primo autore del nuovo studio.

Analizzando i dati della survey, gli astronomi hanno trovato 655 candidate stelle variabili di un tipo chiamato cefeidi. Queste stelle si espandono e si contraggono periodicamente, impiegando da pochi giorni a mesi per completare un ciclo, e variando significativamente di luminosità mentre lo fanno. Il tempo impiegato da una cefeide per aumentare di splendore e poi indebolirsi ancora è più lungo per quelle che sono più brillanti e più corto per quelle più deboli. Questa relazione notevolmente precisa, che fu scoperta nel 1908 dall'astronoma americana Henrietta Swan Leavitt, rende lo studio delle cefeidi uno dei metodi più efficaci per misurare le distanze e mappare le posi-

**C**on il telescopio VISTA, all'Osservatorio Paranal dell'ESO, gli astronomi hanno scoperto una componente della Via Lattea, precedentemente sconosciuta. Mappando la posizione di una classe di stelle, chiamate cefeidi, che variano di luminosità, è stato trovato nel rigonfiamento centrale un disco di giovani stelle sepolto dietro spesse nubi di polveri. Questa illustrazione artistica della Via Lattea mostra la posizione delle cefeidi appena scoperte (punti rossi). La stellina gialla indica la posizione del Sole. [ESO/Microsoft WorldWide Telescope]

zioni di oggetti lontani nella Via Lattea e oltre.

Ma c'è un inconveniente: le cefeidi non sono sempre le stesse e si presentano in due classi principali, una molto più giovane dell'altra. Nel loro campione di 655 stelle, il team ne ha identificate 35 come appartenenti a un sottogruppo chia-

mato cefeidi classiche, giovani e brillanti stelle, molto diverse dalle solite molto più vecchie che risiedono nel rigonfiamento centrale della Via Lattea. Il team ha raccolto informazioni sulla luminosità e sul periodo di pulsazione e ha dedotto le distanze di quelle 35 cefeidi classiche. I loro periodi di pulsazione, che sono strettamente collegati alla loro età, hanno rivelato la loro sorprendente giovinezza.

"Tutte le 35 cefeidi classiche scoperte hanno meno di 100 milioni di anni. La cefeide più giovane potrebbe essere vecchia di appena 25 milioni di anni, sebbene non possiamo escludere la possibile presenza di cefeidi ancora più giovani e brillanti", ha spiegato il secondo autore dello studio, Dante Minniti, dell'Universidad Andres Bello, Santiago, Cile.

Le età di queste cefeidi classiche forniscono una solida prova che c'è stato un continuo rifornimento di nuove stelle, mai confermato prima, nella regione centrale della Via Lattea negli ultimi 100 milioni di anni. Ma questa non è stata l'unica notevole scoperta emersa dai dati della survey. Realizzando una mappa delle cefeidi scoperte, i ricercatori hanno delineato una struttura completamente nuova della Via Lattea,



**Q**uesto video mostra la posizione delle cefeidi appena scoperte (punti rossi), in un'illustrazione artistica della Via Lattea. [ESO/Microsoft Worldwide Telescope]

un sottile disco di giovani stelle che attraversa il rigonfiamento galattico. Questa nuova componente della nostra galassia è rimasta sconosciuta e invisibile a precedenti survey, perché era sepolta dietro spesse nubi di polveri. La sua scoperta ha dimostrato la capacità unica di VISTA, che è stato disegnato per studiare le strutture profonde della Via Lattea, attraverso l'imaging ad ampio campo e ad alta risoluzione nelle lunghezze d'onda infrarosse.

"Questo studio è una dimostrazione potente delle impareggiabili capacità del telescopio VISTA nel sondare regioni galattiche estremamente oscure, che non possono essere raggiunte da nessun'altra survey attuale o pianificata", ha rimarcato Dékány. "Questa parte della galassia era totalmente sconosciuta prima che la nostra survey VVV la scoprisse!" ha aggiunto Minniti.

Ulteriori indagini sono ora necessarie per valutare se queste cefeidi sono nate vicino a dove si trovano oggi o se sono nate altrove. La comprensione delle loro proprietà fondamentali, della loro interazione ed evoluzione è essenziale per capire l'evoluzione della Via Lattea e il processo di evoluzione galattica nel suo insieme. ■

# Matteo Renzi visita il Paranal

by ESO

Il 24 ottobre 2015 il Presidente del Consiglio italiano, Matteo Renzi, ha visitato l'Osservatorio dell'ESO al Paranal, nel Deserto di Atacama, nel Cile settentrionale. È stato accompagnato nella visita delle infrastrutture osservative d'avanguardia dell'ESO dal Direttore Generale dell'ESO, Tim de Zeeuw, e dal Responsabile di Progetto dell'E-ELT (European Extremely Large Telescope), Roberto Tamai.

Il Presidente del Consiglio era accompagnato dal Sottosegretario di Stato per gli Affari Esteri, Mario Giro, e dall'ambasciatore italiano in Cile, Marco Ricci, da altri ufficiali del Governo italiano e da Francesco Starace, Amministratore Delegato dell'ENEL, la multinazionale energetica italiana. Erano presenti anche la Direttrice del Protocollo al Ministero cileno degli Affari Esteri, Gloria Navarrete, e l'ambasciatore del Cile in Italia, Fernando Ayala. All'arrivo, il Presidente del Consiglio Renzi e la sua delegazione sono stati accolti da Tim de Zeeuw e da Roberto Tamai, che hanno quindi accompagnato la delegazione nella visita del sito. "Sono lieto di dare il benvenuto all'Osservatorio del Paranal al Presidente del Consiglio Renzi", ha dichiarato Tim de Zeeuw. "L'Italia è uno Stato Membro dell'ESO da 33 anni e l'industria italiana ha dato enormi contributi all'organizzazione; le coperture del VLT che vediamo ora, per esempio, sono state costruite in Italia. La comunità astronomica italiana, molto attiva, è anche



Foto di gruppo davanti alle principali strutture dell'Osservatorio del Paranal. Alla visita seguiranno adeguati finanziamenti alla ricerca? [ESO/J.P. Astorga]

*in prima linea per lo sfruttamento delle strutture osservative dell'ESO per svolgere ricerche scientifiche di eccellenza e all'avanguardia."*

Gli illustri ospiti hanno assistito all'apertura delle cupole dei quattro UT (Unit Telescope) del VLT che venivano preparati per le osservazioni notturne. Sono stati accompagnati a una visita del VST (VLT Survey Telescope), progettato e costruito in Italia, e hanno quindi cenato alla pluri-premiata Residencia del Paranal, la struttura residenziale dell'osservatorio che contiene anche gli uffici del personale. Gli ingegneri e gli astronomi italiani sono coinvolti nella progettazione e costruzione dell'E-ELT (European Extremely Large Telescope), che diverrà il più grande telescopio ottico/infrarosso al mondo. Il Presidente del Consiglio e la sua delegazione hanno quindi visitato il luogo in cui è in fase di costruzione l'E-ELT sul Cerro Armazones, a soli 20 chilometri dal Paranal. L'intenzione

del Presidente del Consiglio di visitare l'osservatorio è stata annunciata nel giugno 2015 a Milano, durante l'EXPO di Milano - l'Esposizione Universale a cui partecipano 140 Paesi e decine di organizzazioni, all'interno del quale l'ESO ha dato il suo supporto ad attività di tema astronomico e mostra video in ultra HD degli spettacolari cieli notturni del Cile. L'Osservatorio dell'ESO al Paranal si trova a 130 chilometri a sud di Antofagasta, nel cuore del Deserto cileno di Atacama. A un'altezza di 2635 metri sul livello del mare, il Paranal è uno dei migliori luoghi sulla Terra per condurre osservazioni scientifiche dell'Universo. Con i quattro UT (Unit Telescope) da 8,2 metri di diametro e i quattro telescopi ausiliari (AT) del VLT (Very Large Telescope) - lo strumento ottico più avanzato al mondo, dedicato alla ricerca astronomica - e con i telescopi per survey VISTA e VST, il Paranal è l'osservatorio astronomico da terra più produttivo al mondo. ■

# BELLINCIONI

★ ITALIAN HIGH PRECISION MOUNTS ★

Officina Meccanica Bellincioni  
Via Gramsci 161/B  
13876 Sandigliano (BI) ITALY  
tel. +39 015691553  
e-mail [info@bellincioni.com](mailto:info@bellincioni.com)  
[www.bellincioni.com](http://www.bellincioni.com)

## nuovo modello OMEGA FORK

### PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE:

Ingranaggio A.R. Z=300 D153mm in bronzo B14  
con cerchio graduato D165mm divisione 5'  
con nonio di lettura di 15"

Ingranaggio DEC. Z=250 D128mm in bronzo B14  
con cerchio graduato D140mm divisione 1°  
con nonio di lettura di 3'

Viti senza fine in acciaio inox rettificate D19mm

Alberi in acciaio inox con cuscinetti a rulli conici  
di alta precisione, foro D40 mm

Contrappeso acciaio inox, uno da 4 kg

Barra contrappesi acciaio inox D30mm piena

Portata ideale 18 kg

Regolazione latitudine da 0 a 70° - 2,5°/giro

Regolazione azimut 20° con vite P=0.5mm - 27'/giro

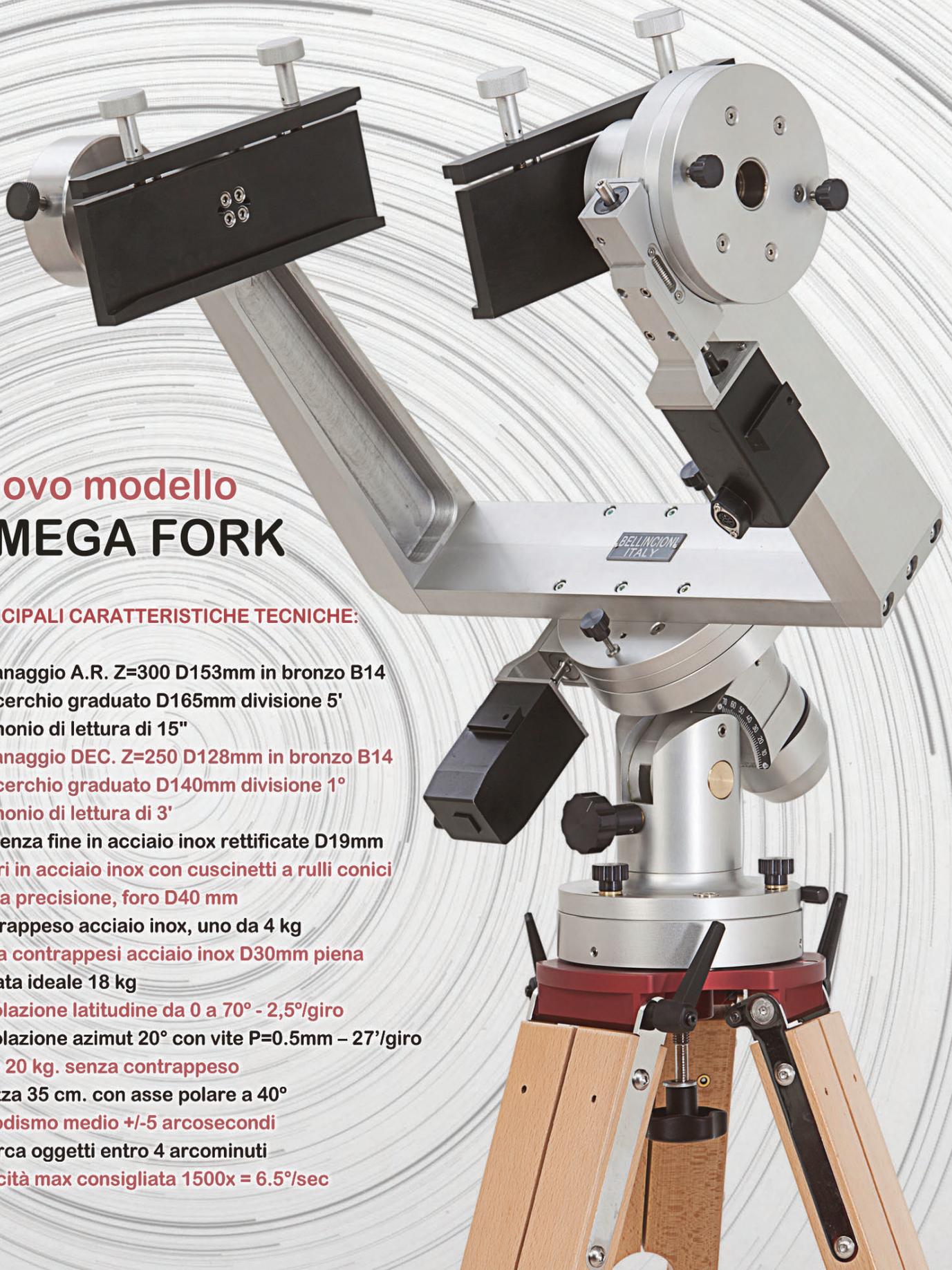
Peso 20 kg. senza contrappeso

Altezza 35 cm. con asse polare a 40°

Periodismo medio +/-5 arcosecondi

Ricerca oggetti entro 4 arcominuti

Velocità max consigliata 1500x = 6.5°/sec



# Esplorare a comete con "ricci"

di Michele Ferrara

*L'asperità delle superfici di asteroidi e comete rende impossibile esplorarle con i tradizionali rover, serve pertanto una soluzione tecnica completamente nuova. JPL/NASA, Stanford University e MIT hanno recentemente testato quella che sembra l'alternativa più valida, un piccolo robot cubico in grado di saltare e rotolare su qualsiasi superficie.*

# steroidi e i



**R**appresentazione di un Hedgehog che esplora Phobos, satellite di Marte. Per un rover tradizionale questa attività sarebbe impossibile. [NASA/JPL-Caltech/Stanford]

**L**a missione Rosetta dell'ESA, con la rocambolesca discesa del modulo Philae sulla cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, ha confermato che l'esplorazione delle superfici dei piccoli corpi del sistema solare, ovvero asteroidi e nuclei cometari, non può essere affrontata con le metodologie adottate per i pianeti e per le loro maggiori lune. Se su questi la discesa e l'operatività di piccoli rover semoventi e di

sonde stazionarie è relativamente agevole, per corpi di pochi chilometri o poche decine di chilometri di diametro le cose si complicano notevolmente. La causa di ciò è la ridottissima forza gravitazionale, che non garantisce un atterraggio sicuro e stabile, e nemmeno la possibilità di spostamenti su ruote. Questo sia per l'asperità delle superfici asteroidali e cometarie, sia perché qualunque veicolo dotato di ruote, in un am-

biente a microgravità, risulterebbe troppo leggero per far presa sul terreno, e qualora lo facesse, potrebbe risultare tanto accelerato da abbandonare la superficie.

Un'efficace esplorazione dei corpi minori del sistema solare richiede quindi un nuovo tipo di approccio ingegneristico. La soluzione al problema iniziò a prendere forma nel 2011, quando Marco Pavone, della Stanford University, e Issa Nesnas, del Jet Propulsion Laboratory della NASA, proposero di utilizzare piccoli robot pensati a forma di riccio (e pertanto genericamente indicati col termine Hedgehog), in grado di saltare e ruzzolare su qualunque tipo di superficie, restando perfettamente operativi indipendentemente dalla posizione assunta rispetto al terreno.



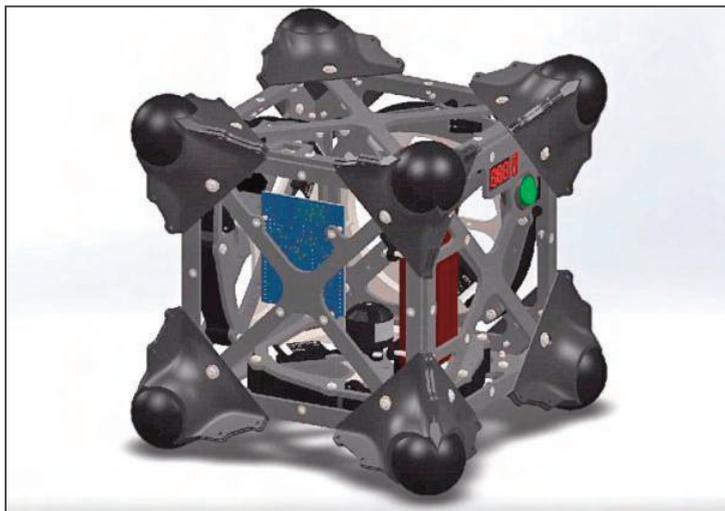
Negli anni più recenti, la Stanford e il JPL, in collaborazione con il Massachusetts Institute of Technology (MIT), hanno progettato varie versioni di quei robot, per capire quali possono essere le forme e i dispositivi interni più adatti a operare sui corpi minori.

Gli ingegneri sono giunti alla conclusione che la struttura più adatta per un Hodgehog consiste di un cubo con spuntoni sugli spigoli, in grado di muoversi grazie agli impulsi generati dalla rotazione e dal rapido frenamento di tre volani interni, collocati in tre diverse direzioni spaziali.

Calibrando opportunamente le velocità dei volani e l'azione dei rispettivi freni, l'energia cinetica generata dai primi si scarica sull'intera struttura del robot, che è spinto a muoversi nelle direzioni associate ai volani. A seconda della quantità di energia prodotta e della velo-

**Il video qui sopra riassume l'argomento Hedgehog. A sinistra, primo piano di un prototipo di Hedgehog esposto in un rocket garden. [JPL/NASA, California Institute of Technology]**

**In questa pagina, la struttura d'insieme e i componenti interni di un prototipo di Hedgehog. Inizialmente pensato a forma di riccio con numerosi "aculei", il progetto è evoluto in un cubo dotato di spuntoni sugli spigoli, la soluzione ingegneristicamente più adatta all'esplorazione delle superfici di asteroidi e comete. [NASA/JPL-Caltech/Stanford Univ., MIT]**



La mobilità con la quale viene trasferita, l'Hedgehog compie manovre più o meno ampie, da piccoli aggiustamenti di posizione fino a grandi balzi in alto. Gli otto spuntoni che sporgono dagli spigoli del cubo hanno la funzione di "arti protettivi" e impediscono al robot di impattare direttamente le sue facce contro le sporgenze del suolo. I progettisti prevedono che quegli stessi spuntoni possano ospitare strumenti scientifici, come ad esempio sonde termiche in grado di misurare la temperatura del terreno. Anche se di primo acchito si ha l'impressione che un Hedgehog possa solo ruzzolare a casaccio su una superficie accidentata, in realtà ciò è vero solo in parte, in-

fatti il robot è in grado di puntare un determinato target e di balzare esattamente in quella direzione; chiaramente serviranno poi meno energetiche manovre correttive per raggiungere definitivamente il target. Per i controllori della missione sarà un po' come giocare a golf in un ambiente alieno e in regime di microgravità, con la differenza che i volani sostituiranno le mazze, mentre le palline avranno una taglia più

ragguardevole. E infatti, i due prototipi finora realizzati (uno dal JPL e uno dalla Stanford) hanno lati di 30-40 cm e pesi che, a seconda del carico di strumenti (camere da ripresa, spettrometri, sensori vari), possono variare da pochi chilogrammi fino a

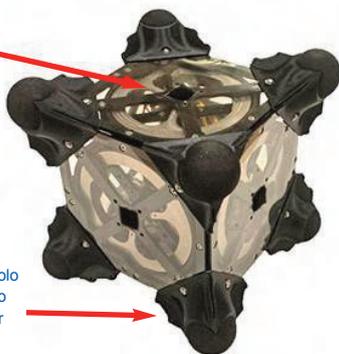


**Componenti mobilità**

Tre volani interni per la mobilità

Motori e freni generano brusche torsioni controllate sui volani

Spuntoni su ogni spigolo proteggono dal terreno e fungono da piedi per il saltellamento



**Key features**

Mechanically and thermally sealed from environment

Symmetric design allows mobility in any configuration

Large internal volume for scientific payload

Minimalistic

Scalable

una decina di chilogrammi. Le differenze macroscopiche fra le due versioni sono le minori dimensioni e il peso più contenuto del robot della Stanford, nonché il sistema di frenamento, a disco quello del JPL, a fasce quello della Stanford.

I prototipi dei due Hedgehog sono stati testati la scorsa estate a bordo dell'aereo Zero-G della NASA, un C-9 appositamente modificato per compiere vertiginose picchiate a forma parabolica, che consentono di annullare quasi completamente l'attrazione gravitazionale terrestre, creando in tal modo una microgravità simile a quella presente sulle superfici di asteroidi e co-



**Q**uesto video mostra una serie di manovre compiute da un prototipo di Hedgehog, in regime di microgravità, durante le picchiate dell'aereo Zero-G della NASA. [NASA/JPL-Caltech/Stanford Univ., MIT]



**Q**ui abbiamo invece una simulazione di come potrebbe muoversi un Hedgehog sulla superficie dell'asteroide Itokawa, esplorato nel 2005 dalla sonda giapponese Hayabusa. La velocità dell'Hedgehog è accelerata di 100 volte. [Stanford Autonomous Systems Laboratory]

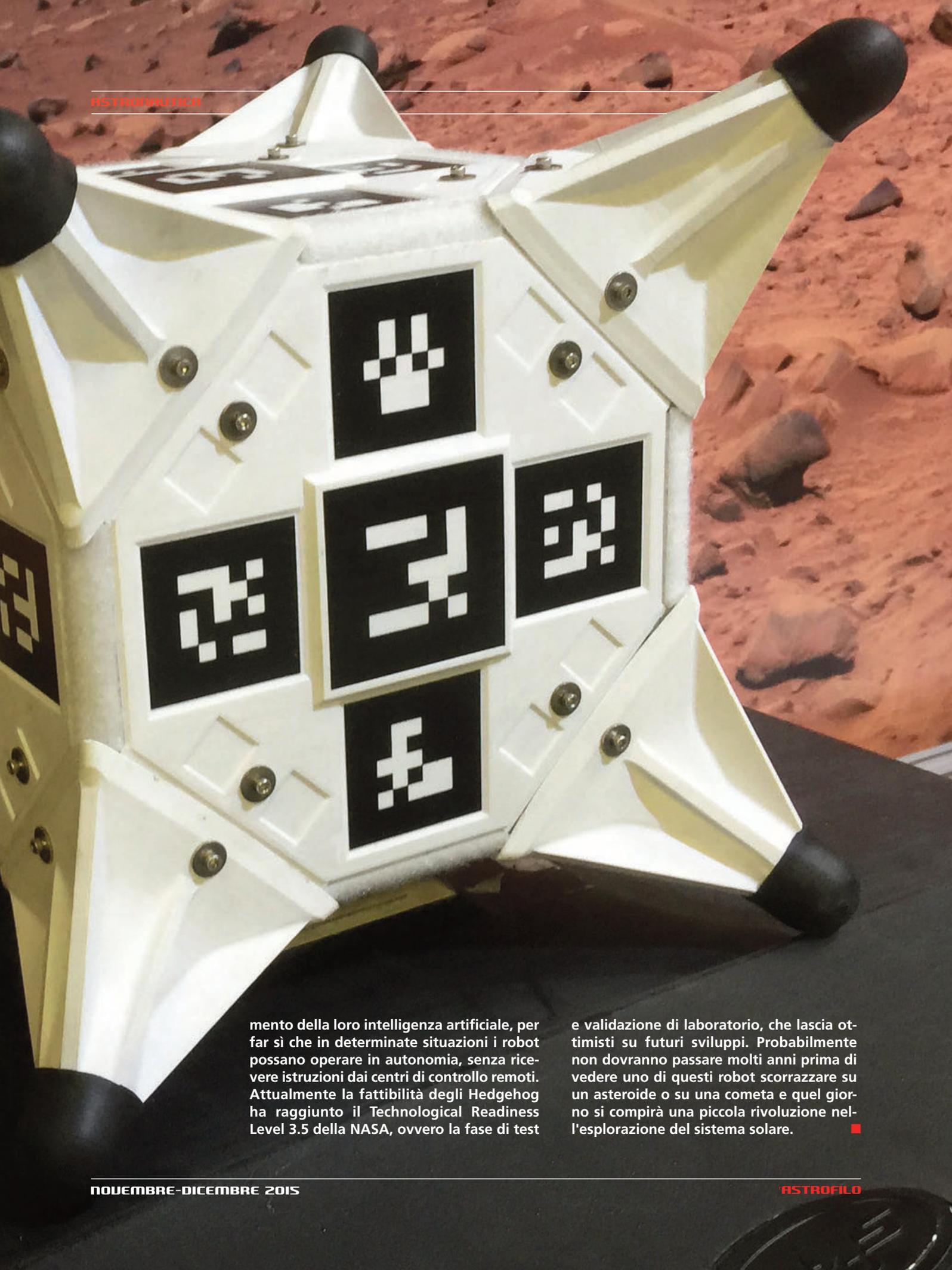
mete. Nel corso di 4 voli sono state realizzate ben 180 parabole, durante le quali i due Hedgehog, rinchiusi all'interno di un apposito ambiente, hanno compiuto diversi tipi di manovre, avviate su superfici di diversa composizione e consistenza, che in prima approssimazione imitano quelle presenti sui corpi minori, quindi superfici roc-

ciose e accidentate, sabbiose, ghiacciate o ancora friabili e soffici. Tra le manovre più audaci compiute c'è anche quella definita "tornado", che consiste in un repentino avvitamento verticale, utile nel caso il robot finisca sul fondo di crateri, doline e altre cavità, dalle quali, entro certi limiti, potrà uscire con un sol balzo. L'insieme dei test compiuti a bordo di Zero-G ha dimostrato che gli Hedgehog sono in grado di operare su asteroidi e comete, col vantaggio rispetto ai tradizionali rover di aver accesso a molte più strutture superficiali, inarrivabili con

l'esplorazione su ruote. Oltre a essere più penetranti dei rover, a parità di strumentazione scientifica trasportata sono anche molto meno costosi da produrre e, grazie alla loro forma e alle loro piccole dimensioni, è agevole stivarne assieme parecchi in una unica missione. Sarà dunque possibile depositarne diversi in regioni distanti fra loro,

ottenendo una conoscenza più globale dell'oggetto visitato. Ogni robot comunicherà con la Terra facendo ponte radio con una sonda in orbita, la stessa soluzione adottata per i rover marziani. Attualmente i ricercatori impegnati nel perfezionamento degli Hedgehog stanno lavorando al potenzia-

**S**ullo sfondo, l'ideale accostamento di un Hedgehog alla superficie marziana, per sottolineare che questo tipo di robot può essere utilmente impiegato anche nell'esplorazione di grandi corpi planetari. [NASA/JPL-Caltech/Stanford]



mento della loro intelligenza artificiale, per far sì che in determinate situazioni i robot possano operare in autonomia, senza ricevere istruzioni dai centri di controllo remoti. Attualmente la fattibilità degli Hedgehog ha raggiunto il Technological Readiness Level 3.5 della NASA, ovvero la fase di test

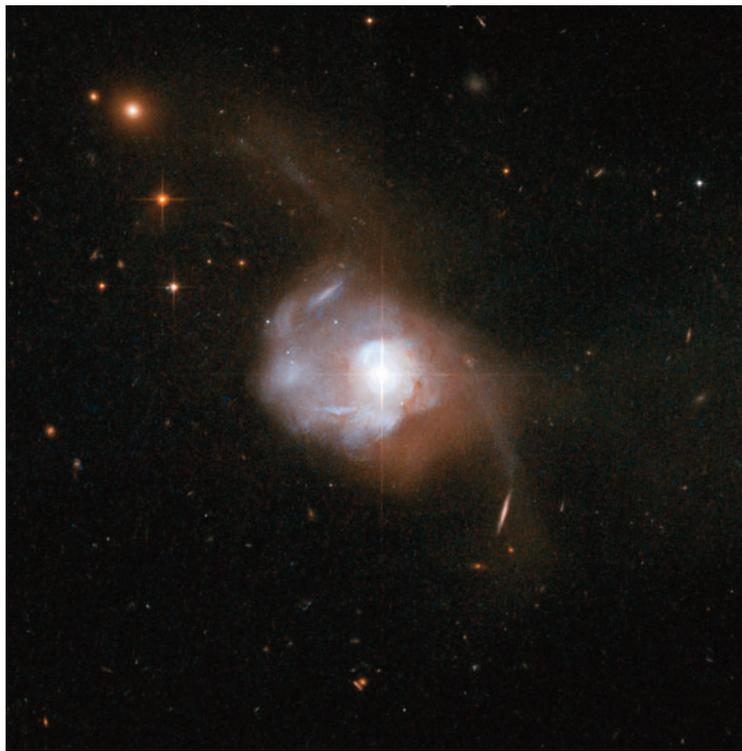
e validazione di laboratorio, che lascia ottimisti su futuri sviluppi. Probabilmente non dovranno passare molti anni prima di vedere uno di questi robot scorrazzare su un asteroide o su una cometa e quel giorno si compirà una piccola rivoluzione nell'esplorazione del sistema solare. ■

# Il quasar più vicino è azionato da un doppio buco nero

by NASA

Utilizzando il telescopio spaziale Hubble della NASA, gli astronomi hanno scoperto che Markarian 231 (Mrk 231), la galassia più vicina alla Terra fra quelle che ospitano quasar, è alimentata da due buchi neri centrali, che ruotano vorticosamente uno attorno all'altro. La scoperta suggerisce che i quasar (i nuclei brillanti delle galassie attive) possono comunemente ospitare due buchi neri supermassicci centrali, che si trovano a orbitare uno attorno all'altro come risultato della fusione fra due galassie. Come una coppia di vorticosi pattinatori, il doppio buco nero genera una straordinaria quantità di energia, che rende il nucleo della galassia ospite più brillante del totale delle miliardi di stelle che la popolano. È questo

che gli scienziati identificano come quasar. Per scoprire ciò che descrivono come "proprietà estreme e sorpren-



**Q**uesta immagine del telescopio spaziale Hubble rivela un brillante bagliore dall'aspetto stellare al centro della galassia interagente Markarian 231, il quasar più vicino alla Terra. Lontana 581 milioni di anni luce, stiamo vedendo la galassia com'era prima che la vita multicellulare apparve sulla Terra. I quasar sono alimentati da un buco nero centrale che riscalda il gas attorno ad esso, rilasciando formidabili quantità di energia. [NASA, ESA, the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration, and A. Evans (University of Virginia, Charlottesville/NRAO/Stony Brook University)]

denti", gli astronomi hanno esaminato nell'archivio di Hubble osservazioni della radiazione ultravioletta

emessa dal centro di Mrk 231. Se fosse presente un solo buco nero al centro del quasar, l'intero disco di accrescimento di gas rovente che lo circonda risplenderebbe nei raggi ultravioletti. Invece, il bagliore ultravioletto del disco di polveri cade bruscamente verso il centro. Ciò fornisce l'evidenza osservativa del fatto che il disco ha come un buco di ciambella attorno al buco nero centrale. La migliore interpretazione dei dati osservativi, basata su modelli dinamici, è che il centro del disco sia scavato dall'azione di due buchi neri che si orbitano. Il secondo e più piccolo buco nero orbita nel bordo interno del disco di accrescimento e possiede un suo minidisco con bagliore ultravioletto.

"Siamo estremamente entusiasti per questa scoperta, perché dimostra non solo l'esistenza

di un sistema binario stretto di buchi neri in Mrk 231, ma apre anche la strada a un nuovo modo di cercare si-



**Illustrazione artistica del buco nero binario scoperto al centro della galassia che ospita il quasar più vicino alla Terra, Markarian 231. Come una coppia di vorticosi pattinatori, la coppia di buchi neri genera enormi quantità di energia, che rendono il nucleo della galassia più brillante di tutte le stelle che la formano. I quasar sono i nuclei più luminosi delle galassie attive e sono spesso alimentati da collisioni fra galassie. [NASA, ESA, and G. Bacon (STScI)]**

stematicamente buchi neri doppi attraverso la natura della loro emissione luminosa nell'ultravioletto", ha detto Youjun Lu, del National Astronomical Observatories of China, Chinese Academy of Sciences.

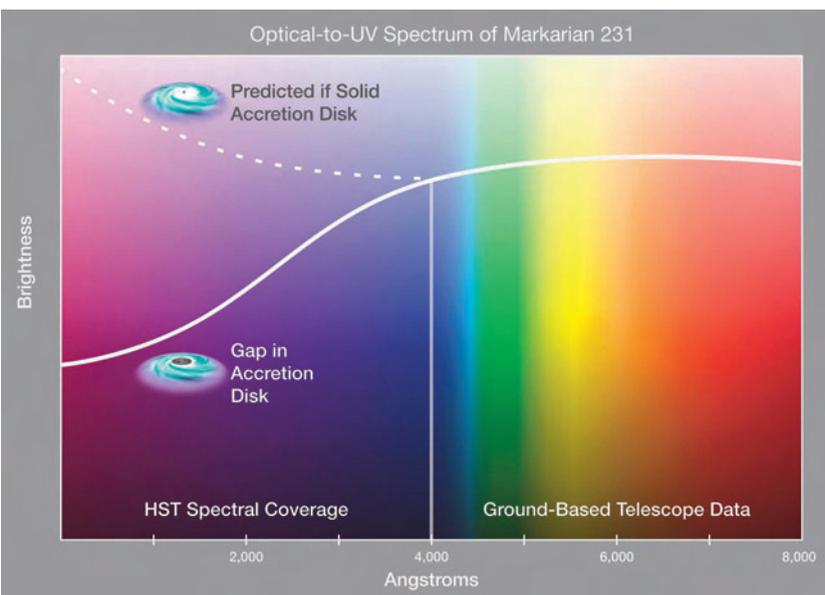
*"La struttura del nostro universo, vista come galassie giganti e ammassi di galassie, cresce attraverso la fusione di*

*piccoli sistemi in sistemi più grandi, e i buchi neri binari sono conseguenze naturali di tali fusioni di galassie",* ha aggiunto il co-investigatore Xinyu Dai, della University of Oklahoma.

Il buco nero centrale è stimato essere 150 milioni di volte più massiccio del Sole, mentre il compagno pesa 4 milioni di masse solari. Il dinamico duo

completa un'orbita ogni 1,2 anni. Il buco nero di massa minore è il residuo di una piccola galassia fusasi con Mrk 231. Traccia di una fusione recente emerge dall'asimmetria della galassia ospite e dalle lunghe code mareali di giovani stelle blu. Il risultato della fusione è stato quello di rendere Mrk 231 una galassia starburst energica,

con un tasso di formazione stellare 100 volte maggiore di quello della nostra Via Lattea. Il gas in caduta alimenta il "motore" del buco nero, innescando deflussi e turbolenze del gas stesso, che provocano una "tempesta" di nascite stellari. È previsto che i due buchi neri spiraleggino l'uno verso l'altro e collidano entro poche centinaia di migliaia di anni. Mrk 231 è situata a 581 milioni di anni luce di distanza. ■



**Q**uesta traccia spettrale semplificata mostra la radiazione emessa dal centro di una galassia vicina che ospita un quasar. Sono state misurate la luce visibile e quella infrarossa in arrivo da un disco che circonda un buco nero centrale, nel mezzo della galassia. Sorprendentemente, la luce ultravioletta, come misurata dal telescopio spaziale Hubble, mostra una caduta in corrispondenza del disco. Ciò evidenzia un'ampia lacuna al centro del disco, il quale è probabilmente scavato da un secondo buco nero, che orbita attorno al buco nero primario. [NASA, ESA, and P. Jeffries (STScI)]

# Stelle sorelle

by ESO

Il brulichio di stelle al centro di questa nuova immagine dell'ESO è l'ammasso aperto IC 4651, collocato nella Via Lattea, nella costellazione dell'Ara, a circa 3000 anni luce di distanza. L'ammasso ha un'età di circa 1,7 milioni di anni ed è quindi di mezza età per lo standard di questi oggetti. IC 4651 è stato scoperto da Solon Bailey, che aprì la strada alla costruzione di osservatori negli aridissimi siti delle Ande, ma fu già catalogato nel 1896 dall'astronomo danese-irlandese John Louis Emil Dreyer.

È noto che la Via Lattea contiene oltre un migliaio di questi ammassi aperti (si pensa ne esistano molti di più) e parecchi di essi sono stati studiati in dettaglio. Osservazioni di ammassi stellari come questi hanno migliorato la nostra conoscenza della formazione ed evoluzione della Via Lattea e delle singole stelle al suo interno. Essi permettono inoltre agli astronomi di testare i modelli sull'evoluzione stellare.

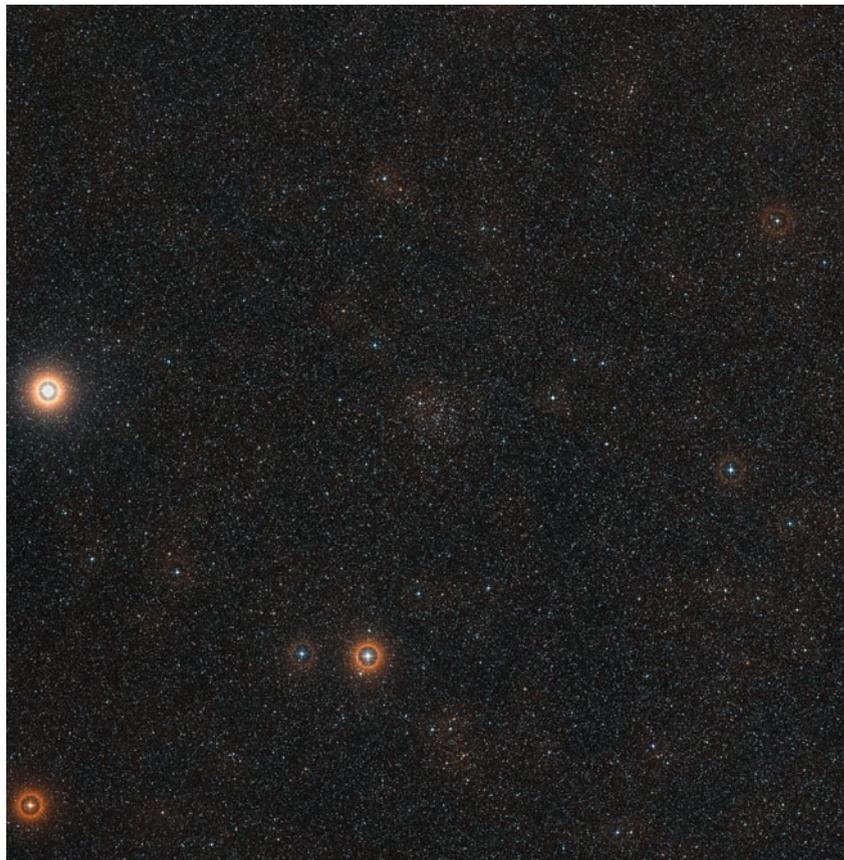
Le stelle di IC 4651 si sono formate tutte nel medesimo periodo e dalla stessa nube di gas (sebbene molte delle stelle qui ritratte appartengano a IC 4651, la maggior parte di quelle

**Q**uesta ricca veduta, simile a un "arazzo" di stelle variopinte, è stata ottenuta dalla camera WFI del telescopio MPG/ESO di 2,2 metri, all'Osservatorio di La Silla, in Cile. Mostra un ammasso stellare aperto conosciuto come IC 4651, un raggruppamento di stelle situato nella costellazione dell'Ara. [ESO]

più brillanti in realtà si trovano tra noi e l'ammasso, mentre molte di quelle più deboli sono più distanti). Queste stelle sorelle sono legate tra loro in modo molto debole dalla reciproca attrazione e da quella del gas circostante. Via via che le stelle nell'ammasso interagiscono fra loro e con nubi di gas galattico attorno a esse, e via via che il gas interstellare viene concentrato in nuove stelle oppure

**Q**uesta veduta a grande campo del cielo attorno all'ammasso IC 4651 è stata ricavata da materiale fotografico che fa parte della Digitized Sky Survey 2. L'ammasso è la concentrazione di deboli stelle nella regione centrale dell'immagine. La stella brillante sulla sinistra è Alpha Arae, una delle stelle più brillanti della costellazione dell'Ara. [ESO/Digitized Sky Survey 2]

soffiato via dall'ammasso, la struttura dell'ammasso stesso inizia a cambiare. Alla fine, la massa residua nell'ammasso diviene abbastanza piccola che anche le stelle possono fuggire. Recenti osservazioni di IC 4651 mostrano che l'ammasso contiene una massa 630 volte superiore a quella del Sole. Questo valore è nei fatti molto superiore ai numeri riportati in studi precedenti che hanno indagato regioni più piccole, tralasciando molte stelle dell'ammasso lontane dal suo nucleo. Si ritiene tuttavia che inizialmente contenesse almeno 8300 stelle, per una massa totale 5300 volte quella del Sole. Poiché questo ammasso è relativamente vecchio, parte della massa persa sarebbe imputabile al fatto che le sue stelle più massicce hanno già raggiunto la fine della loro esistenza esplodendo come supernovae. Tuttavia, la maggioranza delle stelle che sono andate perse non sono morte, ma si sono semplicemente spostate: sono state strappate all'ammasso passando in pros-



mità di gigantesche nubi di gas o a causa di un incontro ravvicinato con un altro ammasso, o si sono semplicemente allontanate. Una frazione di queste stelle perse può ancora essere gravitazionalmente legata all'ammasso e orbitarlo a grande distanza. Le altre stelle disperse sono invece migrate fuori dall'ammasso per rag-

giungerne altri, o si sono stabilite altrove nell'affollata Via Lattea. Probabilmente, il Sole fu un tempo parte di un ammasso come IC 4651, fino a quando lui e le sue sorelle furono separate e disperse attraverso la Via Lattea. L'immagine della pagina precedente è stata presa con la Wide Field Imager, una camera permanentemente montata sul telescopio MPG/ESO di 2,2 metri, all'Osservatorio di La Silla, in Cile. Essa consiste di numerosi sensori CCD con un totale di 67 milioni di pixel e può osservare un'area larga come la Luna piena. Lo strumento consente osservazioni dal visibile al vicino infrarosso, con oltre 40 filtri disponibili, solo tre dei quali usati per l'immagine qui presentata. ■



**Q**uesto video inizia con una veduta della Via Lattea meridionale e ci porta in viaggio verso l'ammasso stellare aperto IC 4651, nella costellazione dell'Ara. La ricca e variopinta immagine finale è stata ottenuta con il telescopio MPG/ESO di 2,2 metri dell'Osservatorio di La Silla, in Cile. [ESO/Digitized Sky Survey 2, N. Risinger (skysurvey.org)]

# Scoperte supernovae nel posto sbagliato nel momento sbagliato

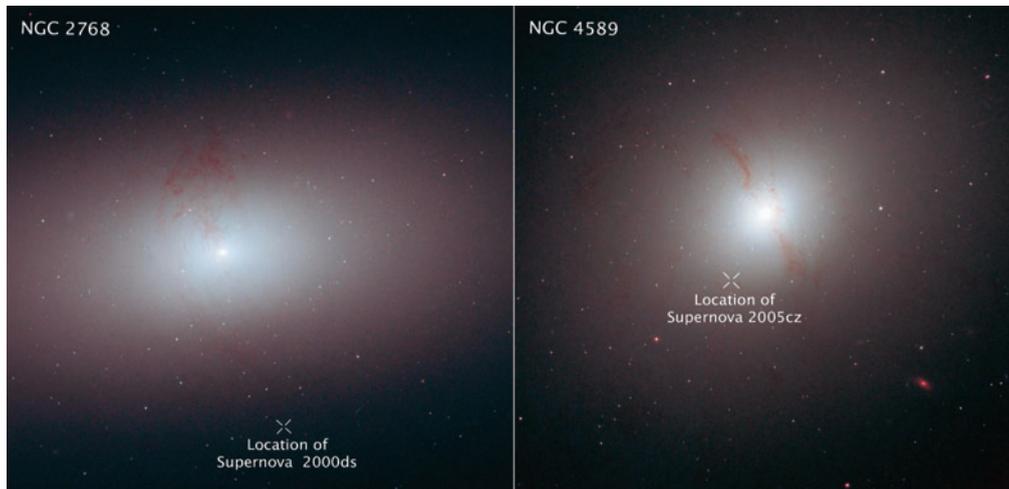
by NASA

**G**li scienziati sono rimasti affascinati da una serie di insolite esplosioni di stelle emarginate oltre i tipici, accoglienti confini delle loro galassie. Una nuova analisi di 13 supernovae (che include dati d'archivio del telescopio spaziale Hubble) sta aiutando gli astronomi a spiegare perché

alcune giovani stelle sono esplose prima del previsto, proiettandosi in luoghi solitari, lontani dalle loro galassie ospiti. È un complicato mistero di sistemi di stelle doppie, fusione fra galassie e doppi buchi neri, che inizia nel 2000, quando fu scoperta la prima di tali supernovae, secondo il coordinatore dello studio, Ryan Foley, Università dell'Illinois a Urbana-Champaign. "Questa storia ha avuto un sacco di

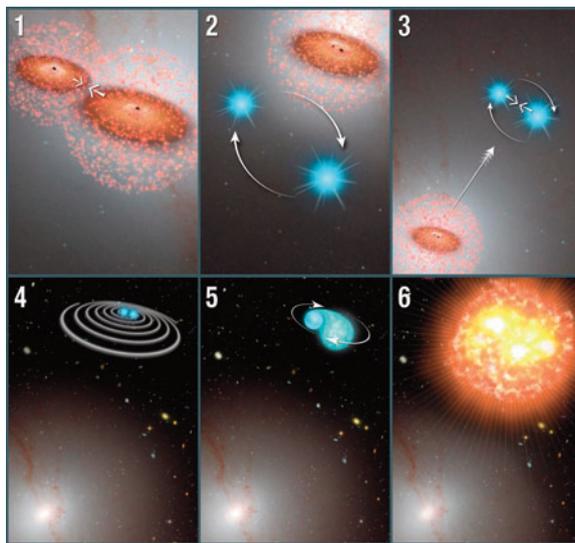
colpi di scena e sono rimasto sorpreso a ogni tappa del percorso", ha detto. "Sapevamo che queste stelle dovevano essere lontane dal punto della loro esplosione e volevamo scoprire come erano arrivate nelle loro attuali dimore." Foley pensava che le stelle condannate fossero in qualche modo migrate nei luoghi del loro riposo finale. Per dimostrare la sua idea, ha analizzato dati raccolti al Lick Observa-

tory della California e ai telescopi W.M. Keck e Subaru delle Hawaii, questo per determinare quanto velocemente le stelle stessero viaggiando. Con sua sorpresa ha scoperto che quelle stelle condannate erano sfrecciate via a quasi la stessa velocità delle stelle che erano state buttate fuori dalla Via Lattea dal suo buco nero supermassiccio centrale, ovvero a più di 7 milioni di km/h. L'astrologo ha quindi rivolto la sua attenzione all'invecchiamento delle galassie nelle regioni delle velocissime supernovae. Studiando immagini di archivio di Hubble, ha così confermato che molte di quelle galassie sono ellittiche massicce o si sono recentemente



**Q**ueste immagini del telescopio spaziale Hubble mostrano galassie ellittiche con oscure e sfrangiate bande di polvere, la firma di una recente fusione galattica. La polvere è il solo residuo di una galassia più piccola che è stata consumata dalla galassia ellittica più grande. La "X" nelle immagini indica la posizione di esplosioni di supernova che sono associate alle galassie. Ogni supernova può essere stata scagliata gravitazionalmente fuori dalla sua galassia ospite da una coppia di buchi neri supermassicci centrali. Quando due galassie si fondono, altrettanto fanno i loro buchi neri. Gli astronomi suggeriscono che quelle supernovae erano stelle che un tempo facevano parte di sistemi doppi. Questi sistemi hanno vagato troppo vicino alle coppie di buchi neri, che li hanno espulsi dalle loro galassie. Alla fine, le stelle in ogni sistema si sono avvinate fra loro abbastanza da innescare un'esplosione di supernova. [NASA, ESA, and R. Foley (University of Illinois)]

fuse con altre galassie. Le bande oscure visibili sono i resti tritutati di galassie cannibalizzate. Altre osservazioni hanno fornito prove circostanziali di tali incontri, mostrando che i nuclei di molte di queste galassie erano buchi neri supermassicci attivi, alimentati dalla collisione. Molte delle galassie risiedono inoltre in densi ambienti, nel cuore di ammassi di galassie, zone privilegiate per le fusioni. Gli indizi rivelatori sono state le spesse bande di polvere penetrate attraverso le regioni centrali di parecchie galassie. La posizione delle supernovae in relazione a galassie antiche indica che anche le stelle originarie devono essere state vecchie, ha ragionato Foley. E se le stelle erano vecchie, allora devono aver avuto compagni in grado di fornire abbastanza materiale da innescare un'esplosione di supernova. Come fa un sistema di stelle doppie a superare i confini di una galassia? Foley ha ipotizzato che una coppia di buchi neri supermassicci nella fusione fra galassie può fornire la fionda gravitazionale per sparare le stelle binarie nello spazio intergalattico. Le osservazioni di Hubble rivelano che quasi ogni galassia ha un buco nero massiccio al suo centro. Secondo lo scenario di Foley, dopo che due galassie si fondono, i loro buchi neri migrano al centro della nuova galassia, ciascuno trascinando un ammasso di stelle. Quando i buchi neri "danzano" uno attorno all'altro, avvicinandosi lentamente, uno dei sistemi binari dell'entourage di un buco nero può spingersi troppo in prossimità dell'altro buco nero. Molte di queste stelle saranno scaraventate via, e le stelle eiettate di sistemi binari orbiteranno ancora più strettamente dopo l'incontro, il che accelera la fusione. "Con un singolo buco



**Q**uesta illustrazione offre uno scenario plausibile di come le stelle vagabonde esplodono come supernovae al di fuori degli accoglienti confini delle galassie. 1) Due buchi neri si riuniscono durante una fusione galattica, trascinando con loro fino a milioni di stelle ciascuno. 2) Un sistema stellare binario vaga troppo vicino ai due buchi neri. 3) I buchi neri catapultano gravitazionalmente le stelle al di fuori della galassia. Nello stesso tempo, le stelle si ritrovano ravvicinate fra loro. 4) Dopo essere stato buttato fuori dalla galassia, il sistema binario si stringe sempre più, a causa dell'energia orbitale che viene trasportata via sotto forma di onde gravitazionali. 5) Alla fine le stelle si avvicinano fino al punto che una viene fatta a pezzi dalle forze di marea. 6) Poiché il materiale derivato dalla stella morta è rapidamente scaricato sulla stella sopravvissuta, si verifica una supernova. [NASA, ESA, and P. Jeffries and A. Feild (STScI)]

nero, di tanto in tanto una stella vagherà troppo vicino ad esso e avrà un'interazione estrema", dice Foley. "Con due buchi neri ci sono due serbatoi di stelle ad essere trascinati vicino a un altro buco nero. Questo aumenta drasticamente la probabilità che una stella sia espulsa."

Mentre il buco nero al centro della Via Lattea può eiettare all'incirca una stella al secolo, un buco nero supermassiccio binario può scacciare 100 stelle all'anno. Dopo essere state scacciate fuori dalla galassia, le stelle binarie si avvicinano reciprocamente e le loro orbite

continuano ad accelerare, il che accelera il processo di invecchiamento del sistema stesso.

Le stelle sono probabilmente entrambe nane bianche, che sono il residuo bruciato di stelle normali. Alla fine le nane bianche giungono talmente vicine che una delle due viene distrutta dalle forze mareali. Poiché il materiale derivato dalla stella morta è rapidamente scaricato sulla stella sopravvissuta, avviene una esplosione che causa la supernova. Il tempo necessario affinché una di queste stelle espulse esploda è pari a circa 50 milioni di anni. Normalmente questo tipo di stelle binarie impiega un lungo tempo per fondersi, probabilmente molto più lungo dell'età dell'universo, che è di oltre 13 miliardi di anni. "L'interazione con i buchi neri accorcia quella fusione", spiega Foley. Sebbene gli scienziati pensino di aver trovato ciò che causa queste supernovae emarginate, alcuni misteri rimangono insoluti, come ad esempio il motivo per cui sono insolitamente deboli. Queste supernovae producono oltre cinque volte più calcio di altre esplosioni stellari.

Generalmente, le esplosioni di supernovae hanno abbastanza energia per creare elementi

molto più pesanti, come ferro e nichel, a discapito della produzione del più leggero calcio. Tuttavia, per queste esplosioni atipiche la catena di fusione si blocca a metà strada, lasciando quantità di calcio e molto poco ferro. "Tutto fa pensare a un'esplosione debole", ha detto Foley. "Noi sappiamo che questi scoppi hanno un'energia cinetica inferiore e minore luminosità rispetto alle supernovae tipiche. Esse sembrano anche avere meno massa eiettata, laddove un'esplosione più energica dovrebbe dissolvere completamente la stella." ■

# Riciclaggio cosmico

by ESO

**P**rofondamente immerso in questo enorme vivaio stellare ci sono tre ammassi di giovani e caldissime stelle (vecchie di pochi milioni di anni), che brillano di luce ultravioletta. È la luce proveniente da queste stelle che fa rispendere le masse di gas della nebulosa. La radiazione strappa elettroni dagli atomi (un processo noto come ionizzazione) e quando si ricombinano rilasciano energia in forma di luce visibile. Ogni elemento chimico emette luce in caratteristici colori e le grandi nubi di idrogeno di questa nebulosa sono la causa del suo intenso bagliore rosso. Gum 56 (conosciuta anche come IC 4628 e col nomignolo di Nebulosa Gambero) è stata così chiamata dal nome dell'astronomo australiano Colin Stanley Gum, che nel 1955 pubblicò un catalogo di regioni HII. Le regioni HII come Gum 56 sono enormi nubi a bassa densità, conte-

nenti un grande quantitativo di idrogeno ionizzato. Un'ampia parte della ionizzazione in Gum 56 è dovuta a due stelle di tipo O, quindi due stelle blu-bianche caldissime, note anche come giganti blu a causa del loro colore (da notare che queste stelle cadono fuori dal campo di vista dell'immagine e quindi non vi appaiono). Questo tipo di stelle è raro nell'universo, poiché la grandissima massa delle giganti blu comporta che esse non vivano a lungo. Dopo solo circa un milione di anni collassano su sé stesse e terminano la loro esistenza come supernovae, così come accadrà a molte delle stelle massicce dentro la nebulosa. Oltre alle numerose stelle neonate immerse nella nebulosa, quest'ampia regione è anche piena di polveri e gas sufficienti a produrre un'ulteriore nuova generazione di stelle. Le zone della nebulosa che stanno dando vita a nuove stelle sono visibili nell'immagine come dense nubi. Il materiale che forma le nuove stelle include i resti delle stelle più massicce

la sua enorme dimensione è stata spesso trascurata dagli osservatori visuali a causa della sua debolezza e perché

*Il prezioso ricamo di nubi di gas di questa nuova immagine fa parte dell'enorme vivaio stellare noto come Nebulosa Gambero. Presa con il telescopio di 2,2 metri dell'MPG/ESO dell'Osservatorio di La Silla, in Cile, l'immagine è probabilmente una delle più belle mai ottenute di quest'oggetto. Essa mostra grumi di caldissime stelle appena nate, annidate tra le nubi che compongono la nebulosa. [ESO]*

la maggior parte della luce che emette copre lunghezze d'onda non visibili all'occhio umano.

La nebulosa si trova a una distanza di circa 6000 anni luce dalla Terra. In cielo può essere trovata nella costellazione dello Scorpione, dove ha una dimensione proiettata che è pari a quattro volte la dimensione della Luna piena.

Questa immagine, che cattura solo una parte della nebulosa, è stata presa con il telescopio MPG/ESO di 2,2 metri, usando la camera Wide Field Imager (WFI) ed è parte del programma Cosmic Gems dell'ESO.

Questo programma fa uso di tempo-telescopio che non può essere utilizzato per osservazioni scientifiche, al fine di produrre immagini di oggetti interessanti, intriganti o visivamente attraenti. Tutti i dati raccolti potrebbero comunque essere utili per scopi scientifici e sono a disposizione degli astronomi attraverso l'archivio scientifico dell'ESO. ■



**Q**uesta sequenza video inizia con una veduta della ricca parte centrale della Via Lattea e poi si chiude su una spettacolare regione di formazione stellare chiamata Nebulosa Gambero (nota anche come Gum 56 e IC 4628), nella costellazione dello Scorpione. Il primo piano finale è una dettagliata immagine ottenuta con il telescopio MPG/ESO di 2,2 metri, dell'Osservatorio di La Silla, in Cile. [ESO/Nick Risinger (skysurvey.org)]



# Nuova foto di Hubble della Twin Jet Nebula

by NASA

La farfalla cosmica ritratta in questa immagine del telescopio spaziale Hubble è nota sotto vari nomi: è solitamente chiamata Twin Jet Nebula ma risponde anche al meno poetico nome di PN M2-9, dove la M si riferisce a Rudolph Minkowski, astronomo tedesco-americano che scoprì la nebulosa nel 1947. PN, invece, si riferisce al fatto che M2-9 è una nebulosa planetaria. I brillanti gusci di gas in espansione, chiaramente visibili in questa immagine, rappresentano gli stadi finali della vita di una vecchia stella di massa piccola o intermedia. La stella non ha solo espulso i suoi strati più esterni, ma ha anche esposto il nucleo che sta ora illuminando quegli strati, col risultato di uno spettacolo di luci come questo. Comunque, la Twin Jet Nebula non è solo una nebulosa planetaria, è anche una nebulosa bipolare. Le nebulose planetarie ordinarie hanno una sola stella al loro centro, men-

tre le neulose bipolari ne hanno due, unite in un sistema stellare binario. Gli astronomi hanno scoperto che le due stelle di questa coppia hanno ciascuna all'incirca la stessa massa del

Sole, da 0,6 a 1,0 masse solari per la stella più piccola e da 1,0 a 1,4 masse solari per la compagna più grande. Quest'ultima si sta avvicinando alla fine dei suoi giorni e ha

La Twin Jet Nebula, o PN M2-9 è un esempio lampante di nebulosa planetaria bipolare. Le nebulose planetarie bipolari si formano quando l'oggetto centrale non è una singola stella, bensì un sistema binario. Studi hanno dimostrato che la dimensione della nebulosa cresce nel tempo, e misurazioni di questo tasso di crescita suggeriscono che l'impulso stellare che ha formato i lobi è avvenuto appena 1200 anni fa. [ESA/Hubble & NASA]



già espulso nello spazio i suoi strati esterni di gas, mentre la sua compagna è già evoluta oltre ed è una piccola nana bianca. La forma caratteristica delle ali della Twin Jet Nebula è molto probabilmente causata dal reciproco moto delle due stelle centrali. Si ritiene che la nana bianca orbiti la compagna e che quindi il gas espulso dalla stella morente sia trascinato nei due lobi, anziché espandersi come una sfera uniforme. Tuttavia, gli astronomi ancora non sanno se tutte le nebulose bipolari sono create da stelle binarie. Nel frat-

*Questo video inizia con una veduta dal suolo del cielo notturno, prima di zoomare sulla Twin Jet Nebula, una nebulosa planetaria bipolare, come la vede il telescopio spaziale Hubble. [NASA & ESA]*



tempo le ali della nebulosa stanno ancora crescendo e dalla misurazione della loro espansione gli astro-

nomi hanno calcolato che la nebulosa è stata creata solo 1200 anni fa. Dentro le ali, due deboli chiazze blu partono dal sistema stellare e si estendono orizzontalmente verso l'esterno come venature. Sebbene queste possano sembrare tenui a confronto dei colori arcobaleno della nebulosa, esse sono in realtà violenti getti gemelli che fluiscono nello spazio esterno a velocità che superano il milione di km/h. È questa un'altra delle conseguenze del sistema binario posto nel cuore della nebulosa. Questi getti cambiano lentamente la loro orientazione, subendo una precessione attraverso i lobi mentre vengono trascinati dalla capricciosa gravità del sistema binario.

Le due stelle nel cuore della nebulosa orbitano una attorno all'altra in circa 100 anni; questa rotazione non solo crea le ali della farfalla e i due getti, ma permette anche alla nana bianca di strappare gas dalla sua più grande compagna, gas che forma un ampio disco di materiale intorno alle stelle e che si estende all'esterno fino a 15 volte l'orbita di Plutone! Sebbene questo disco sia di incredibili dimensioni, è troppo piccolo per essere visto nell'immagine presa da Hubble. Una precedente immagine della Twin Jet Nebula, ottenuta con la Wide Field Planetary Camera 2 di Hubble, era stata rilasciata nel 1997. Questa nuova versione incorpora più recenti osservazioni compiute con lo Space Telescope Imaging Spectrograph (STIS). ■



# Un timido vicino galattico

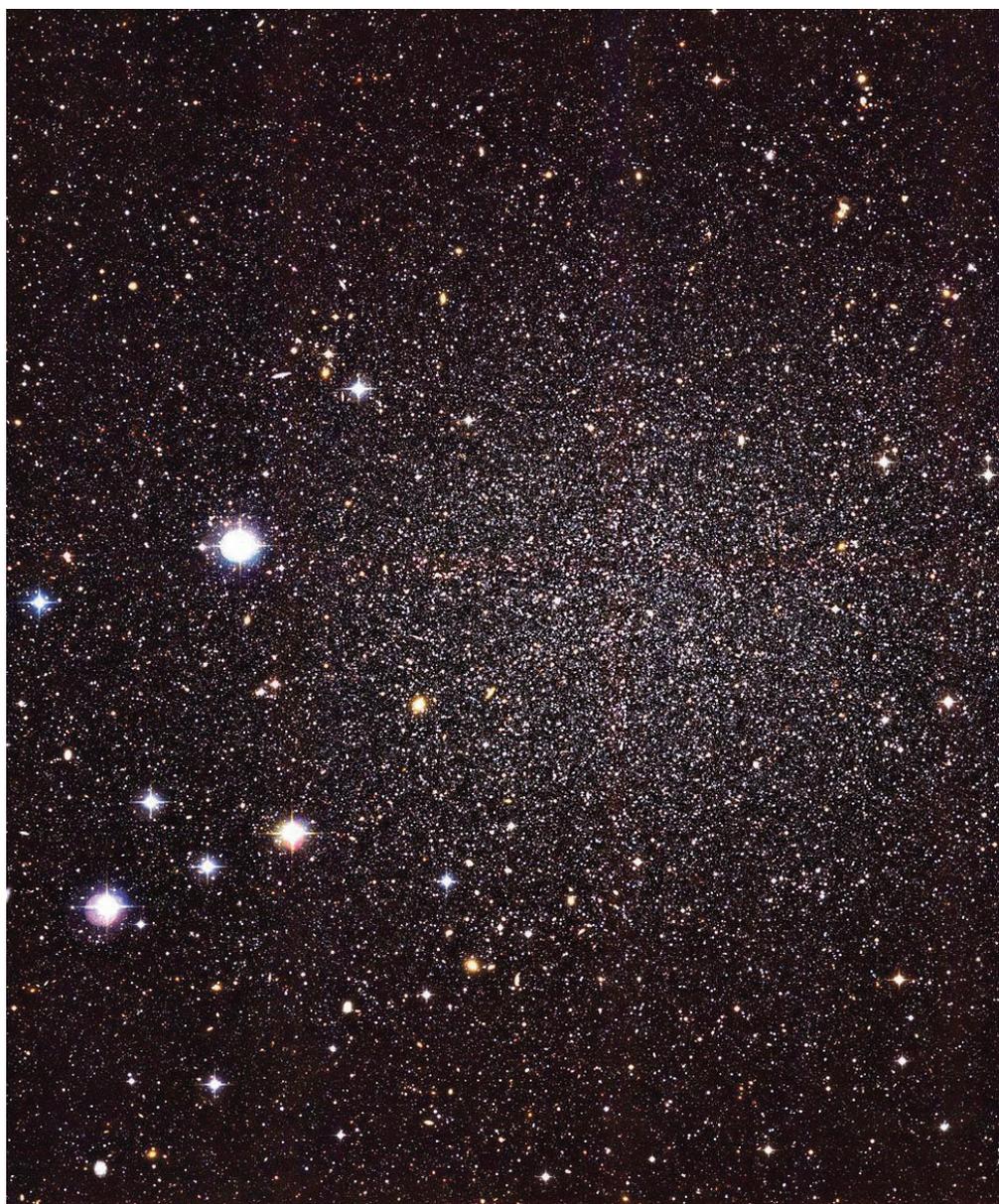
by ESO

**L**a Galassia Nana dello Scultore (nota anche come Ellittica Nana dello Scultore o Nana Sferoidale dello Scultore) è una galassia nana sferoidale ed è una delle quattordici galassie satelliti conosciute che orbitano la Via Lattea. (Questa debole galassia non dovrebbe essere confusa con la più brillante Galassia dello Scultore, NGC 253, visibile nella medesima costellazione.)

Questi "autostoppisti" sono collocati nei pressi del vasto alone della Via Lattea, una regione sferica che si estende ben oltre i bracci a spirale della nostra galassia. Come indicato al suo nome, la galassia in questione è situata nella costella australe dello Scultore e si trova a circa 280 000 anni luce dalla Terra. Nonostante la sua vicinanza, questa galassia fu scoperta solo nel 1937, poiché le sue stelle sono deboli e finemente diffuse attraverso il cielo.

*L*a Galassia Nana dello Scultore, ripresa in una nuova immagine della Wide Field Imager camera, installata sul telescopio MPG/ESO dell'Osservatorio di La Silla, è un vicino della nostra galassia, la Via Lattea. A dispetto della reciproca vicinanza, le due galassie hanno storie e peculiarità assai diverse. Questa galassia è molto più piccola, più debole e più vecchia della Via Lattea, e appare qui come una nube di deboli stelle che riempiono la quasi totalità dell'immagine. [ESO]

Sebbene difficile da identificare, la Galassia Nana dello Scultore fu fra le prime deboli galassie nane scoperte in orbita attorno alla Via Lattea. La sua minuta forma incuriosì gli astronomi all'epoca della sua scoperta; ma oggi giorno le galassie nane sferoidali giocano un ruolo più importante, permettendo agli astronomi di scavare profondamente nel pas-

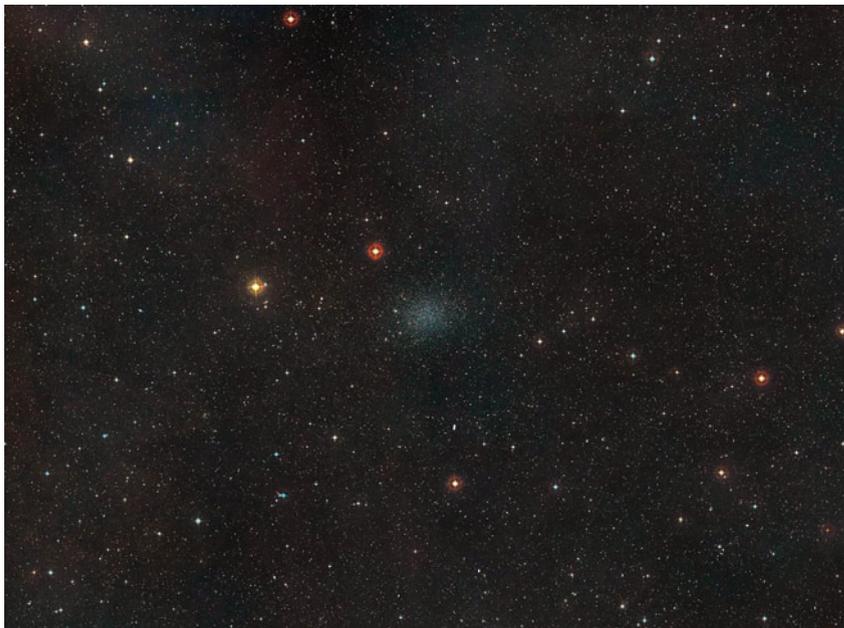


sato dell'universo. La Via Lattea, come tutte le grandi galassie, è ritenuta essersi formata dall'unione di galassie più piccole, durante i primi tempi dell'universo. Se alcune di queste piccole galassie esistono ancora oggi, dovrebbero contenere molte stelle estremamente vecchie. La Galassia Nana dello Scultore si inserisce nel quadro come galassia primordiale, grazie a un grande numero di stelle antiche, visibili in questa immagine (a sinistra).

Gli astronomi possono determinare l'età delle stelle in una galassia perché la loro luce trasporta la firma di una piccola quantità di elementi chimici pesanti. Questi elementi pesanti si accumulano nelle galassie attraverso successive generazioni di stelle. Un basso livello di elementi pesanti indica che l'età media delle stelle nella Galassia Nana dello Scultore è elevata. Tale quantità di vecchie stelle rende la Galassia Nana dello Scultore un target primario nello studio dei periodi primordiali della formazione stellare.

In uno studio recente, gli astronomi hanno combinato tutti i dati disponibili su questa galassia, per creare la più accurata storia della formazione stellare mai realizzata per una galassia nana sferoidale. Questa analisi ha rivelato due distinti gruppi di stelle nella galassia. Il primo, predominante gruppo è la popolazione più vecchia, che difetta in elementi pesanti.

La seconda, più ristretta popolazione, al contrario, è ricca di elementi pesanti.



**Q**uesta immagine del cielo attorno alla Galassia Nana dello Scultore è stata realizzata partendo da riprese della Digitized Sky Survey 2. La galassia appare come una piccola e debole nube, nei pressi del centro dell'immagine. [ESO/Digitized Sky Survey 2]

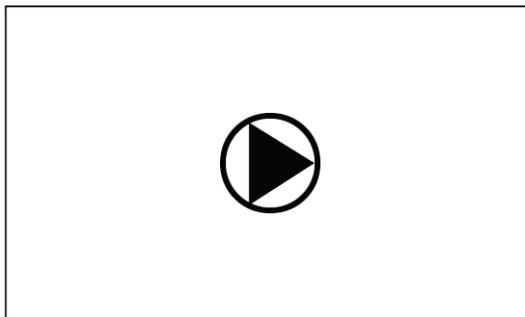
Come giovani che affollano i centri urbani, questa giovanile popolazione stellare è concentrata verso il

nucleo della galassia. Le stelle all'interno di galassie nane come la Galassia Nana dello Scultore mostrano

complesse storie di formazione stellare. Ma poiché la maggior parte delle stelle di queste galassie nane sono state isolate le une dalle altre e non hanno interagito per miliardi di anni, ogni gruppo di stelle ha tracciato un proprio percorso evolutivo.

Studiare le similitudini nelle storie delle galassie nane e spiegare gli occasionali valori anomali, aiuterà a interpretare lo sviluppo di tutte le galassie, dalle più modeste nane alle più grandi spirali.

C'è davvero molto che gli astronomi hanno da imparare dai timidi vicini della Via Lattea. ■



**Q**uesto video offre una veduta ravvicinata della Galassia Nana dello Scultore, ripresa in una nuova immagine dalla Wide Field Imager camera, installata sul telescopio MPG/ESO dell'Osservatorio di La Silla. Questa elusivo oggetto è un vicino della nostra galassia, la Via Lattea. A dispetto della sua vicinanza, le due galassie hanno storie e peculiarità assai diverse. Questa galassie è molto più piccola, più debole e più vecchia della Via Lattea. [DSS, ESO]

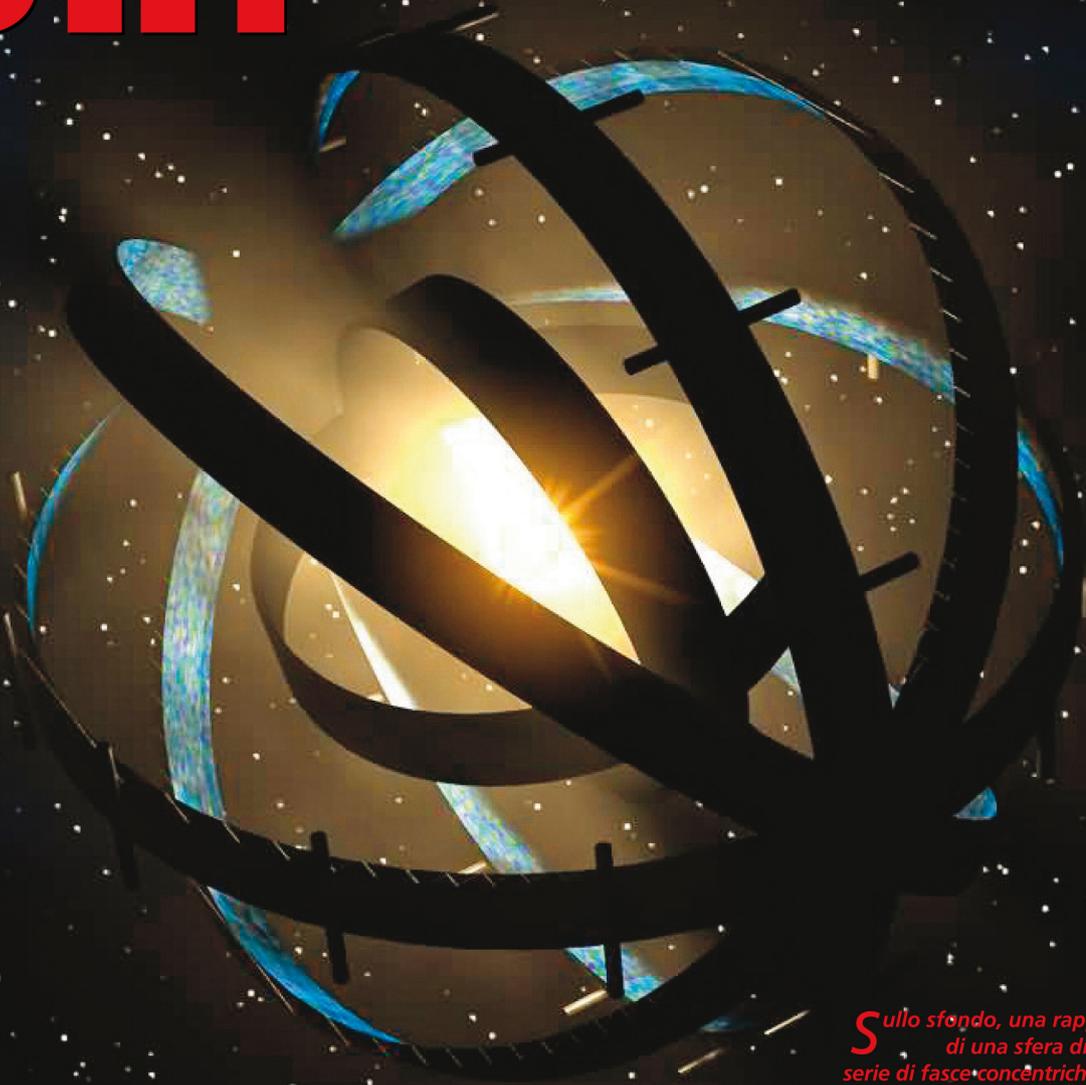
# Scoperta la sfera di Dys

di Michele Ferrara

***Nella costellazione del Cigno c'è una stella apparentemente normale che nel giro di un paio di anni ha mostrato due inesplicabili cadute di luminosità. Nessun fenomeno naturale conosciuto sembra essere all'origine di quell'anomalo comportamento e c'è chi non esclude che la causa vada ricercata nella presenza attorno alla stella di megastrutture costruite da una civiltà aliena.***

**R**iprendendo un'idea proposta nel 1937 dallo scrittore di fantascienza Olaf Stapledon, nei primi anni '60 Freeman Dyson, celeberrimo fisico e matematico, teorizza che una civiltà avanzata, sempre più bisognosa di approvvigionamenti energetici, potrebbe imbrigliare la radiazione della propria stella, costruendole tutto attorno, a debita distanza, una megastruttura in grado di raccogliere l'energia stellare e di renderla disponibile alla civiltà stessa. Sebbene Dyson parlasse inizialmente di "gusci", quell'utopia è passata alla storia col nome di "sfera di Dyson" e ha finora trovato ospi-

# prima on?

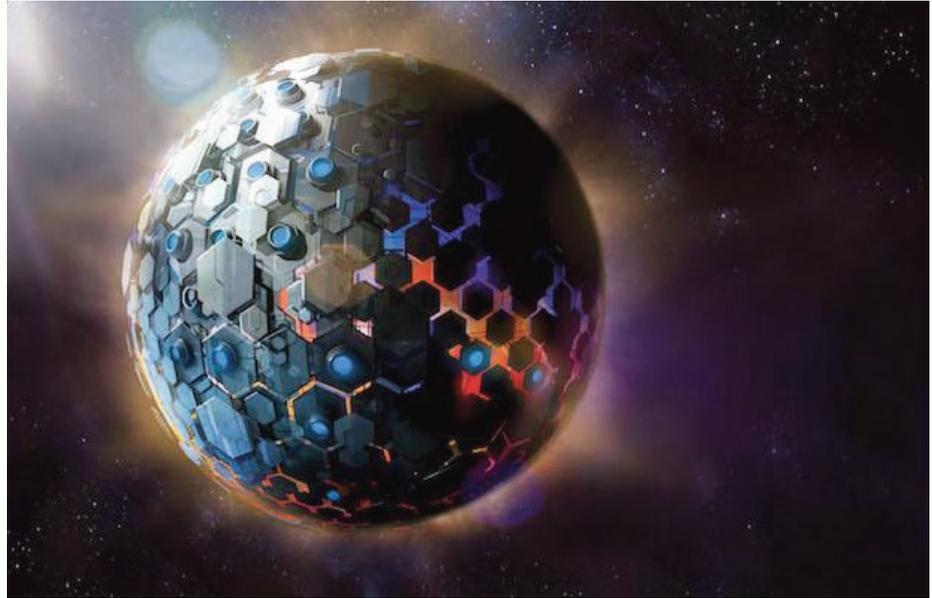


*Sullo sfondo, una rappresentazione fantastica di una sfera di Dyson, composta di una serie di fasce concentriche. Vista da un osservatore remoto, questa megastruttura produrrebbe profonde cadute di luminosità della stella centrale.*

talità prevalentemente all'interno di romanzi, film e serie TV di fantascienza. In un articolo pubblicato su *Science* nell'estate del 1960, Dyson affermava che megastrutture di quel tipo, riscaldandosi, avrebbero rilasciato una quantità di radiazione infrarossa non imputabile alla stella, una proprietà che poteva essere da noi sfruttata nella ricerca di eventuali civiltà extraterrestri (a meno che quelle civiltà non siano in grado di evitare qualunque forma di dispersione del calore...).

Ancora più evidenti dell'eccesso infrarosso potrebbero però essere le cadute di luminosità nella luce visibile delle stelle circondate dalle megastrutture, cadute la cui entità dipenderebbe dalla forma e dal movimento di queste ultime. Tralasciando l'iperbolico caso di una sfera di Dyson chiusa, pensiamo piuttosto al caso di anelli o fasce multiple di pannelli solari larghi come pianeti: se per determinate circostanze geometriche e dinamiche si interponessero occasionalmente fra la stella e un osservatore lontano, provocherebbero l'occultazione di una parte non trascurabile della superficie stellare e quindi una sensibile caduta di luminosità.

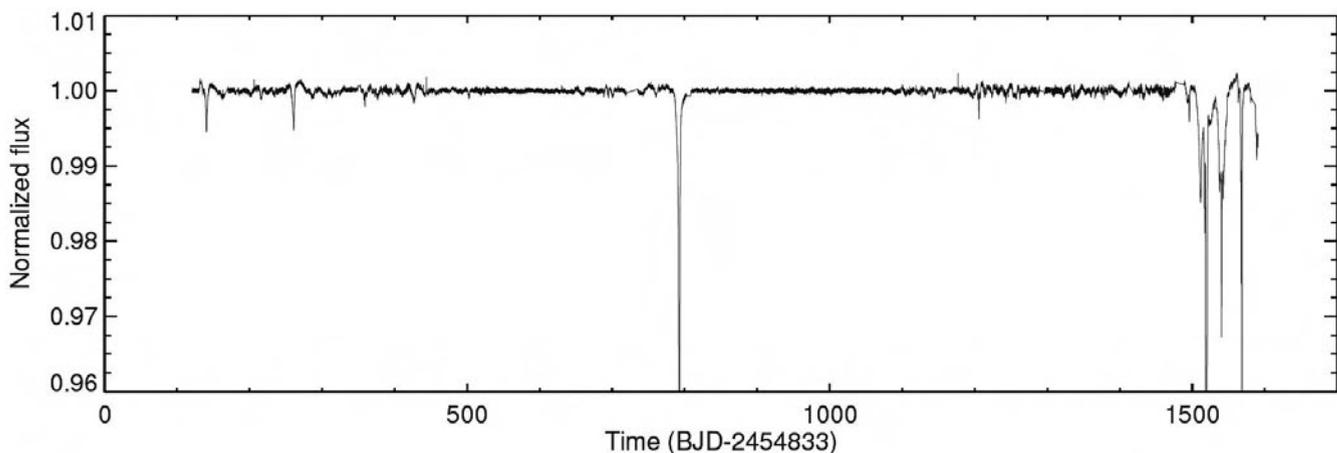
A differenza del transito di un pianeta, che tipicamente provoca modestissime occultazioni, sempre della stessa grandezza, della medesima durata e a intervalli regolari, il

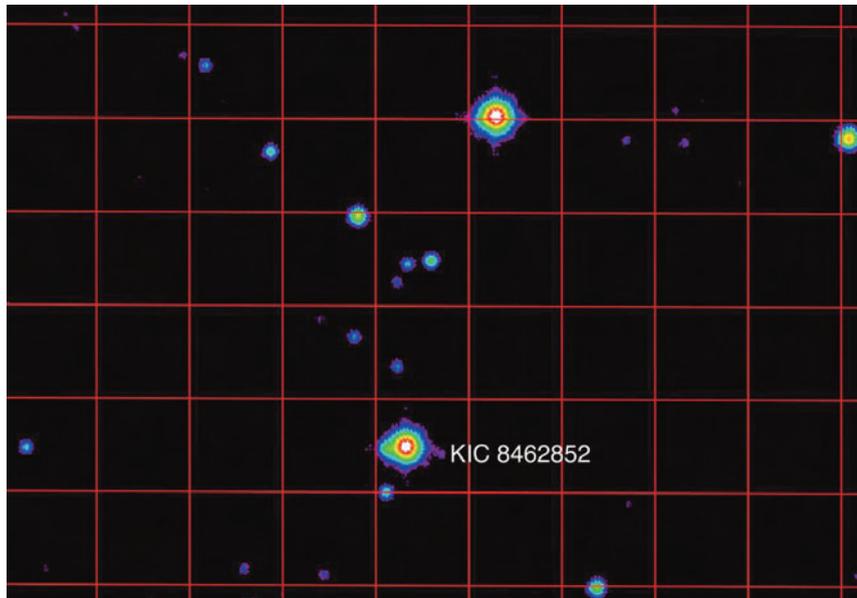


transito di megastrutture produrrebbe eventi più marcati e imprevedibili.

Quando nel 2009 entrò in azione il telescopio spaziale Kepler della NASA, divenne reale la possibilità di registrare gli effetti di eventuali transiti di megastrutture sui dischi di stelle lontane. Kepler ha monitorato per 4 anni il comportamento fotometrico di oltre 156 000 stelle, in una piccola regione di cielo compresa fra le costellazioni della Lira, del Cigno e del Drago. Come succede sempre più spesso nell'ambito di campagne di osservazione che producono enormi quantità di dati, nell'analisi preliminare di questi ultimi sono stati coinvolti anche numerosi astrofili volontari, i quali sono stati incaricati di spul-

**Sopra, una sfera di Dyson quasi totalmente chiusa, formata da giganteschi pannelli esagonali. [Jay Wong]**  
**Sotto, l'inspiegabile curva di luce di KIC 8462852, con i due profondi minimi registrati da Kepler. [T. Boyajian et al.]**





ciare migliaia di curve di luce al fine di trovare tracce di transiti. Questo progetto di "citizen science", denominato Planet Hunters, fu avviato nel 2011 come parte del più vasto programma Zooniverse e affidato alla supervisione dell'astronoma Tabetha Boyajian, della Yale University.

Poco dopo l'avvio di Planet Hunters, alcuni volontari segnalano qualcosa di insolito: una stella denominata KIC 8462852 (KIC sta per Kepler Input Catalogue) mostra una curva di luce assurda, con cadute di luce mai riscontrate in precedenza. Questa stella, che in fasi di normalità ha magnitudine 11,7, dopo circa 800 giorni di monitoraggio da parte di Kepler si è affievolita del 15% in quasi una

settimana, dopodiché è tornata alla precedente luminosità. Successivamente, fra i giorni 1510 e 1570, la stella in questione è andata soggetta a una serie di cadute di luce comprese fra pochi centesimi di magnitudine e un picco clamoroso che è arrivato al 22%, vale a dire oltre 1/5 della superficie coperto da qualcosa.

Per capire la portata dell'evento, si consideri che un pianeta grande come Giove in transito sul disco di una stella grande come il Sole affievolisce la luce di quest'ultimo di appena l'1% circa. E KIC 8462852 è addirittura 1,5 volte più grande del Sole ed è anche più luminosa (tipo spettrale F3, temperatura superficiale  $6750 \pm 120$  K).

Sfortunatamente, nel 2013 un guasto ha posto fine alla missione primaria di Kepler e non è stato più possibile os-

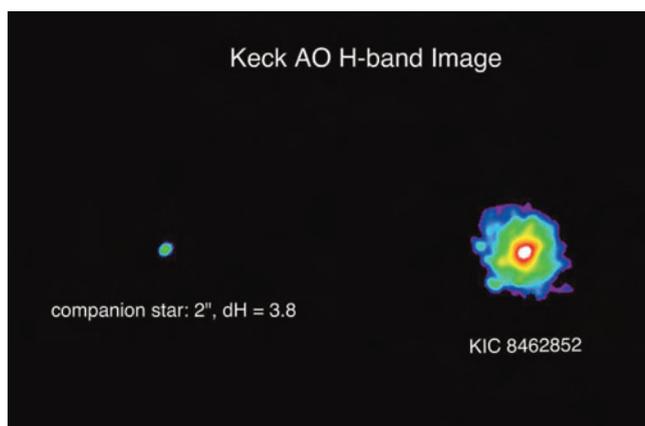
servare la stella con quello strumento. I dati a disposizione sono comunque stati sufficienti alla Boyajian e a un suo folto gruppo di collaboratori per una prima serie di valutazioni, volte a escludere quante più cause possibili alla base delle straordinarie cadute di luce. Nel lavoro sono stati anche coinvolti Jason Wright, astronomo presso la Penn State University, noto per le sue ricerche teoriche sul riconoscimento di eventuali civiltà aliene, e Andrew Siemion, direttore del Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI) Research Center della UCLA Berkeley.

Forte delle sue molteplici competenze, il team di ricercatori ha passato in rassegna tutte le possibili cause note in grado di spie-

gare il comportamento di KIC 8462852. Vediamole in sintesi.

1) Se la stella fosse molto giovane o molto vecchia potrebbe manifestare variabilità intrinseche di diversa natura, invece risulta essere una tranquilla stella di sequenza principale, né particolarmente giovane né particolarmente vecchia. 2) Se per qualche anomalia la fotosfera fosse saltuariamente interessata da gigantesche macchie (del tipo di quelle solari ma molto più grandi), potrebbero effettiva-

**In alto, immagine infrarossa presa con l'UKIRT, nella quale KIC 8462852 mostra una sospetta protuberanza sulla sinistra (l'intervallo fra le linee è 10"). A destra, la stella ripresa con il Keck, che svela la presenza di una possibile compagna. [T. Boyajian et al.]**



mente esserci profonde cadute di luce, ma più quelle formazioni sono grandi più evolvono lentamente, generando curve di luce riconoscibili, correlate alla rotazione della stella; dal momento che KIC 8462852 ruota in appena 21,1 ore, sarebbe molto facile verificare la presenza di un'enorme "macchia solare". 3) Attorno alla stella potrebbe orbitare un gigantesco corpo oscuro e compatto, ma non si conosce nulla che a quei livelli di dimensioni non si renda direttamente visibile; inoltre non sono state registrate variazioni apprezzabili nella velocità radiale della stella, il che significa assenza di masse rilevanti in orbita. 4) KIC 8462852 potrebbe essere circondata da un disco di polveri e detriti con locali addensamenti generati da recenti eventi collisionali di asteroidi o pianeti, ma in quel caso si registrerebbe un eccesso di radiazione infrarossa, che invece è del tutto assente. 5) C'è forse un errore nella registrazione dei dati fotometrici da parte di Kepler? Nessun errore rilevato.

I ricercatori hanno a questo punto valutato la possibilità che una stella vicinissima a KIC 8462852, tanto da fondere le due emissioni luminose, fosse la vera responsabile delle anomale cadute di luce. Effettivamente, ad appena 1000 unità astronomiche (quasi 6 giorni luce) da KIC 8462852 c'è una nana rossa, forse legata gravitazionalmente alla prima, forse solo di passaggio. Questa stella è però troppo piccola per influenzare in qualche modo la curva di luce di KIC 8462852, ma potrebbe aver perturbato una eventuale nube cometaria di quest'ultima (qualcosa di simile alla nostra Nube di Oort), dirottando una gran quantità di nuclei verso la stella, dove si sarebbero temporaneamente concentrati oscurandone il disco. È questa la soluzione preferita da Boyajian e colleghi, ma francamente la transitorietà e la ristrettezza spaziale della



concentrazione di nuclei cometari in prossimità della stella richiederebbero coincidenze dinamiche tali da rendere lo scenario a dir poco inverosimile. L'unico vantaggio della "soluzione cometaria" è quella di non generare un sensibile surplus di radiazione infrarossa.

Se nessuna delle suindicate cause fosse valida, rimangono solo due altre possibilità: o un fenomeno ignoto (o quantomeno sottovalutato), oppure la presenza attorno alla stella di una megastruttura artificiale. Gli stessi ricercatori considerano quest'ultima l'extrema ratio, fatto sta che la questione rimane in sospeso, perché né ricerche d'archivio di immagini e dati fotometrici (circa 700 misurazioni dal 1900 al 2000), né nuove osservazioni della stella hanno fornito ulteriori informazioni.

Ora si sta pensando di puntare verso KIC 8462852 il radiotelescopio di 100 metri di Green Bank, sperando di captare segnali alieni, che, vista la distanza della stella, sarebbero comunque stati emessi 1480 anni fa. Considerando il misterioso fenomeno che ha caratterizzato KIC 8462852 e la sua luminosità relativamente elevata, questa stella dovrebbe essere un target prioritario per molti astrofili. ■

**Il campo stellare che contiene KIC 8462852 (indicata dai trattini), fotografato da Gianluca Masi il 15 ottobre 2015, nell'ambito di The Virtual Telescope Project.**

**STRUMENTI PER ASTRONOMIA**  
 via Fubine, 79 - Felizzano (AL) - tel. +39 0131772241  
**info@tecnosky.it - www.tecnosky.it**



### Cassegrain Ø 250 mm, focale 5000 mm

Pensato per la ripresa in alta risoluzione di Luna e pianeti. Qualità ottica molto elevata, certificata tramite interferometro, con una Strehl ratio non inferiore a 0.94.  
 € 4.303,28 (IVA esclusa)



### TecnoSky Flat Field 70 Lantano

Rifrattore Apo ED TecnoSky a 4 elementi, Ø 70 mm, focale 474 mm, F/6,78. Campo corretto di 32 mm. Ottima correzione cromatica grazie all'utilizzo di vetri Lantano  
 € 450,00 (IVA esclusa)



### Tripletto Apo FPL53 TecnoSky 90/600 mm

Compatto rifrattore Apo Ø 90 mm e focale di 600 mm, F/6,6. Intubazione in fibra di carbonio e foceggiatore da 2,5" di precisione a cremagliera. Peso solo 3,5 kg!  
 € 1.000,00 (IVA esclusa)



### TecnoSky 100 Flat Field Apo

Quadrupletto Apo FPL-53 Ø 100 mm e veloce rapporto focale F/5,8. Ideale per astrofotografia con grandi sensori. Foceggiatore CNC da 3" per carichi fino a 6 kg! € 2.048,36 (IVA esclusa)



### Tripletto Apo FPL53 TecnoSky 80/480 mm

Rifrattore Apo a tripletto con elemento alla fluorite Ohara FPL-53. F/6, ideale per l'astrofotografia. Estremamente compatto e con intubazione di pregio, foceggiatore Crayford di precisione da 2" con riduzione 1:10. € 647,54 (IVA esclusa)

### TecnoSky RC10 Ø 250 mm, focale 2000 mm

Realizzato interamente in Europa. Il tubo ottico è un truss aperto in carbonio e alluminio, estremamente rigido ma ancora leggero (13 kg). Ottiche certificate tramite interferometro. Vetro ottico Supramax33 per lo specchio primario.  
 € 5.450,82 (IVA esclusa)



### Tripletto Apo FPL53 TecnoSky 102/714 mm

Rifrattore Apo Ø 102 mm, composto di un tripletto con vetro alla fluorite FPL53 e intubazione in fibra di carbonio.  
 € 1.221,31 (IVA esclusa)



Per una corretta visualizzazione della nostra rivista su iPad e tablet Android consigliamo  
Puffin Web Browser  
[www.puffinbrowser.com](http://www.puffinbrowser.com)