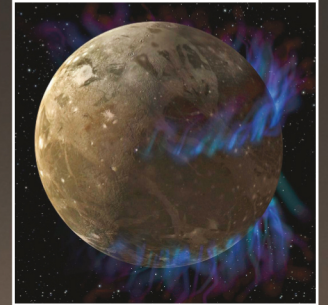


# Su Ganimede l'oceano più grande



• Insolito asteroide sospettato di "rotazione esplosiva"

• Nube di polveri supera il buco nero del centro galattico

• Guardando in 3-D nelle profondità dell'universo

• Hubble ottiene la migliore immagine di un disco circumstellare distorto da un pianeta

## Nova Vul 1670, un mistero quasi risolto

## Aspettando il risveglio di Philae



Per una corretta visualizzazione della nostra rivista su iPad e tablet Android consigliamo  
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 **Nova 1670, un mistero quasi risolto**

345 anni dopo l'apparizione di una nova nel Cigno, un piccolo gruppo di astronomi ha stabilito che quell'evento fu molto probabilmente causato dalla fusione esplosiva di due stelle normali. Le caratteristiche chimiche e fisiche del residuo lasciato dall'evento si adattano perfettamente a una tipologia...

### 12 **Marte: il pianeta che ha perso un oceano d'acqua**

Secondo nuovi risultati pubblicati online su Science il 5 marzo scorso, un primordiale oceano su Marte conteneva più acqua dell'Oceano Artico terrestre e copriva una porzione della superficie planetaria più grande di quella coperta dall'Oceano Atlantico sulla Terra. Un gruppo internazionale di...

### 14 **Hubble vede supernova divisa in 4 immagini da lente cosmica**

Usando il telescopio spaziale Hubble, alcuni astronomi hanno individuato per la prima volta una distante supernova scissa in quattro immagini. Le immagini multiple della stella in esplosione sono causate dalla poderosa gravità di una galassia ellittica più vicina, appartenente a un massiccio ammasso...

### 17 **Guardando in 3-D nelle profondità dell'universo**

Lo strumento MUSE in dotazione al Very Large Telescope dell'ESO ha regalato agli astronomi la migliore visione tridimensionale di sempre del profondo universo. Dopo aver fissato la regione dell'Hubble Deep Field South per solo 27 ore, le nuove osservazioni hanno rivelato le distanze, i moti...

### 22 **Su Ganimede l'oceano più grande**

Chi pensa che le più ricche riserve di acqua salata appartengano alla Terra deve ricredersi, perché è ormai certo che su Ganimede, il più grande satellite naturale del nostro sistema solare, esiste un oceano sotterraneo il cui volume supera quello di tutti i nostri oceani messi assieme. Una notizia...

### 30 **Una galassia "attempata" nel giovane universo**

Un gruppo di astronomi coordinato da Darach Watson, dell'Università di Copenhagen, ha usato lo strumento X-shooter del Very Large Telescope, assieme all'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), entrambi dell'ESO, per osservare una delle più giovani e più remote galassie finora...

### 36 **Un grande spettacolo di nuove stelle**

Questo notevole paesaggio nella costellazione australe dell'Ara è uno scrigno di oggetti celesti. Ammassi stellari, nebulose ad emissione e regioni di formazione stellare sono solo alcune delle ricchezze osservate in quella plaga celeste posta a circa 4000 anni luce dalla Terra. Questa nuova e bellissima...

### 38 **Insolito asteroide sospettato di "rotazione esplosiva"**

Un team coordinato da astronomi della Jagiellonian University di Cracovia, Polonia, ha recentemente impiegato il W. M. Keck Observatory delle Hawaii per osservare e misurare una rara classe di "asteroidi attivi" che spontaneamente emettono polveri e hanno confuso gli scienziati per anni. Il team è riuscito...

### 40 **Nube di polveri supera il buco nero del centro galattico**

Un buco nero supermassiccio, con una massa quattro milioni di volte quella del Sole, si annida nel cuore della Via Lattea. Attorno a esso orbita un piccolo gruppo di stelle brillanti e, in aggiunta, una nube polverosa, denominata G2, che è stata seguita nella sua caduta verso il buco nero durante...

### 42 **Aspettando il risveglio di Philae**

L'avventuroso atterraggio di Philae sul nucleo della 67P/Churyumov-Gerasimenko ha parzialmente compromesso la sua missione, a causa della sopravvenuta impossibilità di ricaricare le batterie. In attesa di un possibile ritorno in attività della sonda, fioccano le scoperte maturate nei due giorni e...



# Nova 1670, un mistero quasi risolto

*345 anni dopo l'apparizione di una nova nel Cigno, un piccolo gruppo di astronomi ha stabilito che quell'evento fu molto probabilmente causato dalla fusione esplosiva di due stelle normali. Le caratteristiche chimiche e fisiche del residuo lasciato dall'evento si adattano perfettamente a una tipologia di esplosioni che si colloca fra quelle delle novae classiche e quelle delle supernovae.*



**I**l telescopio di 12 m di diametro per onde sub-millimetriche APEX (Atacama Pathfinder Experiment), sull'altopiano di Chajnantor, in Cile, utilizzato da un team di ricercatori per indagare il residuo della Nova 1670. [ESO]

**L**a sera del 20 giugno 1670, a Digione, in Francia, l'attenzione dell'astronomo e monaco cartusiano Dom Voituret Anthelme viene catturata da un nuovo astro di terza magnitudine apparso poco sopra la testa del Cigno (quindi nelle vicinanze di Albireo), appena dentro i confini dell'attuale costellazione della Volpetta, proposta proprio in quell'epoca dal grande cartografo celeste Johannes Hevelius. Quest'ultimo, osservando da Danzica circa un mese dopo Anthelme, nota anch'egli il nuovo astro e lo segnala nelle sue mappe.

L'evento era chiaramente notevole, sebbene nei settant'anni precedenti si fossero già verificati due "prodigi" simili, uno a brevissima distanza angolare, la Nova Cygni 1600 (terza magnitudine), l'altro nella costellazione dell'Ofiuco, la Supernova 1604 (magnitudine -2,5).

Sia Anthelme sia Hevelius poterono ammirare la nuova stella del 1670 fino al mese di ottobre, quando lo scemare della sua luminosità la portò al di là della soglia di visibilità ad occhio nudo e dei rudimentali telescopi di quel periodo. Sorprendentemente,





il 17 marzo del 1671, Anthelme si accorge ancora una volta prima di tutti che la stella è tornata a mostrarsi, al punto che il 30 aprile raggiunge la magnitudine 2,6, vale a dire brillante circa il doppio dell'anno precedente. Hevelius nota l'inatteso ritorno solo nella tarda primavera, quando la stella viene osservata anche da Giovanni Domenico Cassini, che proprio quell'anno veniva nominato direttore del neonato Osservatorio di Parigi.

Verso la fine di agosto la stella scompare nuovamente alla vista, per poi ripresentarsi un'ultima volta nel marzo del 1672, quando a riscoprirlo è Hevelius, che ebbe modo di osservarla fino al 22 maggio, dopodiché l'astro si indebolì oltre la sesta magnitudine (limite medio di visibilità a occhio nudo). In questa terza apparizione la stella non divenne mai più brillante della magnitudine 5,5 e pertanto passò inosservata ai più.



Al di là della posizione in cielo e della luminosità apparente, i vari testimoni di quel triplice evento non avevano i mezzi per fornire ai posteri ulteriori informazioni, salvo qualche riferimento controverso su una colorazione rossastra della nuova stella nei periodi di minor fulgore.

L'apparizione di quell'astro divenne col passare dei secoli un lontano ricordo, anche perché nessuno riuscì fino a tempi relativamente recenti a mettere in relazione la Nova 1670 con potenziali residui celesti di fenomeni cataclismici, e questo nonostante che già nella prima metà del '900 gli astronomi sapessero che novae e supernovae storiche lasciano tracce evidenti sotto forma di nebulosità. Ogni tentativo di scoprire qualcosa del

**M**appa celeste di Hevelius pubblicata dalla Royal Society nel giornale inglese *Philosophical Transactions*, nella quale è cerchiata la posizione in cui apparve la Nova 1670. [Royal Society] Il video a sinistra ci proietta sul confine fra le costellazioni del Cigno e della Volpetta, dove apparve la "nuova" stella. [ESO/Digitized Sky Survey 2 N. Risinger]



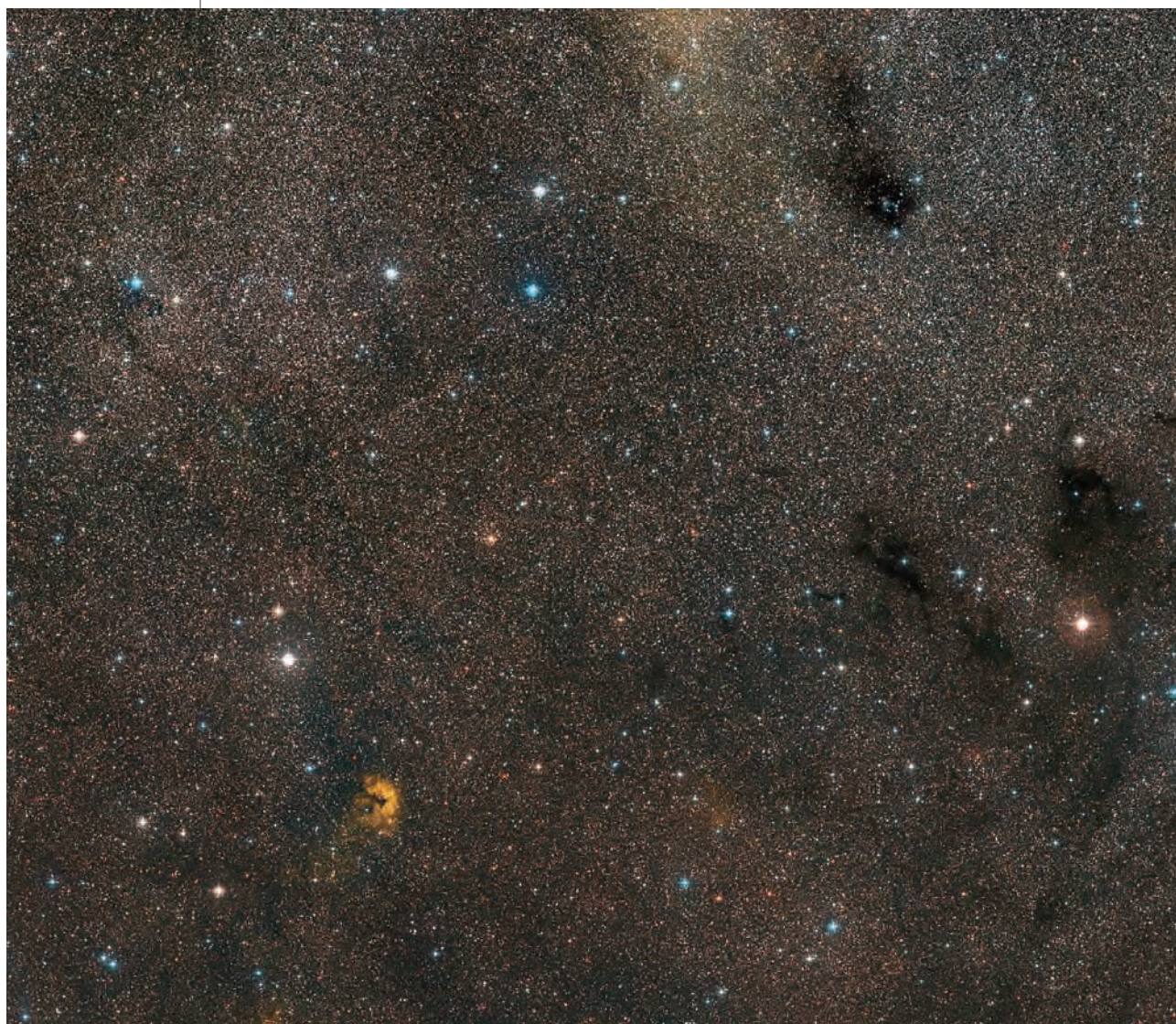


**Immagine grandangolare che mostra il cielo attorno al luogo in cui esplose la Nova 1670. Il residuo lasciato dall'evento risulta quasi impercettibile al centro del campo inquadrato. [ESO/Digitized Sky Survey 2, Davide De Martin]**

genere nella posizione della Nova 1670 risultò vano, inclusa una ricerca effettuata nel 1938 da Milton Humason sulle lastre fotografiche della Palomar Observatory Sky Survey.

All'inizio degli anni '80 ci fu però una prima svolta: studi condotti prevalentemente in H-alfa (luce rossa) da Michael M. Shara, Anthony F. J. Moffat e Ronald F. Webbink con il Multiple Mirror Telescope (Cerro Tololo International Observatory) e con il Canada-France-Hawaii Telescope rivelano, nella posizione della Nova 1670, un anello gassoso

con alcune condensazioni e probabili getti di materia perpendicolari all'anello, forse allineati con i poli di quella che si presenta come una stella centrale avvolta in un bozzolo gassoso, il quale impedisce ai ricercatori di determinare la reale natura dell'astro. Il team calcola la distanza dell'oggetto in circa 1800 anni luce e conoscendo quest'ultima deriva la magnitudine assoluta, 10,4, circa 6 magnitudini (244 volte) più debole di una tipica vecchia nova. Considerando anche che l'escursione fra la massima e la minima magnitudine apparente della nova ha raggiun-





to nei secoli le 18 magnitudini, Shara e colleghi hanno in sostanza confermato l'anomalia rappresentata da quell'evento, ma pur non escludendo scenari diversi da quelli di una nova classica, hanno sostanzialmente appoggiato quest'ultima interpretazione, suggerendo che alla base ci fosse un sistema binario con trasferimento di materia. Passano i decenni, e quella che nel frattempo era stata ridenominata

CK Vul (la doppia lettera prima della sigla della costellazione è una delle forme con cui gli astronomi catalogano le stelle variabili) non subisce altre indagini rilevanti, lasciando il dubbio su che cosa accadde in quel punto del cielo oltre tre secoli addietro. Forse la manifestazione

**L**e 8 antenne di 6 metri ciascuna che compongono il Submillimeter Array (SMA) sono installate sul vulcano spento Mauna Kea, alle Hawaii. Il team di Tomasz Kamiński ha im-





*piegato anche questo strumento per indagare moti e composizione chimica del materiale espulso a seguito dell'esplosione della Nova 1670. [Afshin Darian]*

di una cosiddetta "nova lenta" (come la Nova Aquilae 1919), culminante con l'esplosione di un guscio di elio superficiale, o forse un evento violento non ancora ben conosciuto o del tutto ignoto. L'unica certezza è la dinamica esplosiva, dal momento che si osservava materiale in allontanamento dal centro dell'oggetto stellare a velocità di qualche centinaio di km/s.

E altrettanto certo è che il residuo di quell'esplosione non fu avvistato prima a causa della bassissima temperatura del suddetto materiale, stimata attorno ai  $-260^{\circ}\text{C}$ , che sposta la massima emissione luminosa (se così possiamo definirla) verso le lunghezze d'onda millimetriche e anche oltre, fino al dominio radio.

Alcune

delle tecnologie più adatte all'indagine di quelle regioni dello spettro elettromagnetico hanno segnato notevoli progressi solo in tempi recenti e i primi a impiegarle utilmente su CK Vul sono stati sei ricercatori coordinati da Tomasz Kamiński (Max-Planck Institut für Radioastronomie), i quali hanno puntato sull'enigmatico astro l'antenna singola di APEX dell'ESO (Atacama Pathfinder Experiment, il precursore di ALMA), le 8 antenne del Submillimeter Array (SMA), installato alle Hawaii dallo Smithsonian Astrophysical Observatory, e il gigantesco radiotelescopio di Effelsberg, North Rhine-Westphalia (Germania).

L'osservazione a lunghezze d'onda millimetriche ha sorprendentemente rivelato che i gas molecolari e le polveri in espansione associati a CK Vul sono particolarmente variegati dal punto di vista chimico.

Quell'ambiente risulta eccezionalmente ricco di azoto e caratterizzato da rapporti isotopici molto peculiari, soprat-

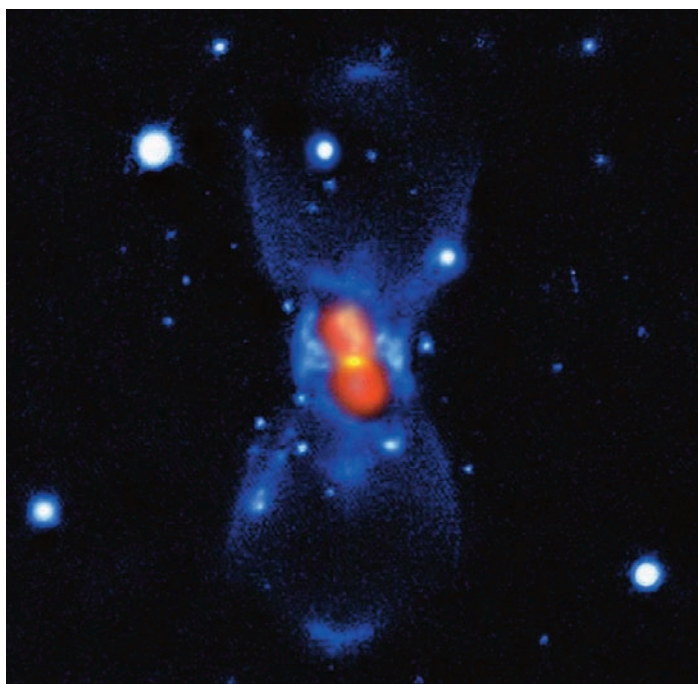






tutto per quanto riguarda il carbonio, l'ossigeno e lo stesso azoto. La composizione chimica riscontrata e le abbondanze dei vari isotopi appaiono inconciliabili sia con lo scenario di una tipica nova, sia con una nova lenta, sia con altri processi esplosivi noti, inclusa la formazione delle nebulose planetarie, che se in qualche caso possono somigliare al residuo di CK Vul, per via della vaga forma a clessidra, mostrano al contrario di tale residuo una spiccata abbondanza di ossigeno e una meno significativa presenza di azoto. Anche la massa del materiale che compone il residuo in espansione (almeno 1,2 masse solari) è eccessiva rispetto a quella generalmente accumulata attorno a sé da una nova; così come è al contrario eccessivamente bassa la lumi-

nosità del residuo stesso, rispetto alla media dei residui di novae conosciuti. Un'altra differenza rispetto ad altri residui è la forte e-

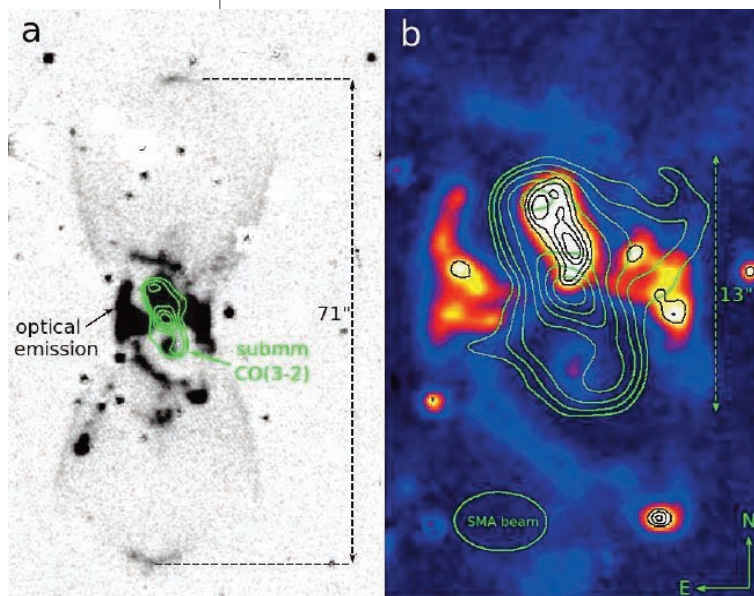
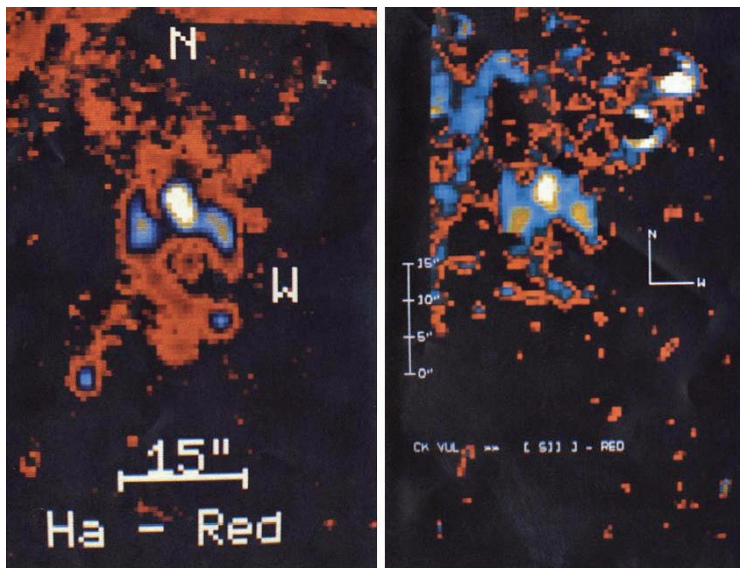


**U**na suggestiva ripresa invernale del radiotelescopio di Effelsberg, di 100 m di diametro, utilizzato da Kamiński e colleghi per osservare il residuo della Nova 1670 oltre il dominio submillimetrico. [Max-Planck Institut für Radioastronomie] A sinistra vediamo ciò che resta della nova: sono state combinate la radiazione visibile dei gas (blu, dal telescopio Gemini), quella submillimetrica delle polveri (giallo, da SMA) e l'emissione molecolare (rosso, da APEX e SMA). [ESO/T. Kamiński]



**A** destra, immagini in falsi colori pubblicate nel luglio del 1985 su *The Astrophysical Journal*, in un articolo a conferma della scoperta del residuo della Nova 1670. La sorgente stellare variabile al suo interno è stata denominata CK Vul. [Shara, Mofat, Webbink] Quasi 30 anni dopo, Kamiński e colleghi pubblicano su *Nature* le immagini in basso. In "a" vediamo l'intero residuo nebulare ripreso in H-alfa e NII, con delineata in verde l'emissione molecolare appena scoperta con SMA. In "b" un primo piano della regione centrale. [Kamiński et al.]

missione molecolare di CK Vul nelle onde submillimetriche, assente in altri 17 residui di novae osservati per confronto dal team di Kamiński con APEX. Secondo i ricercatori, uno scenario così atipico può essere la conseguenza del verificarsi di una Luminous Red Nova (LRN), un raro evento, ancora oggetto di discussione fra gli specialisti, nel quale due stelle di sequenza principale (astri normali come il Sole, ma non necessariamente delle stesse dimensioni) si scontrano e si fondono, generando un'esplosione assai potente ma non totalmente distruttiva. In pratica, qualcosa a metà strada fra le supernovae, nelle quali gli astri coinvolti non sopravvivono, e le novae, dove a esplodere è solo uno strato superficiale, che non sconvolge profondamente la struttura stellare. Delle Luminous Red Novae, dette anche "red transients", si sa essenzialmente che dopo l'esplosione, che coinvolge anche strati profondi delle due stelle (di qui



la ricchezza della composizione chimica del residuo), avviene una rapidissima espansione del materiale, il quale va a occupare un volume di raggio migliaia o decine di migliaia di volte superiore a quello del Sole. L'espansione abbatte presto la temperatura della "bolla" di gas e polveri, spingendo la luce emessa verso lunghezza d'onda via via maggiori e facendo pertanto assumere al residuo una tonalità rossa, da cui il nome di questa categoria di oggetti.

Che CK Vul possa essere effettivamente stata una LRN è avvalorato da un red transient conclamato, OGLE-2002-BLG-360, manifestatosi in più episodi fra il 2002 e il 2006, il quale ha mostrato una curva di luce che è una versione in scala ridotta di quella della NOVA 1670. Più in generale, Kamiński e colleghi fanno notare in un articolo pubblicato il 23 marzo su *Nature* (nel quale sono riportati i risultati delle loro osservazioni), che la maggior parte delle caratteristiche di CK Vul si confà al modello delle LRN e che pertanto quell'oggetto potrebbe essere considerato il prototipo di quella categoria di stelle. Resta da capire la tipologia della stella che si annida al centro del residuo, ma non sarà facile dare una risposta a questo interrogativo, sia per la sua bassa luminosità sia perché è ancora circondata e quindi oscurata dal materiale processato nelle reazioni termonucleari e sparpagliato dall'esplosiva fusione. ■



# Marte: il pianeta che ha perso un oceano d'acqua

by ESO

Secondo nuovi risultati pubblicati online su *Science* il 5 marzo scorso, un primordiale oceano su Marte conteneva più acqua dell'Oceano Artico terrestre e copriva una porzione della superficie planetaria più grande di quella coperta dall'Oceano Atlantico sulla Terra.

Un gruppo internazionale di scienziati ha utilizzato il Very Large Telescope dell'ESO, unitamente a strumenti del Keck Observatory e all'Infrared Telescope facility della NASA, per monitorare su un periodo di sei anni l'atmosfera marziana e per mappare le proprietà dell'acqua in diverse regioni dell'atmosfera stessa. Le mappe ottenute sono le prime del loro genere. Circa 4 miliardi di anni fa, il giovane pianeta avrebbe avuto abbastanza acqua da coprire la sua intera superficie con uno strato liquido profondo circa 140 metri, ma è più probabile che il liquido si sia raccolto a formare un oceano in grado di occupare quasi la metà dell'emisfero settentrionale, raggiungendo in alcune regioni profondità superiori a 1,6 km. *"Il nostro studio fornisce una stima consistente di quanta acqua Marte possedeva un tempo, determinando quanta acqua è andata persa nello spazio"*, dice Geronimo Villanueva, uno scienziato che lavora al Goddard Space Flight Center della NASA (a Greenbelt, nel Maryland) e che è primo autore del nuovo

articolo. *"Con questo lavoro, possiamo meglio comprendere la storia dell'acqua su Marte"*. La nuova stima è basata su osservazioni dettagliate nell'atmosfera marziana di due forme d'acqua leggermente differenti. Una è la forma familiare dell'acqua, composta di due atomi di idrogeno e uno di ossigeno, H<sub>2</sub>O. L'altra è l'HDO, o acqua semi-pesante, una variante che si presenta naturalmente e nella quale un atomo di idrogeno è sostituito da una sua forma più pesante, chiamata deuterio. Poiché la variante deuterata è più pesante dell'acqua normale, si disperde meno facilmente nello spazio attraverso l'evaporazione. Pertanto, più è grande la perdita di acqua da parte del pianeta, più alto è il rapporto di HDO rispetto all'H<sub>2</sub>O nell'acqua rimanente. (Negli oceani terrestri ci sono circa 3200 molecole di H<sub>2</sub>O per ogni molecola di HDO.) Comparando il rapporto fra HDO e H<sub>2</sub>O, gli scienziati possono misurare di quanto la frazione di HDO è aumentata e quindi determinare quanta acqua è fuggita nello spazio. Questo a sua volta permette di stimare la quantità di acqua presente su Marte nei primi tempi. (Sebbene le sonde al suolo di Marte e in orbita attorno a esso possano fornire misurazioni molto più dettagliate, non sono adatte a monitorare le proprietà dell'atmosfera nel suo insieme. Ciò è meglio fattibile dalla superficie terrestre, usando spettrografi infrarossi su grandi telescopi.)

Nello studio, il team ha mappato ripetutamente la distribuzione di H<sub>2</sub>O e HDO per quasi sei anni (equivalenti a circa tre anni marziani), producendo delle istantanee per ciascuna molecola, così come il loro rapporto. Le mappe rivelano cambiamenti stagionali e microclimi, nonostante il Marte attuale sia essenzialmente un deserto.

Ulli Käufel, dell'ESO, che è stato responsabile per la costruzione di uno degli strumenti usati in questo studio ed è coautore del nuovo articolo, aggiunge: *"Rimango stupefatto per quanto potere c'è nel rilevamento da remoto su altri pianeti attraverso telescopi astronomici: abbiamo scoperto un antico oceano a più di 100 milioni di chilometri di distanza"*.

Il team era particolarmente interessato alle regioni prossime ai poli nord e sud, perché le calotte polari ghiacciate sono la più grande riserva di acqua conosciuta del pianeta. Si ritiene che l'acqua lì immagazzinata possa documentare l'evoluzione dell'acqua marziana dall'umido periodo Noachiano, che si concluse circa 3,7 miliardi di anni fa, fino al presente.

I nuovi risultati mostrano che l'acqua atmosferica nelle regioni vicine ai poli è arricchita in HDO di un fattore 7 rispetto all'acqua oceanica della Terra, implicando che l'acqua delle calotte glaciali permanenti di Marte è arricchita 8 volte. Il pianeta deve aver perso un volume di acqua 6,5 volte maggiore di quello delle attuali



calotte polari per condurre a un livello di arricchimento

così alto. Il volume del primordiale oceano marziano deve essere stato di almeno 20 milioni di km<sup>3</sup>. Sulla base della superficie attuale di Marte, una probabile collocazione per quell'acqua sarebbero i Northern Plains, che sono stati a lungo considerati un buon candidato a causa dei loro bassi territori. Un antico oceano li

avrebbe coperto il 19% della superficie planetaria (per confronto, l'Oceano Atlantico occupa il 17% della superficie terrestre). "Se Marte ha perso così tanta acqua, il pianeta è stato probabilmente umido per un periodo più lungo di quanto si pensasse in precedenza e ciò suggerisce che avrebbe potuto essere abitabile per tanto tempo", conclude Michael Mumma, ricercatore senior al GSFC e secondo autore dell'articolo. È possibile che Marte una volta abbia avuto anche più acqua, parte della quale potrebbe essersi depositata sotto la superficie. Poiché le nuove mappe rivelano microclimi e cambiamenti nel tempo del contenuto di acqua atmosferica, esse possono anche rivelarsi utili per continuare la ricerca di acque sotterranee. ■



**R**appresentazioni artistiche e video che mostrano come poteva apparire Marte 4 miliardi di anni fa. Il giovane pianeta avrebbe potuto avere abbastanza acqua da coprire la sua intera superficie con uno strato liquido profondo circa 140 metri, ma è più probabile che il liquido si sia raccolto a formare un oceano in grado di occupare quasi la metà dell'emisfero settentrionale, raggiungendo in alcune regioni profondità superiori a 1,6 km. [ESO/M. Kornmesser/N. Risinger]





# Hubble vede supernova divisa in 4 immagini da lente cosmica

by NASA

Usando il telescopio spaziale Hubble, alcuni astronomi hanno individuato per la prima volta una distante supernova scissa in quattro immagini. Le immagini multiple della stella in esplosione sono causate dalla poderosa gravità di una galassia ellittica più vicina, appartenente a un massiccio ammasso di galassie. Questa singolare osservazione aiuterà gli astronomi a perfezionare le loro stime sulla quantità e sulla distribuzione della materia oscura nella galassia-lente e nell'ammasso. La materia oscura non può essere vista direttamente, ma si ritiene rappresenti la maggior parte della massa dell'universo. La gravità della galassia ellittica e dell'ammasso di galassie distorce e intensifica la luce della retrostante supernova, un effetto chiamato lensing gravitazionale. Previsto per la prima volta da Albert Einstein, questo effetto è simile a quello di una lente di vetro che incurva la luce per ingran-

dire e distorcere l'immagine di un oggetto posto dietro ad essa. Le immagini multiple sono disposte attorno alla galassia ellittica in una configurazione a croce chiamata "Croce di Einstein", un nome usato originariamente per un quasar (nu-

cleo brillante di una galassia attiva) che presentava lo stesso fenomeno. La galassia ellittica e il suo ammasso, MACS J1149.6+2223, distano dalla Terra 5 miliardi di anni luce. La supernova dietro a essi è invece lontana 9,3 miliardi di anni luce. Sebbe-



**Q**uesta immagine mostra l'enorme ammasso di galassie MACS J1149.6+2223, la cui luce impiega oltre 5 miliardi di anni per raggiungerci. [NASA, ESA, S. Rodney (John Hopkins University, USA) and the FrontierSN team; T. Treu (University of California Los Angeles, USA), P. Kelly (University of California Berkeley, USA) and the GLASS team; J. Lotz (STScI) and the Frontier Fields team; M. Postman (STScI) and the CLASH team; and Z. Levay (STScI)]

ne gli astronomi abbiano scoperto dozzine di immagini multiple di galassie e quasars, non avevano mai visto un'esplosione stellare risolta in più immagini. "Sono rimasto davvero meravigliato quando ho riconosciuto le quattro immagini che circondavano la galassia, è stata una sorpresa assoluta", ha detto Patrick Kelly, dell'Università della California, a Berkeley, un membro della Grism Lens Amplified Survey from Space (GLASS) collaboration. Il gruppo GLASS sta lavorando con il team del Frontier Field Supernova (FrontierSN) per analizzare le esplosioni stellari. Kelly è anche primo autore dell'articolo scientifico apparso il 6 marzo in un'edizione speciale della rivista Scienze, dedicata alla celebrazione del centenario della Teoria della Relatività Generale





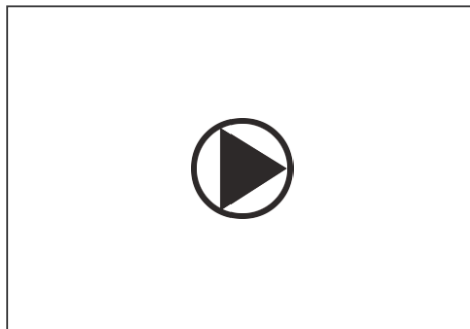
**Q**uesta foto mostra quattro diverse immagini della medesima supernova, la cui luce è stata distorta e amplificata dall'enorme ammasso di galassie MACS J1149.6+2223 posto davanti a essa. La grande massa dell'ammasso e una delle galassie al suo interno incurvano la luce di una supernova retrostante, creando quattro immagini separate della stella esplosa. La luce è stata amplificata e distorta dal lensing gravitazionale e come risultato le immagini sono disposte attorno alla galassia ellittica in una formazione nota come Croce di Einstein. [NASA, ESA, S. Rodney (John Hopkins University, USA) and the FrontierSN team; T. Treu (University of California Los Angeles, USA), P. Kelly (University of California Berkeley, USA) and the GLASS team; J. Lotz (STScI) and the Frontier Fields team; M. Postman (STScI) and the CLASH team; and Z. Levay (STScI)]

di Einstein. Quando le quattro immagini si sono indebolite, gli astronomi hanno previsto che avrebbero avuto una rara opportunità di catturare una replica della supernova. Questo perché l'attuale schema a quattro immagini è solo una parte del manifestarsi del lensing. La supernova può essere già apparsa altrove nell'ammasso come singola immagine circa 20 anni fa ed è attesa riapparire ancora una volta entro i prossimi cinque anni. Questa previsione è basata su modelli numerici dell'ammasso, che descrivono i vari percorsi che la luce della supernova può aver preso attraverso il labirinto di materia oscura addensata nel

raggruppamento galattico. Ogni immagine prende un percorso diverso attraverso l'ammasso e arriva in tempi differenti, soprattutto a causa delle differenze nella lunghezza del cammino che la luce segue per raggiungere la Terra. Le quattro immagini di supernova catturate da Hubble, ad esempio, sono apparse entro

pochi giorni o settimane l'una dall'altra. I vari percorsi della luce della supernova sono paragonabili a diversi treni che lasciano una stazione alla stessa ora, che viaggiano alla stessa velocità e che sono diretti alla stessa destinazione. Ogni treno prende però una via diversa, e la distanza di ogni percorso non è la stessa. Qualche treno viaggia in collina, altri nelle valli e altri ancora sbuffano attorno a montagne. Poiché i treni viaggiano su tratti di differenti lunghezze attraverso territori diversi, non arrivano a destinazione nel medesimo tempo. Allo stesso modo, le immagini della supernova non appaiono contemporaneamente, perché parte della luce è attardata dal viaggiare attorno a curve create dalla gravità di addensamenti di materia oscura nell'ammasso di galassie interposto.

“Il nostro modello di materia oscura nell'ammasso ci dà la previsione di quando la prossima immagine apparirà, perché ci dice quanto è lungo il percorso di ogni treno, che è correlato col tempo”, ha detto Steve Rodney, della John Hopkins University di Baltimora, Maryland, responsabile del team FrontierSN. “Abbiamo già perso quella che pensiamo sia apparsa circa 20 anni fa e abbiamo scoperto queste quattro immagini dopo che erano già apparse. La previsione della futura immagine è quella più eccitante perché potremmo essere in grado di coglierla. Speriamo di tornare in futuro su questo campo con



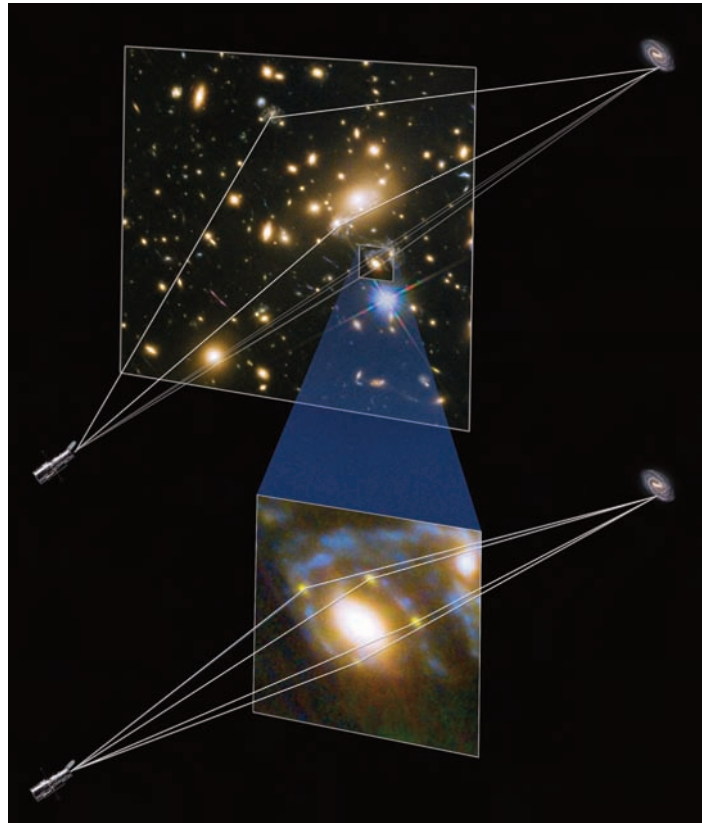
**Q**uesta animazione mostra come l'enorme ammasso di galassie MACS J1149.6+2223, la cui luce impiega oltre 5 miliardi di anni per raggiungerci, incurva la luce di una supernova retrostante l'ammasso stesso, creando quattro immagini separate della supernova. La luce è stata intensificata e distorta dall'effetto gravitazionale e come risultato le immagini sono disposte attorno alla galassia ellittica in una formazione nota come Croce di Einstein. [NASA & ESA]



*Hubble, per tenerlo sott'occhio e vedere quando l'attesa prossima immagine apparirà.*"

La misurazione dei ritardi fra immagini offre indicazioni sul tipo di deformazione spaziale dell'ambiente che la luce della supernova ha coperto e aiuterà gli astronomi a sintonizzare i modelli che mappano la massa dell'ammasso. "Misureremo i ritardi e torneremo ai modelli per compararli con le previsioni dei percorsi della luce", ha detto Kelly. "I modellizzatori delle lenti, come Adi Zitrin (California Institute of Technology), del nostro team, saranno quindi in grado di regolare i loro modelli per ricreare più accuratamente il panorama della materia oscura, che detta i tempi di viaggio della luce."

Mentre stava facendo ricerca di routine sui dati GLASS, l'11 novembre 2014 Kelly ha individuato le quattro immagini della stella esplosa. I team FrontierSN e GLASS stavano cercando dal 2013 quel tipo di esplosioni fortemente amplificate e questo oggetto è la loro scoperta più spettacolare. La supernova appare circa 20 volte più brillante della sua naturale luminosità, a causa degli effetti combinati di due lenti sovrapposte. L'effetto lente dominante è dovuto al massiccio ammasso di galassie, che mette a fuoco la luce della supernova lungo almeno tre percorsi separati. Un effetto lente secondario si verifica



**Q**uesta illustrazione mostra come quattro diverse immagini della stessa supernova sono venute a crearsi quando la sua luce è stata distorta e amplificata dall'enorme ammasso di galassie MACS J1149.5+223 posto davanti a essa. Come risultato le immagini sono disposte attorno alla galassia ellittica in una formazione nota come Croce di Einstein. Il massiccio ammasso di galassie concentra la luce della supernova lungo almeno tre percorsi separati e quando a uno di quei percorsi accade di essere allineato con precisione con una galassia ellittica singola all'interno dell'ammasso, si verifica un effetto lensing secondario. La materia oscura associata alla galassia ellittica incurva e riconcentra la luce in quattro percorsi, generando la rara configurazione della Croce di Einstein che il team ha osservato. [NASA & ESA]

quando a uno di questi percorsi luminosi capita di essere esattamente allineato con una specifica galassia ellittica all'interno dell'ammasso. "La materia oscura di quella singola galassia incurva e fa convergere la luce in quattro percorsi – spiega Rodney – generando la rara configurazione della Croce di Einstein che abbiamo osservato". I due team

hanno passato una settimana ad analizzare la luce dell'oggetto, confermando che si trattava di una supernova. Si sono quindi rivolti al W.M. Keck Observatory, sul Mauna Kea, Hawaii, per misurare la distanza della galassia che ospitava la supernova.

Gli astronomi hanno soprannominato la supernova Refsdal, in onore dell'astronomo norvegese Sjur Refsdal, il quale nel 1964 propose per primo l'impiego delle immagini ritardate nel tempo, provenienti da una supernova lensificata, per studiare l'espansione dell'universo. "Gli astronomi hanno cercato di scoprirne una da allora", dice Tommaso Treu, dell'Università della California, a Los Angeles, e Principal Investigator del progetto GLASS. "La lunga attesa è finita!"

La Frontier Fields survey è un programma triennale che impiega Hubble e gli effetti del lensing gravitazionale di sei massicci ammassi di galassie per indagare non solo ciò che c'è negli ammassi, ma anche ciò che esiste al di là di essi. Il programma triennale FrontierSN studia le supernovae che appaiono dentro e attorno gli ammassi di galassie delle surveys Frontier Fields e GLASS. La survey GLASS sfrutta le capacità spettroscopiche di Hubble per studiare galassie remote attraverso i "telescopi cosmici" di dieci ammassi galattici massicci, inclusi i sei di Frontier Fields. ■



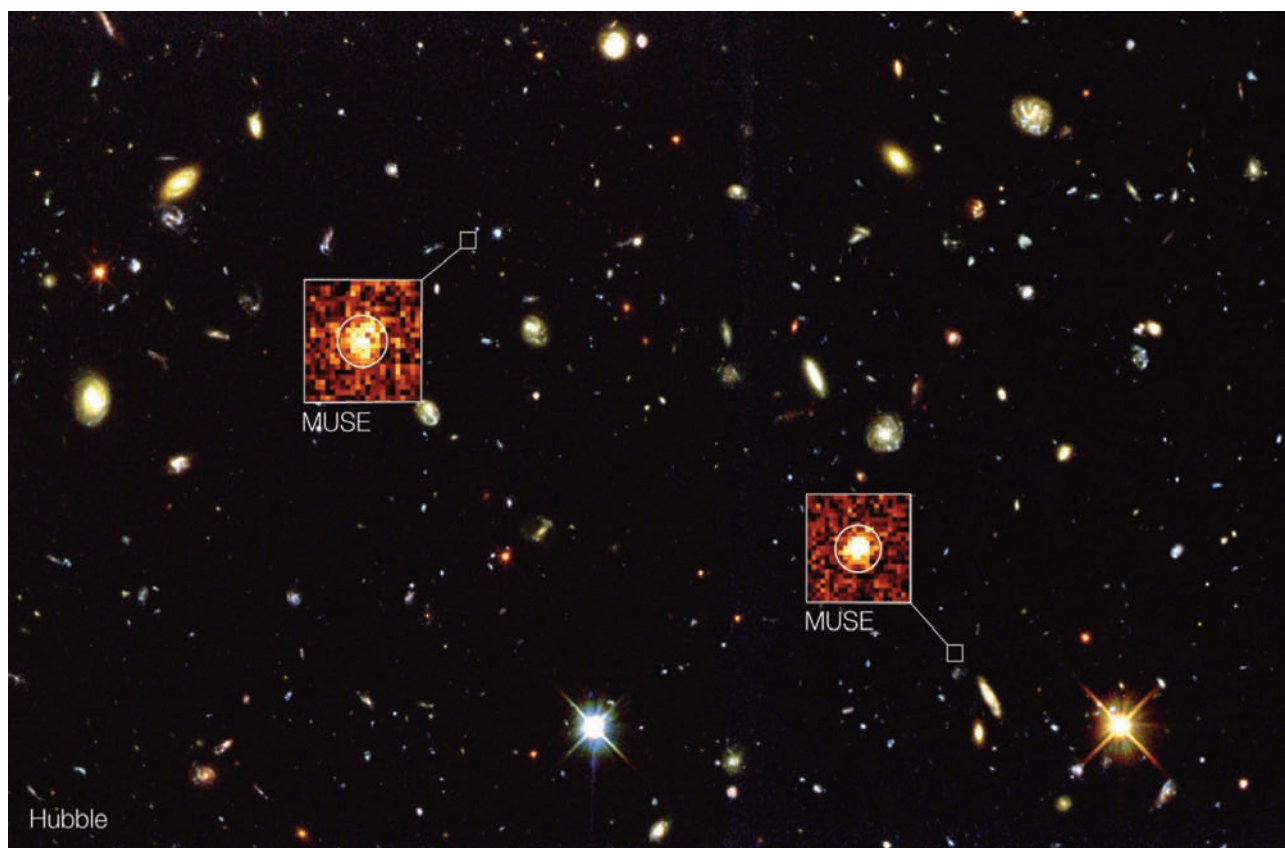
# Guardando in 3-D nelle profondità dell'universo

by ESO

Lo strumento MUSE in dotazione al Very Large Telescope dell'ESO ha regalato agli astronomi la migliore visione tridimensionale di

sempre del profondo universo. Dopo aver fissato la regione dell'Hubble Deep Field South per solo 27 ore, le nuove osservazioni hanno rivelato le distanze, i moti e altre proprietà di molte più galassie che in precedenza in quel piccolo pezzo di

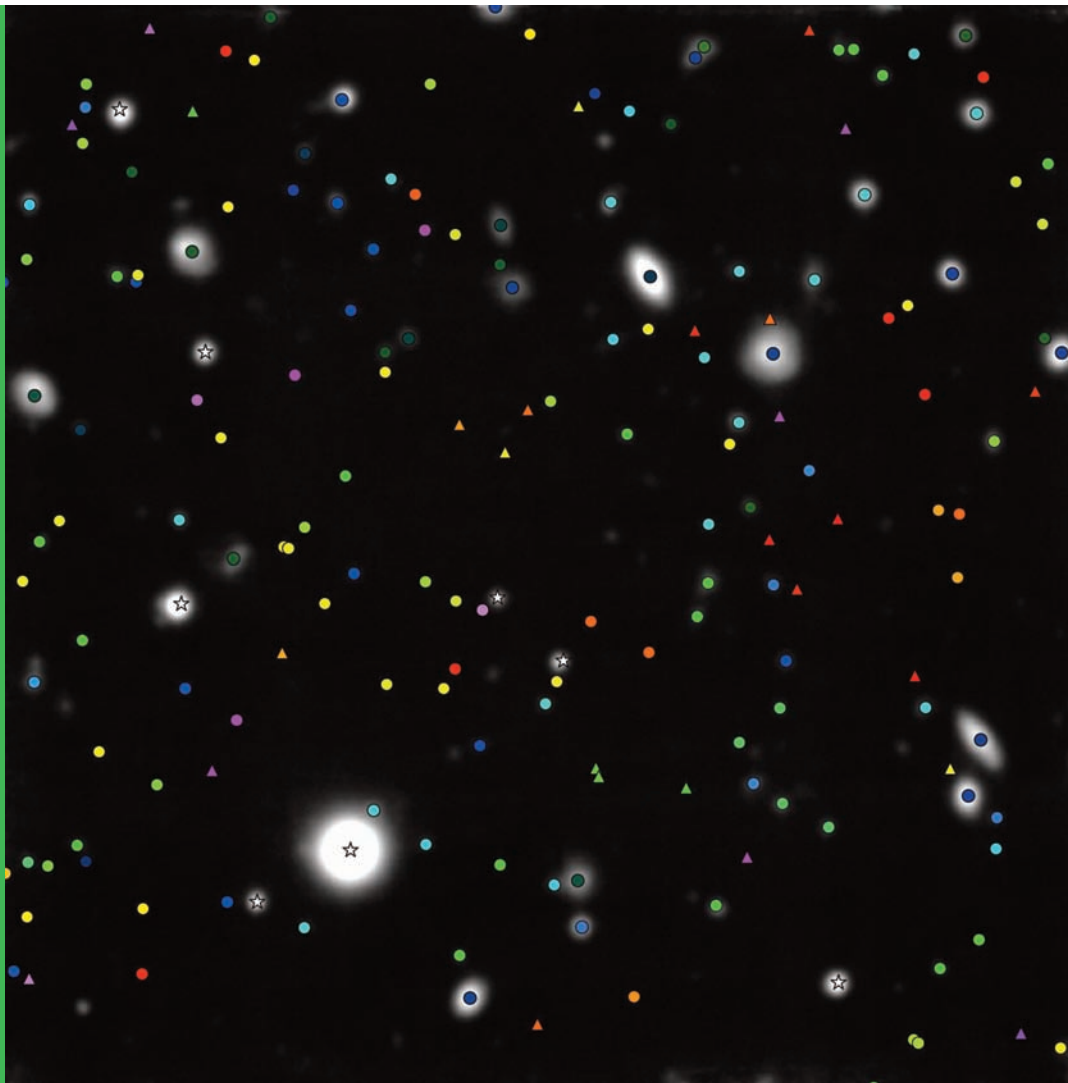
cielo. Esse vanno anche oltre Hubble e rivelano oggetti prima invisibili. Prendendo immagini a lunghissima esposizione di regioni del cielo, gli astronomi hanno creato numerosi campi profondi che hanno rivelato molto sul giovane universo. Il più fa-



L'immagine di sfondo di questa composizione mostra una ripresa del telescopio spaziale Hubble di una regione conosciuta come Hubble Deep Field South. Nuove osservazioni fatte con lo strumento MUSE del Very Large Telescope dell'ESO hanno svelato galassie remote non visibili con Hubble. Due esempi sono evidenziati nei riquadri. Questi oggetti sono completamente invisibili nell'immagine di Hubble, ma si mostrano chiaramente nelle corrispondenti parti dei dati tridimensionali di MUSE. [ESO/MUSE Consortium/R. Bacon]



**L**o strumento MUSE in dotazione al Very Large Telescope dell'ESO ha regalato agli astronomi la migliore visione tridimensionale di sempre del profondo universo. Dopo aver fissato la regione dell'Hubble Deep Field South per solo 27 ore, le nuove osservazioni hanno rivelato le distanze, i moti e altre proprietà di molte più galassie che in precedenza in quel piccolo pezzo di cielo. Esse vanno anche oltre Hubble e rivelano oggetti prima invisibili. In questa immagine, gli oggetti per i quali MUSE ha misu-



rato la distanza sono mostrati con simboli colorati. I simboli a stella bianca sono deboli stelle della Via Lattea. Tutto il rimanente sono galassie lontane. I cerchi mostrano oggetti che appaiono nelle riprese di Hubble di questo campo. I triangoli rappresentano oltre 25 nuove scoperte nei dati di MUSE, invisibili nell'immagine di Hubble. Gli oggetti blu sono relativamente vicini; quelli verdi e gialli sono più distanti; le galassie porpora e rosa sono viste quando l'universo aveva meno di 1 miliardo di anni di età. MUSE ha misurato oltre dieci volte più distanze di galassie lontane in questo campo di quanto non si sia riusciti a fare finora. [ESO/MUSE consortium/R. Bacon]

moso di essi è stato l'Hubble Deep Field originale, registrato in diversi giorni da Hubble verso la fine del 1995. Quella spettacolare immagine simbolo ha rapidamente trasformato la nostra comprensione del contenuto dell'universo quando era gio-

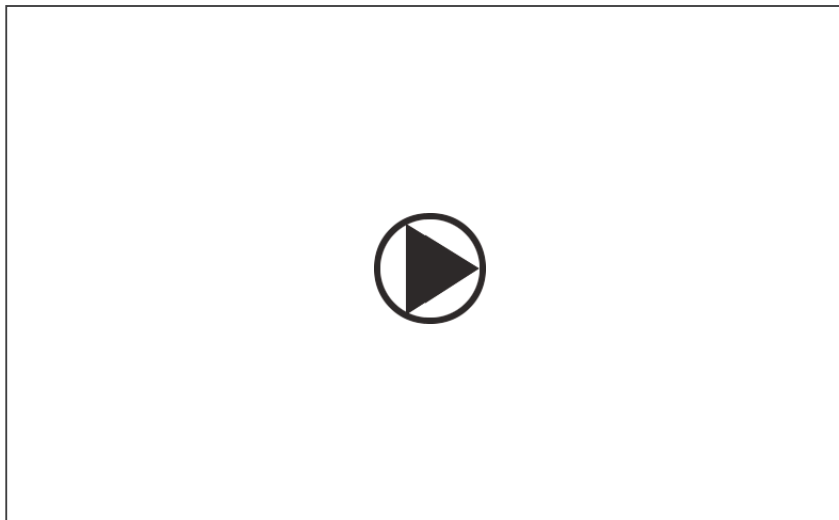
vane. Due anni dopo è stata seguita da un'immagine simile del cielo australe, l'Hubble Deep Field South. Ma queste immagini non hanno fornito tutte le risposte; per scoprire di più sulle galassie nelle immagini a campo profondo, gli astronomi han-

no dovuto poi osservare attentamente ciascuna di esse con altri strumenti, un lavoro difficile e dispendioso in quanto a tempo. Ma ora, per la prima volta, il nuovo strumento MUSE può fare entrambe le cose in una volta e molto più velocemente.



Una delle prime osservazioni fatte con MUSE dopo la fase di verifica sul VLT nel 2014 è stata un lungo e intenso sguardo nell'Hubble Deep Field South (HDF-S). I risultati hanno superato le aspettative. *“Dopo appena poche ore di osservazione al telescopio, abbiamo dato una rapida occhiata ai risultati, trovando numerose galassie, era molto incoraggiante. E quando siamo tornati in Europa abbiamo iniziato a esplorare i dati nel dettaglio. È stato come pescare in acque profonde e ogni nuova cattura ha generato molto entusiasmo e discussioni sulle specie che stavamo trovando”*, ha spiegato Roland Bacon (Centre de Recherche Astrophysique de Lyon, France, CNRS), Principal Investigator dello strumento MUSE e capo del comitato di verifica.

Ogni punto di HDF-S visto da MUSE non è solo un pixel di un'immagine, ma anche uno spettro che rivela l'intensità della luce nei suoi diversi colori costituenti (circa 90000 spettri in totale e ogni spettro copre un intervallo di lunghezze d'onda dal blu al vicino infrarosso, ovvero 475-930 nanometri). Questi possono rivelare distanza, composizione e moti interni di centinaia di galassie distanti, così come catturare un piccolo numero di debolissime stelle della Via Lattea. Benché il tempo totale di esposizione sia stato molto più breve di quello delle immagini di Hubble, i dati dell'HDF-S di MUSE rivelano in quella piccola regione di cielo oltre venti oggetti estremamente deboli che Hubble non aveva registrato affatto. (MUSE è particolarmente sensibile agli oggetti che emettono la maggior parte della loro energia in alcune caratteristiche lunghezze d'onda, alle quali si mostrano come punti brillanti. Le galassie del giovane universo si prestano a quel tipo di osservazioni, poiché contengono idrogeno che si illumina a causa della radiazione ultravioletta proveniente da giovani e caldissime stelle.)



**Q**uesto video dell'ESO spiega che cosa rende importanti le nuove osservazioni di MUSE e mostra come gli astronomi interpretano i “cubi di dati” tridimensionali del lontano universo. [Editing: Herbert Zodet. Web and technical support: Mathias André and Raquel Yumi Shida. Written by: Christopher Marshall, Richard Hook and Herbert Zodet. Narration: Sara Mendes da Costa. Music: Johan B. Monell ([www.johanmonell.com](http://www.johanmonell.com)). Footage and photos: ESO, MUSE Consortium/R. Bacon, Robert Williams and the Hubble Deep Field Team (STScI), the HDF-S Team, F. Summers (STScI), NASA/ESA/ Hubble, L. Calçada, M. Kornmesser, B. Tafreshi ([twanight.org](http://twanight.org)), C. Malin ([christophmalin.com](http://christophmalin.com)), Mario Nonino, Piero Rosati and the ESO GOODS Team. Directed by: Herbert Zodet. Executive producer: Lars Lindberg Christensen.]

*“La più grande emozione è arrivata quando abbiamo trovato galassie molto distanti che non erano visibili nelle più profonde immagini di Hubble. Dopo così tanti anni di duro lavoro sullo strumento, è stata un'esperienza forte per me vedere i nostri sogni diventare realtà”*, ha aggiunto Bacon.

Osservando attentamente tutti gli spettri registrati da MUSE nell'HDF-S, il team ha misurato la distanza di 189 galassie. Alcune di esse sono risultate relativamente vicine, mentre altre si mostrano nel primo miliardo di anni di esistenza dell'universo. Queste misurazioni di distanze superano di oltre dieci volte il numero di quelle esistenti in precedenza per quella specifica regione di cielo. Per le galassie più vicine MUSE può fare molto di

più, osservando differenti proprietà in diverse parti di una determinata galassia, il che rivela come essa sta ruotando e come altre proprietà variano da luogo a luogo. È un modo portentoso per capire come le galassie evolvono in tempi cosmici.

*“Ora che abbiamo dimostrato la capacità unica di MUSE di esplorare il profondo universo, guarderemo in altri campi profondi, come l'Hubble Ultra Deep Field. Saremo in grado di studiare migliaia di galassie e di scoprirne di nuove estremamente deboli e distanti. Queste piccole e giovanissime galassie, viste com'erano oltre 10 miliardi di anni nel passato, gradualmente sono cresciute per diventare galassie come la Via Lattea che vediamo oggi”*, ha concluso Bacon. ■



# Supernova termoneucleare espelle la stella più veloce della galassia

by Keck Observatory

Usando i telescopi del Keck Observatory e il Pan-STARRS1 delle Hawaii, alcuni astronomi hanno scoperto una stella che batte il record di velocità galattica, sfrecciando a circa 1200 km/s, ovvero 4,3 milioni di km/h. Questa velocità è così elevata che la stella fuggirà alla gravità della nostra galassia. Al contrario di tutti gli altri casi di stelle svincolate, il team ha dimostrato che questa stella compatta è stata espulsa da un sistema binario estremamente stretto, a seguito dell'esplosione termonucleare di una supernova. I risultati dello studio sono

stati pubblicati sull'edizione del 6 marzo scorso di *Science*.

Stelle come il Sole sono legate alla nostra galassia e orbitano attorno al suo centro con velocità moderate. Solo alcune cosiddette stelle iperveloci sono note per viaggiare con velocità così alte da essere svincolate, il che significa che non orbiteranno attorno alla

galassia, bensì sfuggiranno alla sua gravità per vagare nello spazio intergalattico. Un incontro ravvicinato con il buco nero supermassiccio al centro della Via Lattea è tipicamente considerato il meccanismo più plausibile per scacciare stelle fuori dalla galassia. Un team di astronomi coordinato da Stephan Geier (European

**R**affigurazione artistica della fase di trasferimento di massa, seguita dalla detonazione di una supernova, che ha portato all'espulsione di US 708. Sebbene questa illustrazione mostri contemporaneamente la supernova (al centro in basso) e la stella espulsa (sopra a sinistra), in realtà la supernova sarebbe dovuta svanire molto tempo prima che la stella raggiungesse quella posizione. [ESA/HUBBLE, NASA, S. Geier]





**A**nimazione di una nana bianca che accumula materia fino a trasformarsi nella supernova che ha eiettato US 708 ad altissima velocità. [NASA, ESA and P. Ruiz-Lapuente, cut and coloured by S. Geier]

Southern Observatory, Garching, Germania) ha osservato una nota stella ad alta velocità, conosciuta come US 708, con l'Echelle Spectrograph and Imager del telescopio di 10 metri Keck II per misurarne distanza e velocità lungo la linea di vista. Combinando accuratamente le misurazioni della posizione prese da archivi digitali con le nuove posizioni misurate su immagini prese durante il corso della survey di Pan STARRS1, essi sono stati in grado di ottenere la componente tangenziale (lungo la nostra linea di vista) del moto stellare. Combinando le misurazioni, il

team ha stabilito che la stella si sta muovendo a circa 1200 km/s, una velocità molto più elevata di quella di stelle precedentemente studiate nella Via Lattea. Ancora più importante, la traiettoria di US 708 indica che il buco nero supermassiccio del centro galattico non può essere la causa della velocità estrema della stella. US 708 ha un'altra proprietà peculiare in forte contrasto con altre stelle iperveloci: è un rapido rotatore, una stella compatta di elio, probabilmente scaturita dall'interazione con una vicina compagna. Quindi, US 708 avrebbe originariamente risie-

duto in un sistema binario ultracompatto, trasferendo elio su una massiccia nana bianca compagna e innescando alla fine un'esplosione termonucleare, più precisamente una supernova di tipo Ia. In tale scenario, la compagna sopravvissuta, ossia US 708, fu violentemente scagliata fuori dal sistema binario distrutto e sta ora viaggiando a una velocità estrema. Questi risultati forniscono evidenze osservative di un legame fra stelle di elio e supernovae termonucleari, e rappresentano un passo verso la comprensione dei sistemi progenitori di quelle misteriose esplosioni. ■



# Su Ganimede l'oceano più grande

*Chi pensa che le più ricche riserve di acqua salata appartengano alla Terra deve ricredersi, perché è ormai certo che su Ganimede, il più grande satellite naturale del nostro sistema solare, esiste un oceano sotterraneo il cui volume supera quello di tutti i nostri oceani messi assieme. Una notizia straordinaria dal punto di vista astrobiologico.*

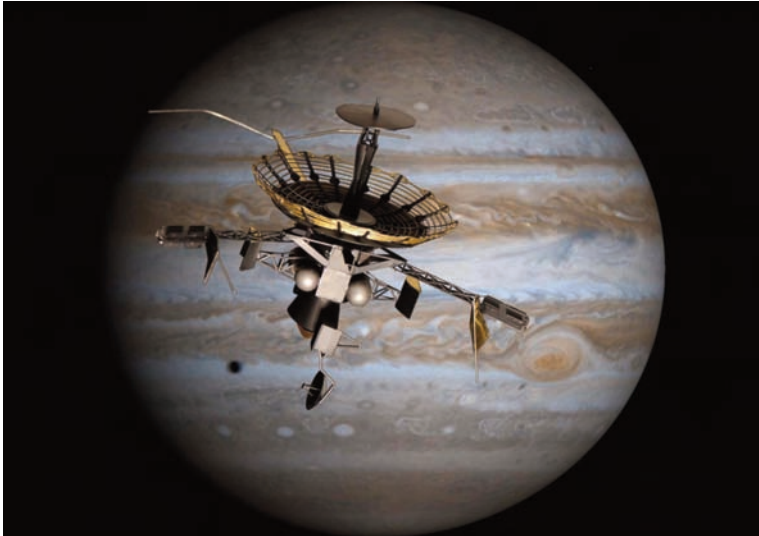
**G**animede fotografata dalla sonda Galileo nel 1996. Questa luna, al di sotto della sua superficie, ospita il più vasto oceano del sistema solare. [NASA, Ted Styrk]





**F**ino a non molti decenni addietro era difficile immaginare che nel sistema solare potesse esserci acqua su corpi planetari diversi dalla Terra. Si sapeva che ce n'era nelle comete sotto forma di ghiaccio, si sospettava che in quello stesso stato potesse essercene su Marte e solo gli astronomi più ottimisti speravano di poterla un giorno scoprire su qualche grande luna. Modelli numerici degli anni '70 indicavano che sul più grande satellite naturale di Giove (e dell'intero sistema solare), Ganimede, il cui diametro supera quello del pianeta Mercurio, poteva esistere un oceano globale nascosto al di sotto di uno spessissimo strato superficiale composto di rocce e ghiaccio.

I tempi erano intuitivamente prematuri affinché gli astronomi potessero disporre degli strumenti necessari a un'eventuale ve-



satelliti. Grazie a una serie di misurazioni effettuate con gli strumenti di bordo, fra i quali un contatore di particelle cariche e un magnetometro, gli astronomi scoprirono che Ganimede era (ed è) dotata di un proprio campo magnetico (caso unico fra i satelliti), immerso a sua volta nell'immensa magnetosfera di Giove.

L'esistenza di un campo magnetico attorno a quella luna era

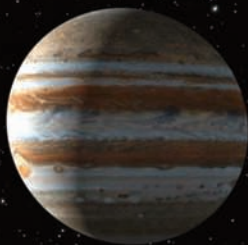
rifica dell'ipotesi, e pertanto la cosa rimase in sospeso. Successivamente, nel 2002, la sonda Galileo visitò il sistema di Giove e per un paio di anni studiò il pianeta e i suoi

essenziale alla validazione dei modelli e l'averlo scoperto era un primo, concreto passo verso la conferma dell'esistenza del suo oceano. Ma non si riuscì ad andare

**A sinistra, una ricostruzione di fantasia della sonda Galileo nel sistema gioviano. [NASA] Sotto, una comparazione fra le dimensioni dei maggiori satelliti del sistema solare con quelle di Mercurio e Plutone. [NASA, Calvin J. Hamilton]**



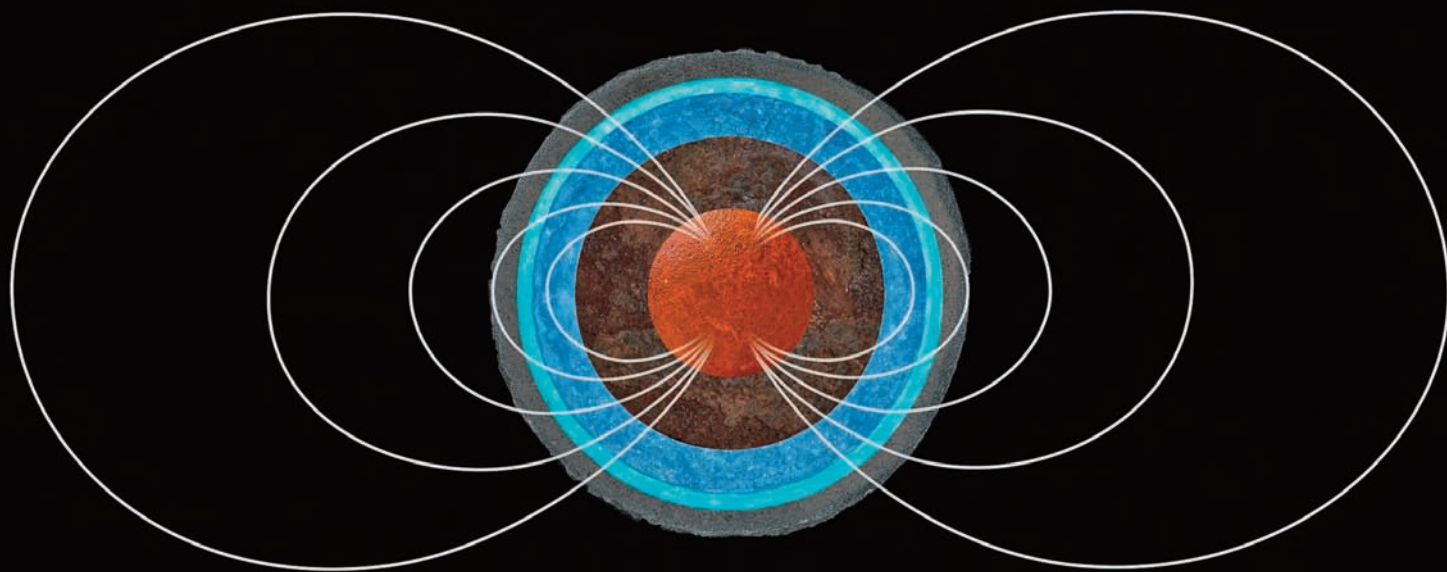




**R**appresentazione artistica di Ganimede in orbita attorno a Giove. Sono state enfatizzati i due ovali aurorali scoperti a medie latitudini negli emisferi nord e sud. La misurazione da parte di Hubble delle oscillazioni che interessano quelle strutture ha portato alla scoperta di un immenso oceano sotterraneo. [NASA, ESA, G. Bacon (STScI), J. Saur (University of Cologne, Germany)]

oltre, perché le misurazioni, eseguite a intervalli di 20 minuti per brevi periodi, erano troppo rapide per evidenziare con certezza una peculiare interferenza nel comportamento del campo magnetico di Ganimede, attesa in caso di esistenza dell'oceano. Quell'interferenza si inserisce in un più ampio contesto che ha come elemento dominante il campo magnetico gioviano, che ruota "solidamente" al pianeta con un periodo di circa 10 ore. Per metà di quel ciclo le linee di forza del campo puntano approssimativamente verso Ganimede, mentre per la restante metà puntano in direzione opposta (rispetto all'asse di rotazione del pianeta). Questo comportamento influisce sulla struttura del campo magnetico di Ganimede (originato dalla rotazione del suo nucleo metallico), il cui asse è costretto a oscillare, facendo a loro volta oscillare in latitudine le fenomenologie ad esso associate (in entrambi gli emisferi).

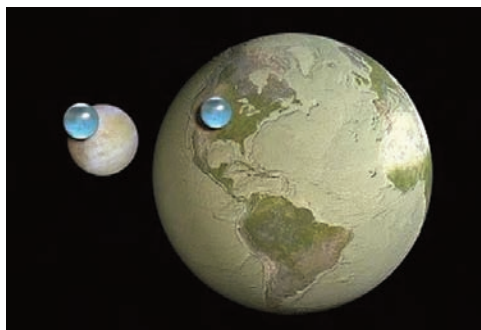
I modelli prevedono che nel caso di Ganimede quelle oscillazioni siano di  $6^\circ$  verso nord e poi di  $6^\circ$  verso sud, in un ciclo di circa 10 ore (coincidente con la rotazione di Giove). Questo è lo scenario atteso qualora la grande luna sia interamente solida e quindi priva di un oceano globale sotterraneo. Diversamente, in presenza di un'enorme riserva di acqua liquida salata, la sua massa, la sua fluidità e la sua conduttività elettrica, modificherebbero la dinamica del campo magnetico di Ganimede, introducendo un effetto attenuativo nell'influenza della magnetosfera gioviana e riducendo sensibilmente l'entità delle oscillazioni. Riuscire a misurare una migrazione in latitudine inferiore ai  $6^\circ$  teorici avrebbe di fatto validato l'ipotesi dell'oceano globale, e l'ampiezza della differenza avrebbe fornito preziose informazioni sulle sue principali caratteristiche. In assenza di una sonda in loco, opportunamente progettata e at-



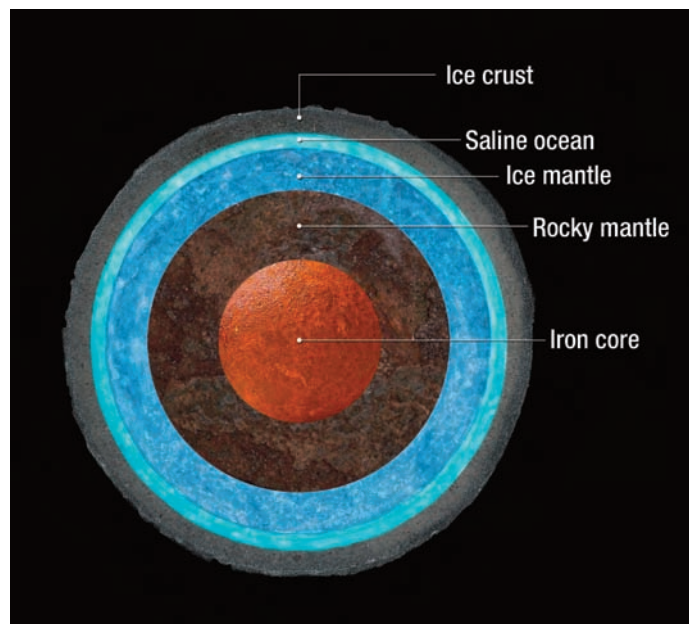
trezzata per studiare sul lungo periodo il comportamento del campo magnetico di Ganimede, sembrerebbe impossibile dare una risposta definitiva alla questione. Ma gli scienziati sono abituati a escogitare soluzioni sorprendenti, ed ecco che a Joachim Saur, professore di Geofisica all'Università di Colonia (Germania), viene una bella idea: studiare la struttura interna di Ganimede attraverso l'osservazione delle aurore.

Come noto, i campi magnetici sono invisibili e le loro linee di forza, nonché le loro polarità, sono riconoscibili essenzialmente per l'intervento di traccianti di vario genere, come ad esempio, limatura di ferro, particelle cariche, particolari forme di radiazione e via dicendo. È dal comportamento dei traccianti che si risale alle proprietà dei campi magnetici e alle strutture e ai meccanismi

che li generano. Poiché le aurore sono governate dall'interazione fra particelle cariche e campo magnetico, osservando le prime con tecniche appropriate è possibile



dedurre la conformazione del secondo e ottenere informazioni sulla struttura interna del corpo planetario che lo genera.



Per produrre le aurore, le particelle cariche (essenzialmente elettroni e protoni di origine solare) catturate dalle linee di forza del campo magnetico devono però impattare i gas di un'atmosfera, e il caso vuole che Ganimede disponga di una tenuissima atmosfera di ossigeno, l'elemento chimico più idoneo alla produzione di luce aurorale.

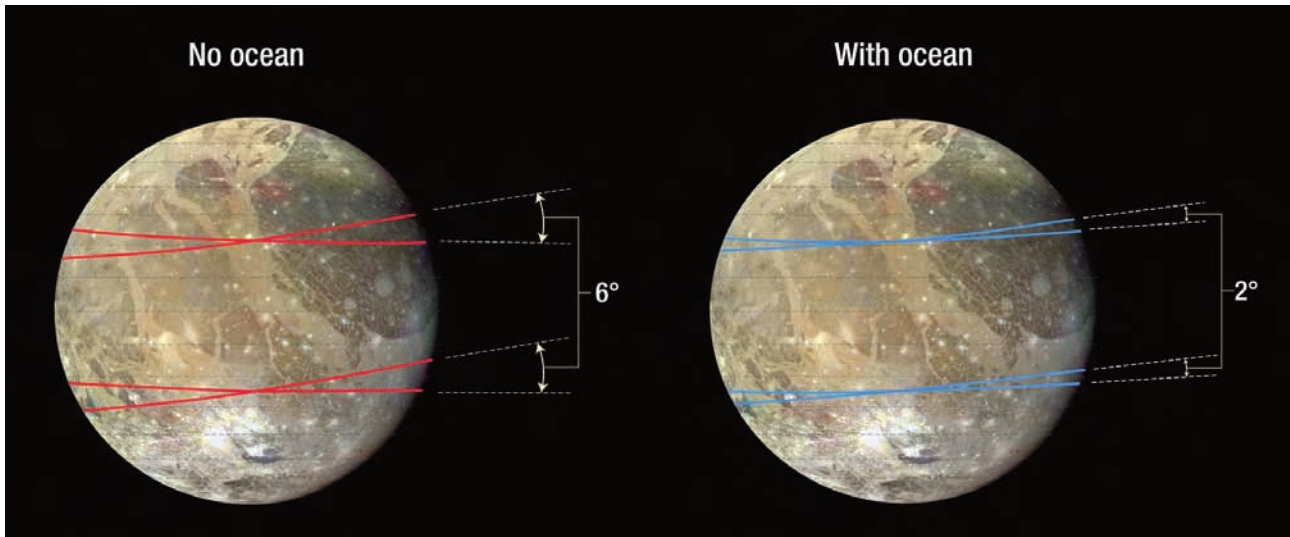
Aspettandosi di poter meglio apprezzare quel fenomeno nell'ultravioletto (una radiazione in gran parte assorbita dall'atmosfera terrestre), Saur e alcuni suoi collaboratori hanno deciso di attuare il proprio programma di osservazioni con

**Q**ui sopra, una raffigurazione molto semplificata delle linee di forza del campo magnetico di Ganimede, generate dalla rotazione del nucleo di ferro fluido.

A fianco, confronto fra le quantità di acqua contenute nell'oceano di Ganimede e negli oceani terrestri: il primo supera la somma dei secondi.

In basso a sinistra, schema della struttura interna di Ganimede, in base al recente lavoro di Saur e colleghi, pubblicato in marzo sul *Journal of Geophysical Research*. L'oceano di acqua salata si estende sotto la crosta ghiacciata e sovrasta uno strato di ghiaccio, un mantello roccioso e il nucleo metallico. [NASA, ESA, and A. Feild (STScI)]

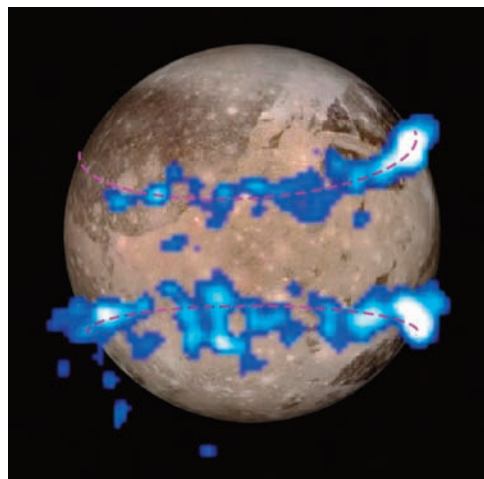




**I**n questa illustrazione sono rappresentate le escursioni in latitudine degli ovali aurorali di Ganimede, nel caso di assenza di un oceano (sinistra) e nel caso quell'oceano esista e abbia le caratteristiche spiegate in questo articolo (destra). [NASA, ESA, and A. Feild (STScI)]

**L**e aurore di Ganimede fotografate in ultravioletto da Hubble, sono qui sovrapposte, rispettando le loro reali posizioni, a un'immagine in luce bianca della grande luna gioviana presa dalla sonda Galileo. [NASA, ESA, and J. Saur (University of Cologne, Germany)]

il telescopio spaziale Hubble (che può registrare luce ultravioletta fino alla lunghezza d'onda di 200 nanometri, corrispondenti ai raggi UVC) e di puntare lo strumento verso Ganimede possibilmente in concomitanza di picchi nel flusso del vento solare, al fine di massimizzare le probabilità di cogliere il manifestarsi delle aurore. Così operando, il team di Saur è riuscito a seguire la dinamica delle aurore di Ganimede per un tempo sufficientemente lungo da poter stabilire che la loro migrazione in latitudine è ampia solamente 2°. Sulla base dei modelli della struttura interna della grande luna, quel valore testimonia l'esistenza di un oceano globale di acqua salata, nasco-



sto circa 150 km sotto la superficie e profondo circa 100 km, quindi una decina di volte più profondo dei più profondi abissi terrestri. I ricercatori hanno stimato che quell'oceano contiene più acqua di quante ne sia in tutti i nostri oceani messi assieme e ciò rende Ganimede un oggetto estremamente interessante dal punto di vista astrobiologico. Non si può infatti escludere a priori la presenza in quella gigantesca riserva d'acqua di una qualche forma di vita assimilabile a quelle dei nostri abissi e in grado di proliferare traendo energia da possibili sorgenti idrotermali, uno scenario che sembra condiviso da un'altra delle maggiori lune gioviane, Europa, anch'essa caratterizzata da un oceano globale sotterraneo.

Ganimede va dunque ad aggiungersi a quell'ormai nutrito gruppo di oggetti di varie dimensioni e natura sui quali è stata accertata la presenza di acqua. Sia essa allo stato gassoso, liquido oppure solido, sembra essercene davvero ovunque nel nostro sistema solare.

Con la medesima tecnica impiegata di Saur, ma applicata ai più potenti telescopi del prossimo futuro, sarà possibile scoprire oceani anche su pianeti e grandi lune in orbita attorno ad altre stelle, un'opportunità straordinariamente affascinante, che nemmeno le più fervide e fantasiose menti avrebbero potuto immaginare. ■



# BELLINCIONI

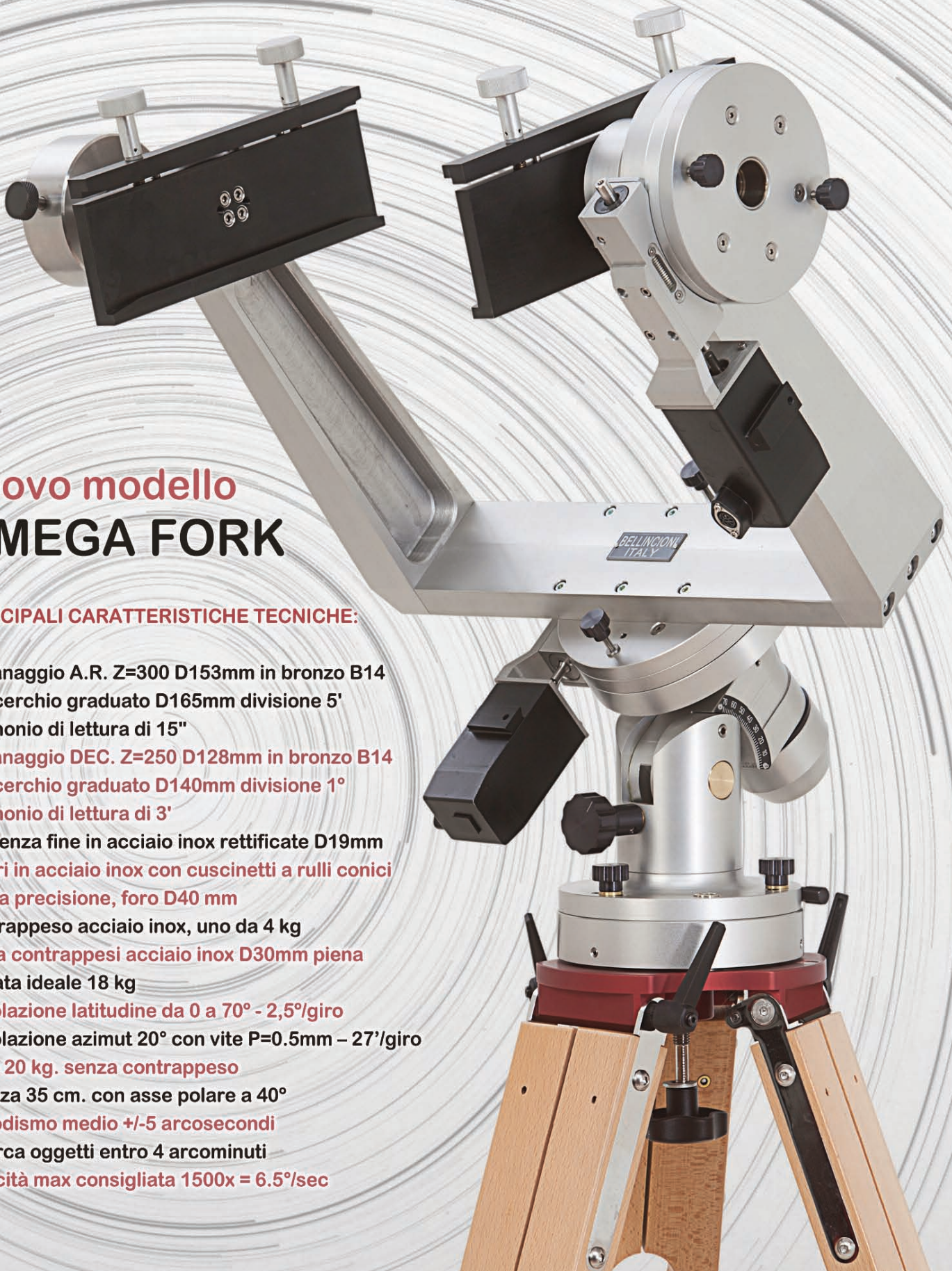
★ ITALIAN HIGH PRECISION MOUNTS ★

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





# CAELUM



## STRUMENTI PER L'ASTRONOMIA

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

Tel/Fax 011 500213 - Mob. 328 2120508

VISITE SU APPUNTAMENTO

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

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

**Tra gli accessori sono disponibili:**

- Sistemi di motorizzazione per rotazione cupola e apertura feritoia.
- Impianti di allarme wireless per sorveglianza remota.
- Armadi portastrumenti perimetrali.
- Pannelli solari per alimentazione.

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

**[www.caelum.it](http://www.caelum.it)  
[info@caelum.it](mailto:info@caelum.it)**

**vastissima gamma di telescopi, accessori e ora anche cupole**

**ampio assortimento di materiale d'occasione**

**pagamenti agevolati**

**vendita anche per corrispondenza**

**contattaci!**





# Una galassia "attempata" nel giovane universo

by ESO

**U**n gruppo di astronomi coordinato da Darach Watson, dell'Università di Copenhagen, ha usato lo strumento X-shooter del Very Large Telescope, assieme all'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), entrambi dell'ESO, per osservare una delle più giovani e più remote galassie finora scoperte. I ricercatori sono rimasti sorpresi nello scoprire un sistema molto più evoluto di quanto atteso: possiede una frazione di polveri paragonabile a quella di galassie molto mature, come la Via Lattea. Tali polveri sono essenziali alla vita, poiché aiutano a formare pianeti, molecole complesse e stelle normali.

Il target delle loro osservazioni è chiamato A1689-zD1. Questa galassia era stata notata in precedenza

nelle immagini di Hubble e sospettata di essere molto distante, ma la sua distanza non poteva essere confermata a quel tempo. È visibile solo in virtù del fatto che la sua luminosità è amplificata di oltre nove volte da una lente gravitazionale, generata da uno spettacolare ammasso di galassie, Abell 1689, che giace fra la giovane galassia e la Terra. Senza l'incremento gravitazionale, il bagliore di quella debolissima galassia sarebbe stato troppo debole per essere rilevato.

Stiamo vedendo A1689-zD1 quando l'universo aveva all'incirca solo 700 milioni di anni, il 5% della sua età attuale, e questo corrisponde a un redshift di 7.5. È un sistema relativamente modesto, molto meno massiccio e luminoso di molti altri oggetti che sono stati studiati in precedenza in quella fase dell'universo ed è quindi un più tipico esempio di

**Q**uesta spettacolare immagine del telescopio spaziale Hubble mostra il ricco ammasso di galassie Abell 1689. L'enorme concentrazione di massa incurva la luce proveniente da oggetti più distanti e può accrescere la loro luminosità totale apparente, rendendoli visibili. Uno di tali oggetti, A1689-zD1, è racchiuso nel riquadro (sebbene sia ancora così debole da essere quasi invisibile in questa immagine). Nuove osservazioni condotte con ALMA e con il VLT hanno rivelato che tale oggetto è una galassia polverosa, vista quando l'universo aveva appena 700 milioni di anni. [NASA; ESA; L. Bradley (Johns Hopkins University); R. Bouwens (University of California, Santa Cruz); H. Ford (Johns Hopkins University); and G. Illingworth (University of California, Santa Cruz)]







**N**el video a fianco, una zoomata nell'ammasso di galassie Abell 1689. Il telescopio spaziale Hubble. Con l'aiuto del lensing gravitazionale naturale di questo ammasso, può vagamente rilevare la galassia remota A1689-zD1, vista appena 700 milioni di anni dall'inizio del nostro universo. Questo oggetto è stato rilevato da ALMA e la sua distanza è stata misurata con il Very Large Telescope. [ESA/Hubble (M. Kornmesser & L. L. Christensen)]





**Q**uesta veduta include la luce infrarossa raccolta dallo strumento WFC3 a bordo del telescopio spaziale Hubble, e la luce bianca di altre immagini. Essa mostra un primo piano di una parte del ricco ammasso di galassie Abell 1689. Nel riquadro è visibile A1689-zD1. [ESO/J. Richard]

una galassia in quell'epoca. A1689-zD1 viene osservata com'era durante il periodo della reionizzazione, quando le prime stelle avviarono un'alba cosmica, illuminando per la prima volta un immenso e trasparente universo, e ponendo fine alla prolungata stagnazione dell'Età Oscura. Sarebbe dovuta apparire come un sistema di nuova formazione, ma invece la galassia ha sorpreso gli osservatori con la sua ricca complessità chimica e abbondanza di polveri interstellari.

*"Dopo aver confermato la distanza della galassia usando il VLT, – ha detto Watson – abbiamo realizzato che era stata precedentemente osservata con ALMA. Non ci aspettavamo di trovare molto, ma posso*

*dire che eravamo tutti piuttosto eccitati quando abbiamo capito che non solo ALMA l'aveva osservata, ma che c'era una chiara rilevazione. Uno dei principali obiettivi di ALMA era trovare galassie nel giovane universo, partendo dalle emissioni del gas freddo e delle polveri, e qui lo abbiamo raggiunto!"*

Questa galassia è un bambino cosmico, ma ha dimostrato di essere precoce. A quell'età ci si aspettava che mostrasse una penuria di elementi chimici pesanti (qualunque cosa più pesante dell'idrogeno e dell'elio, quelli definiti "metalli" in astronomia). Essi sono prodotti nei "ventri" delle stelle e sparsi in lungo e in largo quando le stelle medesime esplodono o muoiono per

altre vie. Tale processo necessita di esser ripetuto per molte generazioni stellari al fine di produrre un'abbondanza significativa dei metalli più pesanti, come il carbonio, l'ossigeno e l'azoto.

Sorprendentemente, la galassia A1689-zD1 sembra emettere una quantità di radiazione nell'infrarosso indicativa del fatto che ha già prodotto molte delle sue stelle e significative quantità di metalli, rivelando che essa non solo contiene polveri, ma che ha pure un rapporto polveri/gas simile a quello di galassie molto più mature.

*"Sebbene l'esatta origine delle polveri galattiche rimanga oscura, – spiega Watson – le nostre scoperte indicano che la sua produzione avviene molto rapidamente, entro solo 500 milioni di anni dall'inizio della formazione stellare nell'universo (un lasso di tempo cosmologico cortissimo, dato che la maggior parte delle stelle vive per miliardi di anni)."*

Le scoperte suggeriscono che A1689-zD1 ha costantemente formato stelle a un tasso moderato da 560 milioni di anni dopo il Big Bang, oppure che ha attraversato rapidamente un periodo di formazione stellare estrema, prima di entrare in una fase di declino.

Prima di questo risultato, gli astronomi si preoccupavano che tali galassie distanti non sarebbero state rilevabili in questo modo, ma invece A1689-zD1 è stata individuata effettuando solo brevi osservazioni con ALMA.

Kirsten Knudsen (Chalmers University of Technology, Svezia), coautrice dell'articolo, ha aggiunto: *"Questa sorprendente galassia polverosa sembra aver avuto fretta di produrre la sua prima generazione di stelle. In futuro ALMA potrà aiutarci a trovare più galassie come questa e a imparare che cosa le rende così desiderose di crescere".* ■



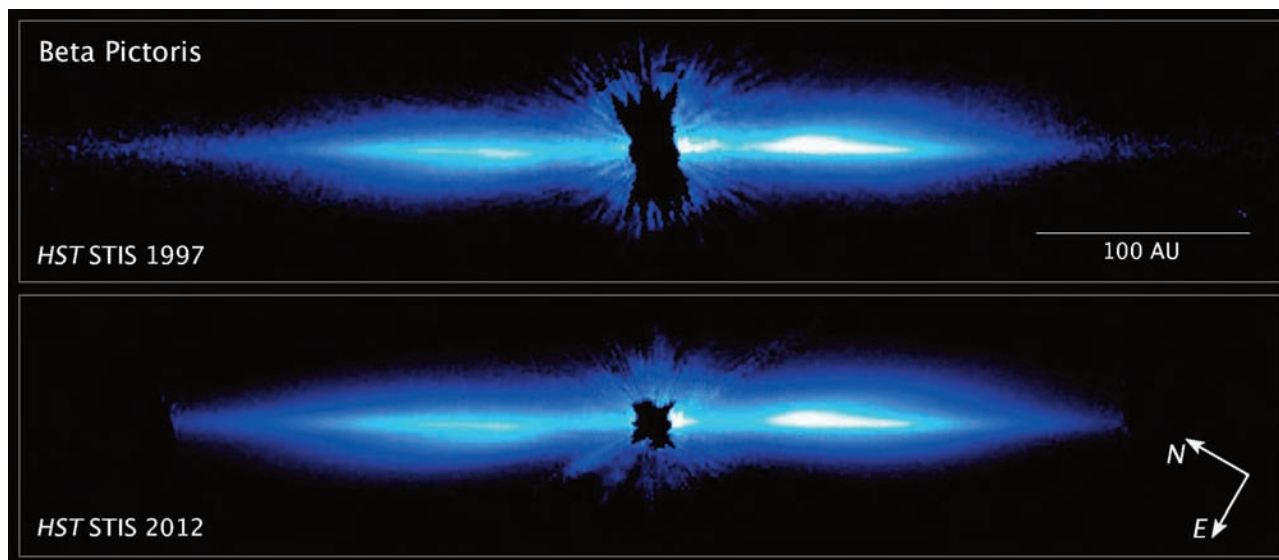
# Hubble ottiene la migliore immagine di un disco circumstellare distorto da un pianeta

by NASA

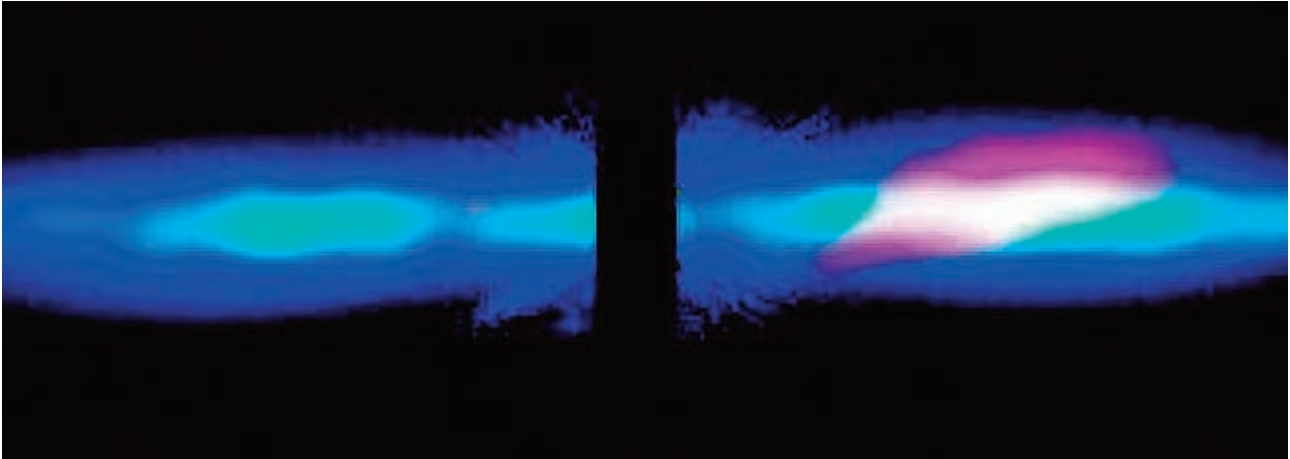
**G**li astronomi hanno utilizzato il telescopio spaziale Hubble per prendere quella che è finora la più dettagliata immagine dell'ampio disco di polveri e gas, visto di taglio, che circonda Beta Pictoris, una stella che ha 20 milioni di anni. Quello di Beta Pictoris resta l'unico disco di detriti con un pianeta gigante (scoperto nel 2009) fotografato direttamente. Poiché il periodo orbitale è relativamente corto (è stimato fra 18 e 22 an-

ni), gli astronomi possono vedere un chiaro movimento in appena pochi anni. Questo permette di studiare come il disco di Beta Pictoris sia distorto dalla presenza di un pianeta massiccio inserito all'interno del disco. La nuova immagine in luce vi-

**L**e immagini in basso sono le più dettagliate del disco di polveri e gas, visto di taglio, che circonda Beta Pictoris, una stella con un'età di soli 20 milioni di anni. Le immagini tracciano il disco in prossimità della stella, fino a circa 650 milioni di km dall'astro (quindi dentro il raggio dell'orbita di Saturno rispetto al Sole). Comparando le ultime immagini di Hubble con quelle prese nel 1997, gli astronomi hanno notato che la distribuzione delle polveri del disco è cambiata di poco nei 15 anni messi a confronto, a dispetto del fatto che l'intera struttura orbiti attorno alla stella come una giostra. Le immagini sono state colorate artificialmente per esaltare i dettagli della struttura del disco. [NASA, ESA, and D. Apai and G. Schneider (University of Arizona)]







**Q**uesta è un'immagine composta a colori del grande disco che circonda la giovane stella Beta Pictoris. Essa mostra una curiosa asimmetria nella distribuzione delle polveri e del gas, che può derivare da una collisione planetaria all'interno del disco stesso, la quale può aver polverizzato i corpi coinvolti. Le immagini in luce bianca prese con lo Space Telescope Imaging Spectrograph (mostrate in blu) tracciano il disco in prossimità della stella, fino a circa 650 milioni di km dalla stella (quindi dentro il raggio dell'orbita di Saturno rispetto al Sole). I dati radio prodotti dall'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array mostrano le polveri (in verde, a 1.3 millimetri) e il monossido di carbonio (in rosso). [Hubble data: NASA, ESA, and D. Apai and G. Schneider (University of Arizona); ALMA Data: NRAO and W.R.F. Dent (ALMA, Santiago, Chile)]

sibile di Hubble traccia il disco in prossimità della stella, fino a circa 650 milioni di km dall'astro (quindi dentro il raggio dell'orbita di Saturno rispetto al Sole).

*"Alcune simulazioni al computer avevano predetto una struttura complicata per il disco interno, a causa della trazione gravitazionale del pianeta gigante a corto periodo. Le nuove immagini svelano quel disco interno e confermano le strutture previste. Questa scoperta valida i modelli, i quali ci aiuteranno a dedurre la presenza di altri esopianeti in altri sistemi",* ha detto Daniel Apai, dell'Università dell'Arizona. Il pianeta gigante del sistema di Beta Pictoris è stato fotografato direttamente sei anni fa in luce infrarossa dal Very Large Telescope dell'ESO.

Comparando le ultime immagini di Hubble con quelle prese nel 1997, gli astronomi hanno notato che la distribuzione delle polveri del disco è cambiata di poco nei 15 anni messi a confronto, a dispetto del fatto che l'intera struttura orbita attorno alla

stella come una giostra. Ciò significa che la struttura è uniformemente continua nella direzione della sua rotazione su tempi scala simili al periodo orbitale del pianeta.

Nel 1984, Beta Pictoris fu la primissima stella attorno alla quale venne scoperto un brillante disco circumstellare di polveri e detriti. Da allora è stata oggetto di un'intensa analisi con Hubble e con telescopi al suolo. Le osservazioni spettroscopiche di Hubble del 1991 avevano mostrato evidenze di comete extrasolari in frequente caduta sulla stella. Il disco è facilmente visibile perché è visto di taglio ed è particolarmente brillante a causa di una gran quantità di polveri che diffondono la luce. Inoltre, Beta Pictoris è più vicina alla Terra (63 anni luce) della maggior parte degli altri sistemi con disco conosciuti. Sebbene quasi tutti i dischi circumstellari noti (circa due dozzine) siano già stati ripresi da Hubble, Beta Pictoris rimane il primo e migliore esempio di quello che sembra un giovane sistema planetario, dicono i ricercatori. Una cosa che gli

astronomi hanno recentemente imparato a riguardo dei dischi di detriti circumstellari è che la loro struttura, e la quantità di polveri, è incredibilmente diversa e può essere correlata alla collocazione e alle masse dei pianeti in quei sistemi. *"Il disco di Beta Pictoris è il prototipo dei sistemi di detriti circumstellari, ma non può essere un valido archetipo",* ha detto il coautore Glenn Schneider, dell'Università dell'Arizona. In primo luogo, il disco è eccezionalmente polveroso. Ciò può essere dovuto a recenti e importanti collisioni fra corpi di taglia planetaria o asteroidale, nascosti nel disco. In particolare, un brillante lobo di polveri e gas sul lato sudoccidentale del disco può essere il risultato della polverizzazione in una collisione di un corpo di taglia marziana. Sia le immagini del 1997 sia quelle del 2012 sono state prese in luce visibile con lo Space Telescope Imaging Spectrograph, nella sua modalità di ripresa coronografica, nella quale un coronografo blocca lo splendore della stella centrale affinché il disco possa essere visto. ■



MILANO 2015  
1 MAGGIO • 31 OTTOBRE

NUTRIRE IL PIANETA  
ENERGIA PER LA VITA

EXPO





# Un grande spettacolo di nuove stelle

by ESO

Questo notevole paesaggio nella costellazione australe dell'Ara è uno scrigno di oggetti celesti. Ammassi stellari, nebulose ad emissione e regioni di formazione stellare sono solo alcune delle ricchezze osservate in quella plaga celeste posta a circa 4000 anni luce dalla Terra. Questa nuova e bellissima immagine è ad oggi la più dettagliata veduta di quella parte del cielo ed è stata ottenuta con il VLT Survey Telescope, presso l'Osservatorio Paranal dell'ESO, in Cile. Al centro dell'immagine c'è l'ammasso stellare aperto NGC 6193, che contiene circa trenta stelle brillanti e costituisce il cuore dell'associazione Ara OB1. Le due stelle più brillanti sono giganti caldissime. Assieme costituiscono la principale sorgente di illuminazione della vicina nebulosa ad emissione, la Rim Nebula, o NGC 6188, che è visibile sulla destra dell'ammasso. Un'associazione stellare è un ampio raggruppamento di stelle debolmente legate, che non si sono ancora del tutto allontanate dal loro sito iniziale di formazione. Le associazioni OB consistono in gran parte di stelle blu-bianche molto giovani, circa 100000 volte più luminose del Sole e fra le 10 e le 50 volte più massicce. La Rim Nebula è l'evidente muro di nubi oscure e brillanti che tracciano il confine fra un'attiva regione di formazione stellare dentro la nube molecolare, nota anche come RCW 108, e il resto dell'associazione. L'area attorno a RCW 108 è composta principalmente di idrogeno, ingrediente primario nella formazione stellare. Simili aree

sono conosciute anche come regioni HII. La radiazione ultravioletta e l'intenso vento provenienti dalle stelle di NGC 6193 sembrano guidare la futura generazione di stelle nelle circostanti nubi di gas e polveri. Quando i frammenti della nube collassano si scaldano e alla fine formano nuove stelle. Via via che la nube crea nuove stelle, viene contemporaneamente erosa dai venti e dalla radiazione emessi da precedenti stelle e da violente esplosioni di supernovae. In tal modo, quelle regioni HII tendono ad avere una persistenza di soli pochi milioni di anni. La formazione stellare è un processo altamente inefficiente, con solo circa il 10% del materiale disponibile che contribuisce al processo stesso, mentre il resto viene soffiato via nello spazio. La Rim Nebula mostra anche segni che la collocano nella prima fase della formazione dei pilastri, il che significa che in futuro potrebbe finire col somigliare ad altre ben note regioni di formazione stellare, come la Eagle Nebula (Messier 16, contenente i famosi "Pilastri della Creazione") e la Cone Nebula (parte di NGC 2264). Questa spettacolare immagine singola è stata in realtà creata a partire da più di 500 frames presi attraverso quattro diversi filtri colorati, con il VLT Survey Telescope. Il tempo totale di esposizione è stato superiore alle 56 ore. È la più dettagliata visione di questa regione finora ottenuta. ■

**Q**uesta immagine, presa dalla OmegaCAM del VLT Survey Telescope al Paranal Observatory, mostra una sezione dell'associazione Ara OB1. Al centro dell'immagine c'è il giovane ammasso aperto NGC 6193 e sulla destra c'è la nebulosa ad emissione NGC 6188, illuminata dalla radiazione ionizzante emessa dalle brillanti stelle vicine. [ESO]







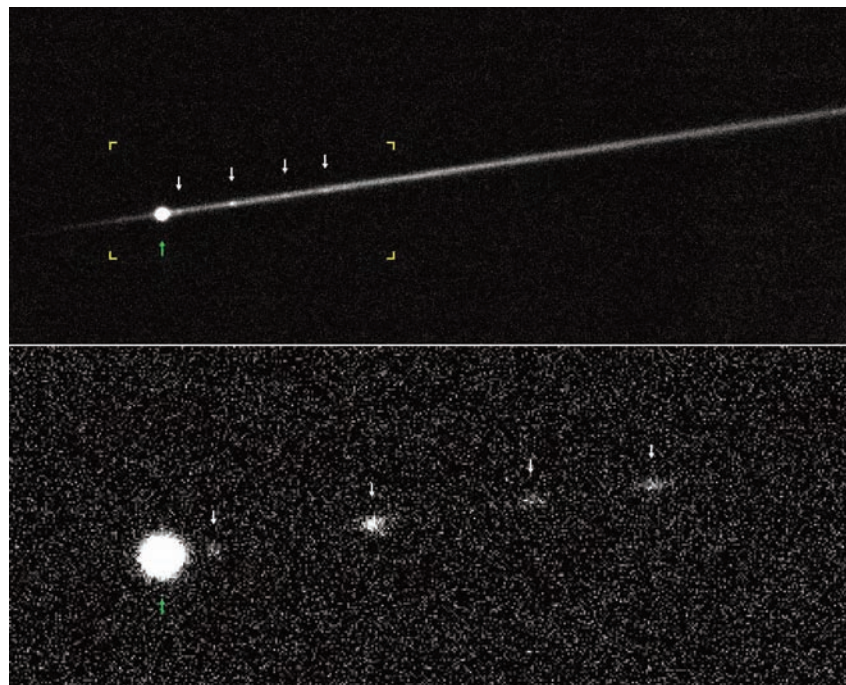
# Insolito asteroide sospettato di "rotazione esplosiva"

by Heck Observatory

Un team coordinato da astronomi della Jagiellonian University di Cracovia, Polonia, ha recentemente impiegato il W. M. Keck Observatory delle Hawaii per osservare e misurare una rara classe di "asteroidi attivi" che spontaneamente emettono polveri e hanno confuso gli scienziati per anni. Il team è riuscito a misurare la velocità rotazionale di uno di questi oggetti, suggerendo che l'asteroide ruotava così velocemente da spaccarsi, eiettando polveri e frammenti, scoperti lungo una striscia dietro ad esso. Le scoperte sono state pubblicate su *The Astrophysical Journal Letters* il 20 marzo scorso. A differenza delle centinaia di migliaia di asteroidi della fascia principale del nostro sistema solare, che si muovono tranquillamente lungo le loro orbite, gli asteroidi attivi sono stati scoperti parecchi anni fa a causa del loro apparenza cometaria, caratterizzata da una coda creata da una calca ma perdurante sublimazione del ghiaccio. Poi, nel 2010, fu scoperto un nuovo tipo di asteroide, caratterizzato senza apparenti ragioni da violente emissioni di polveri. Al riguardo, gli scienziati si sono soffermati su due possibili ipotesi. La prima stabilisce che l'esplosione è il risultato di una collisione iperveloce con un altro corpo minore. La seconda spiegazione in auge descrive lo scenario come la conseguenza di una "rotazione esplosiva", un processo di espulsione di pol-

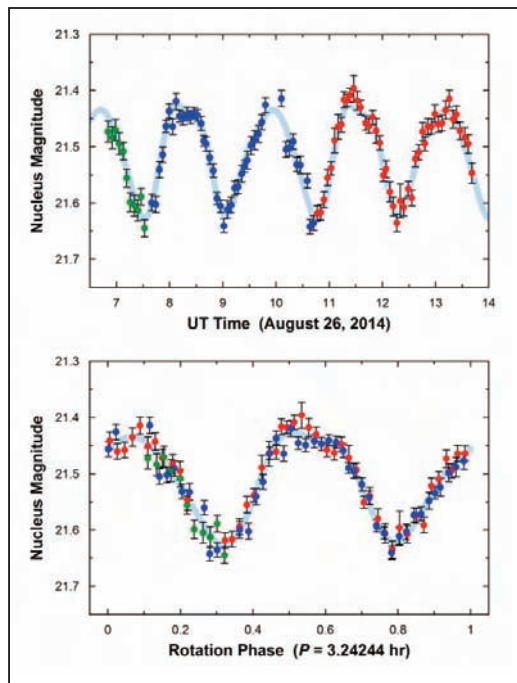
veri e frammenti prodotta da una rotazione così veloce che la forza centrifuga supera quella di gravità dell'oggetto, causando la sua rottura. La rotazione esplosiva è lo stadio finale atteso del cosiddetto "effetto YORP", una lenta evoluzione della velocità di rotazione, causata da emissioni asimmetriche di calore. Finora gli astronomi hanno identi-

ficato quattro oggetti sospettati di attività collisionale o di rotazione accelerata. Quei quattro asteroidi capricciosi sono tutti molto piccoli, di 1 km di diametro o meno, il che li rende inimmaginabilmente deboli quando visti dalla tipica distanza di circa 300 milioni di km. Nonostante tentativi precedenti, la piccola dimensione degli oggetti ha impe-



L'asteroide attivo P/2012 F5 catturato dal Keck II/DEIMOS a metà 2014. L'immagine in alto mostra una veduta ad ampio campo del nucleo principale e dei piccoli frammenti avvolti in una lunga traccia di polveri. L'immagine in basso mostra invece un primo piano con le polveri rimosse via software per aumentare la visibilità dei frammenti. [M. Drahus, W. Waniak (OAUJ) / W. M. Keck Observatory]





**Fluttuazioni di luminosità del nucleo di P/2012 F5 durante due consecutivi cicli di rotazione, fornite rispetto al tempo (grafico in alto) e rispetto alla fase di rotazione del nucleo (grafico in basso). [M. Drahus, W. Waniak (OAU) / W. M. Keck Observatory]**

mentati ruotano”, ha aggiunto Drahus. Gli astronomi hanno determinato il periodo di rotazione dell'oggetto misurando piccole fluttuazioni periodiche della luminosità. Tali fluttuazioni ricorrono naturalmente quando il nucleo irregolare ruota attorno al proprio asse e riflette diverse quantità di luce solare durante un ciclo di rotazione. “Questa è una tecnica ben consolidata, ma la

sua applicazione su bersagli deboli è impegnativa”, ha detto Waclaw Waniak, della Jagiellonian University, che ha processato i dati del Keck Observatory. “La principale difficoltà è che la luminosità dev'essere rilevata ogni pochi minuti, pertanto non c'è tempo per lunghe esposizioni. Per tale motivo è stata necessaria l'enorme area di raccolta della luce del Keck II, che cattura un'abbondante quantità di fotoni in un tempo molto breve.” I fotoni sono stati poi concentrati lungo il percorso ottico del telescopio e inviati allo strumento DEIMOS per produrre i dati che hanno permesso agli scienziati di determinare la natura di P/2012 F5. Mentre monitoravano la luminosità con esposizioni singole di 3 minuti, gli astronomi hanno anche messo assieme tutti i dati per comporre una singola immagine ultraprofonda, che ha rivelato i frammenti. Il risultato non sarebbe stato possibile se il target selezionato, P/2012 F5, non fosse stato un candidato ideale per questo studio. Alex R. Gibbs aveva scoperto l'oggetto il 22 marzo del 2012 con il riflettore di 1,5 metri del Mount Lemmon. Era stato ini-

zialmente classificato come cometa, ma unicamente per il suo aspetto “polveroso”. Due team indipendenti avevano poi rapidamente dimostrato che tutte quelle polveri erano state emesse in un singolo impulso, circa un anno prima della scoperta (qualcosa che alle comete non accade). Quando nel 2013 le polveri si stabilizzarono, un altro team, con il telescopio di 2,2 metri dell'Università delle Hawaii, sul Mauna Kea, rivelò un nucleo dall'aspetto stellare e suggerì una dimensione massima di 2 km. “Abbiamo sospettato che questo limite superiore fosse vicino all'attuale dimensione dell'oggetto. Di conseguenza abbiamo scelto di osservare P/2012 F5 perché, a dispetto delle sue piccole dimensioni, sembra essere il più grande e più facilmente osservabile asteroide attivo sospettato di rotazione esplosiva”, ha detto Jessica Agarwal, del Max Planck Institute for Solar System Research, che ha scelto P/2012 F5 come target. Come risultato dello studio, P/2012 F5 è il primo oggetto da poco frammentato del sistema solare con un ben determinato periodo di rotazione, che risulta essere il più veloce fra gli asteroidi attivi. Un'attenta analisi fatta dal team mostra che queste due caratteristiche dell'oggetto sono consistenti con lo scenario della rotazione esplosiva. Ma anche spiegazioni alternative, come la frammentazione provocata da un impatto, non possono essere completamente escluse. “Ci sono molti rotatori veloci fra gli asteroidi che non mostrano segni di una recente perdita di massa. E ci sono molti impattatori iperveloci che vagano là fuori alla ricerca di bersagli da colpire, siano essi veloci o lenti rotatori”, ha aggiunto Drahus. “Siamo in debito con i Caltech Optical Observatories per averci generosamente assegnato tempo-telescopio al Keck Observatory per questo programma”, ha concluso Drahus, già ricercatore associato presso il NRAO del Caltech. “Senza l'enorme superficie riflettente del Keck II di 10 metri, non saremmo stati in grado di raggiungere i nostri obiettivi così velocemente.” ■

dito agli scienziati di determinare alcune delle caratteristiche principali che potrebbero dimostrare o confutare le teorie. Fino allo scorso agosto, quando al team della Jagiellonian University guidato da Michal Drahus è stato assegnato del tempo-telescopio al Keck Observatory. “Quando lo scorso agosto abbiamo puntato il Keck II su P/2012 F5, abbiamo sperato di misurare quanto velocemente ruotava e di verificare se avesse frammenti di considerevoli dimensioni. I dati ci hanno mostrato tutto ciò”, ha detto Drahus. Il team ha scoperto almeno quattro frammenti dell'oggetto, già noto per aver precedentemente espulso polveri a metà del 2011. I ricercatori hanno anche misurato un periodo di rotazione molto corto, di appena 3,24 ore, abbastanza veloce da causare l'esplosione dell'oggetto. “Ciò è davvero notevole, perché la rotazione veloce è stata sospettata di catapultare polveri e di innescare la frammentazione di alcuni asteroidi attivi e comete, ma fino ad ora non abbiamo potuto testare a fondo questa ipotesi perché non sapevamo quanto velocemente gli oggetti fram-



# Nube di polveri supera il buco nero del centro galattico

by ESO

**U**n buco nero supermassiccio, con una massa quattro milioni di volte quella del Sole, si anida nel cuore della Via Lattea.

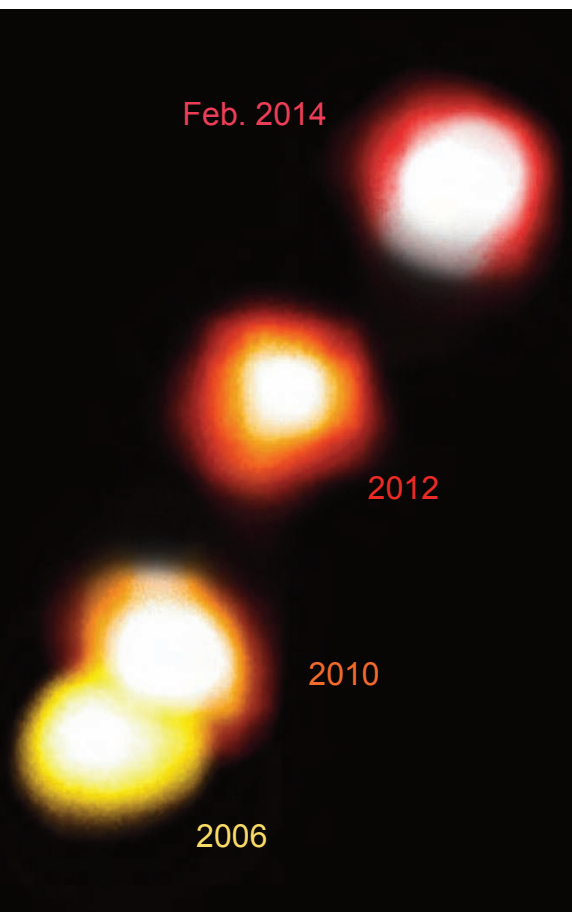
Attorno a esso orbita un piccolo gruppo di stelle brillanti e, in aggiunta, una nube polverosa, denominata G2, che è stata seguita nella sua caduta verso il buco nero durante gli ultimi anni. L'approccio più ravvicinato, noto come peribothron, era previsto per il maggio 2014. Ci si aspettava che le grandi forze mareali in quella regione di fortissima gravità distruggessero la nube e la disperdessero lungo la sua orbita. Parte del suo materiale avrebbe alimentato il buco nero, provocando un improvviso brillamento e altre evidenze del fatto che il mostro stava gustando un raro pasto. Per studiare questi eventi unici, la regione del centro galattico è stata osservata molto accuratamente negli ultimi anni da numerosi team con grandi telescopi in tutto il mondo.

Un team guidato da Andreas Eckart (Università di Colonia, Germania) ha osservato la regione con il Very Large Telescope dell'ESO per parecchi anni, compreso il periodo critico fra febbraio e settembre 2014, poco prima e poco dopo il peribothron del maggio 2014. Queste nuove osservazioni sono consistenti con quelle fatte in precedenza con il telescopio Keck

delle Hawaii. (Si tratta di osservazioni molto difficili, poiché la regione è nascosta dietro spesse nubi di polveri, il che richiede di osservare in luce infrarossa. Per di più gli eventi ricorrono molto vicino al buco nero, rendendo indispensabili le ottiche

adattive al fine di ottenere immagini abbastanza nitide. Il team ha impiegato lo strumento SINFONI sul VLT e ha pure monitorato il comportamento della regione del buco nero centrale in luce polarizzata con lo strumento NACO.)

**Q**uesta immagine composita mostra il moto della nube polverosa G2 mentre si avvicina e poi supera il buco nero supermassiccio al centro della Via Lattea. Le nuove osservazioni con il VLT dell'ESO hanno mostrato che la nube sembra essere sopravvissuta all'incontro ravvicinato col buco nero e rimane un oggetto compatto, non significativamente allungato. In questa immagine sono mostrate, da sinistra a destra, le posizioni della nube negli anni 2006, 2010, 2012 e nel febbraio e settembre del 2014. I singoli "globuli" sono stati colorati per evidenziare il moto della nube: il rosso indica che l'oggetto si allontana, il blu che si avvicina. La croce indica la posizione del buco nero supermassiccio. [ESO/A. Eckart]





Le immagini in luce infrarossa formate da idrogeno incandescente mostrano che la nube era compatta sia prima sia dopo il suo massimo avvicinamento, come se avesse girato attorno al buco nero. Oltre ad aver fornito immagini molto dettagliate, SINFONI ha anche diviso la luce nei colori della componente infrarossa, permettendo così di stimare la velocità della nube. Prima del massimo avvicinamento, essa era stata vista allontanarsi dalla Terra a circa 10 milioni di km/h, mentre dopo aver ruotato attorno al buco nero è risultata in avvicinamento alla Terra a circa 12 milioni di km/h. (Poiché la nube polverosa si muove relativamente alla Terra – in allontanamento prima del massimo avvicinamento al

buco nero, e verso la Terra successivamente – lo spostamento Doppler cambia le lunghezze d'onda osservate della luce. Tali cambiamenti di lunghezza d'onda possono essere misurati usando uno spettrografo sensibile, come il SINFONI del VLT. Esso può anche essere impiegato per misurare la dispersione delle velocità del materiale, che sarebbe attesa se la nube si estendesse lungo

la sua orbita per un tratto significativo.) Florian Peissker, dottorando all'Università di Colonia, che ha compiuto molte delle osservazioni, dice: *“Stare al telescopio e vedere i dati arrivare in tempo reale è stata una esperienza affascinante”*, mentre Monica Valencia-S., una ricercatrice dello stesso istituto, che ha lavorato all'impegnativa riduzione dei dati, aggiunge: *“È stato sorprendente vedere che il bagliore dalla nube di polveri è rimasto compatto, prima e dopo il passaggio ravvicinato col buco nero”*. Sebbene precedenti osservazioni avessero suggerito che l'oggetto G2 fosse stato allungato, le nuove osservazioni non mostrano evidenze che la nube sia stata significativamente spalmata, infatti la sua estensione non è aumentata e nemmeno è stata rilevata alcuna variazione nella dispersione delle velocità.

In aggiunta alle osservazioni fatte con SINFONI, il team ha anche realizzato con NACO una lunga serie di misurazioni della polarizzazione della luce proveniente dalla regione del buco nero supermassiccio.

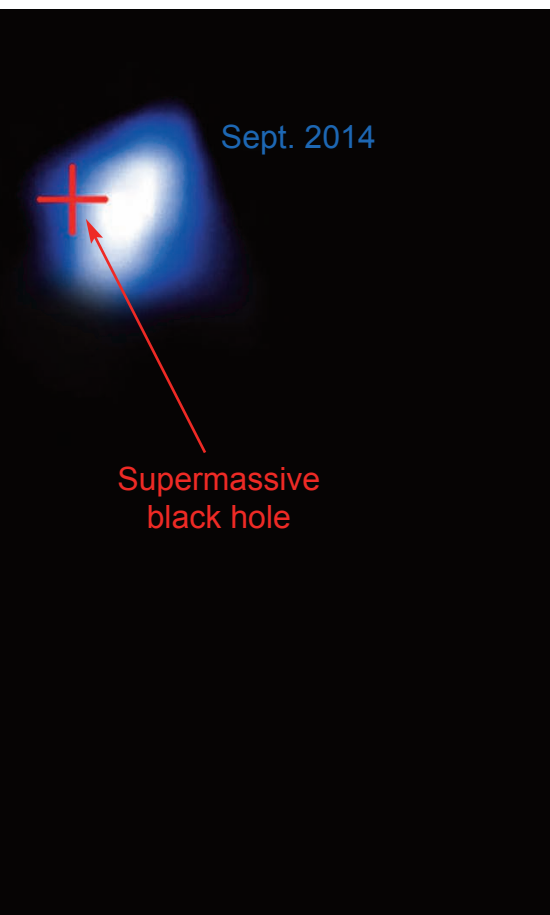


**Q**uesta sequenza video mostra il moto della nube polverosa G2 mentre si avvicina e poi supera il buco nero supermassiccio al centro della Via Lattea. Sono incluse osservazioni della nube effettuate in un periodo che va dal 2006 al 2014. Le due immagini finali sono del febbraio e settembre 2014, prima e dopo che l'oggetto passasse vicinissimo al buco nero. La croce indica la posizione del buco nero supermassiccio. [ESO/A. Eckart]

Tali osservazioni, le migliori fino ad ora, rivelano che il comportamento del materiale in accrescimento sul buco nero è molto stabile e che non è stato interrotto dall'arrivo del materiale dalla nube G2.

L'elasticità della nube polverosa agli effetti estremi della marea gravitazionale così vicino al buco nero suggerisce fortemente che essa circonda un oggetto denso con un nucleo massiccio, piuttosto che essere una nube in libera fluttuazione; ciò è finora supportato anche dalla mancanza di prove che il materiale della nube stia alimentando il mostro centrale, cosa che porterebbe a una sua maggiore attività.

Andreas Eckart riassume così i nuovi risultati: *“Abbiamo esaminato tutti i dati recenti e in particolare il periodo del 2014 in cui ha avuto luogo il massimo avvicinamento. Non possiamo confermare alcun allungamento significativo della sorgente. Essa certamente non si comporta come una nube di polveri senza nucleo. Pensiamo che possa essere una giovane stella avvolta da polveri”*. ■






# Aspettando il risveglio di Philae

*L'avventuroso atterraggio di Philae sul nucleo della 67P/Churyumov-Gerasimenko ha parzialmente compromesso la sua missione, a causa della sopravvenuta impossibilità di ricaricare le batterie. In attesa di un possibile ritorno in attività della sonda, fioccano le scoperte maturate nei due giorni e mezzo in cui ha analizzato la cometa.*





**D**opo il gran clamore sollevato dalla missione Rosetta lo scorso agosto, con l'entrata in orbita della sonda attorno alla cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, e lo scorso novembre, con la discesa del lander Philae sulla superficie del nucleo cometario, l'interesse del grande pubblico verso quelle vicende è, come sempre accade in questi casi, scemato. Ad abbassare il livello di attenzione ha sicuramente contribuito il rocambolesco atterraggio dello stesso Philae, il quale anziché adagiarsi sulla cometa e assicurare la sua posizione tramite appositi arpioni, è invece rimbalzato tre volte, prima di finire in un fossato, nascosto in prossimità di un rilievo che da subito gli ha impedito di ricaricare le proprie batterie attraverso i pannelli solari. Gli strumenti scientifici del

**M**osaico di due immagini della superficie della 67P/Churyumov-Gerasimenko, che mostra il rilievo roccioso accanto al quale è rimbalzato Philae. Sulla sinistra si vede una delle tre zampe della piccola sonda. [ESA/Rosetta/Philae/CIVA]

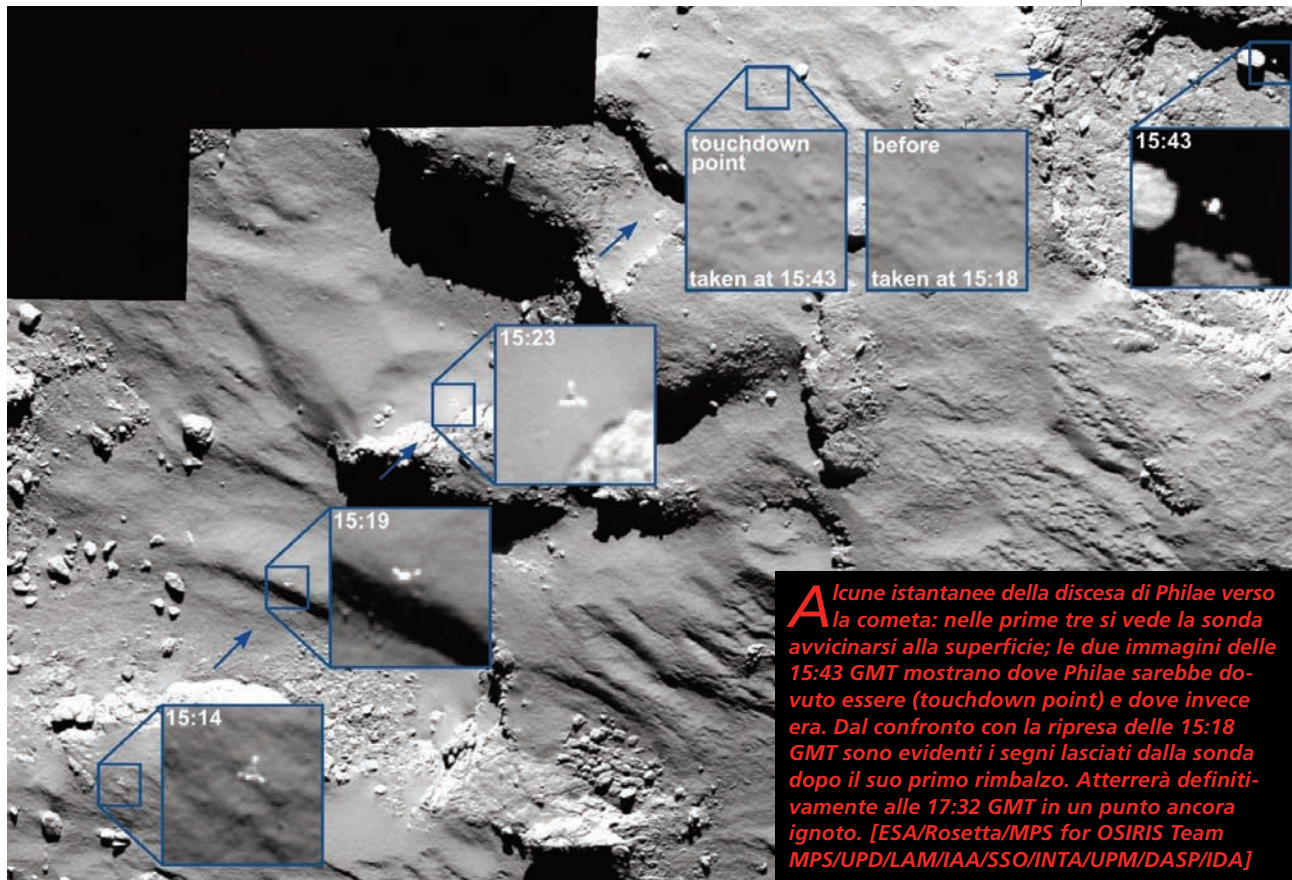


piccolo lander (grande come una lavatrice) hanno potuto così funzionare solo fino all'esaurimento della carica presente nelle batterie prima del distacco da Rosetta, ovvero per quasi 60 ore; dopodiché Philae si è posto in safe mode (modalità sicura), in attesa di poter forse un giorno riprendere il suo prezioso lavoro di analisi del nucleo cometario. Quel breve periodo di attività è stato comunque sufficiente a produrre alcune importanti scoperte e a favorire la pubblicazione negli ultimi mesi di parecchi articoli scientifici. Oltre a molecole organiche e ghiaccio d'acqua, i ricercatori hanno trovato che il nucleo della 67P/Churyumov-Gerasimenko non è magnetico, e questa è una scoperta dai risvolti molto interessanti per quanto riguarda la comprensione della nascita del sistema planetario. È infatti certo che una modesta quantità del ferro inizialmente presente nella nebulosa protoplanetaria era nella



**Philae fotografato dalla camera OSIRIS poco dopo il distacco da Rosetta. [ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA]**

forma di magnetite e che quindi le molecole in cui si trovava rappresentavano un valido catalizzatore per altre molecole e potevano favorire con i loro minuscoli campi magnetici l'aggregarsi di polveri e grani di dimensioni via via crescenti. Questi sarebbero stati il pri-



**Alcune istantanee della discesa di Philae verso la cometa: nelle prime tre si vede la sonda avvicinarsi alla superficie; le due immagini delle 15:43 GMT mostrano dove Philae sarebbe dovuto essere (touchdown point) e dove invece era. Dal confronto con la ripresa delle 15:18 GMT sono evidenti i segni lasciati dalla sonda dopo il suo primo rimbalzo. Atterrerà definitivamente alle 17:32 GMT in un punto ancora ignoto. [ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA]**



In questa immagine della 67P/Churyumov-Gerasimenko è stata circonscritta l'area entro la quale si trova Philae, nascosto in una zona in ombra. [ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA]



**N**el video qui sopra, è illustrata la missione di Philae sulla 67P/Churyumov-Gerasimenko, come inizialmente prevista. [ESA/ATG medialab]

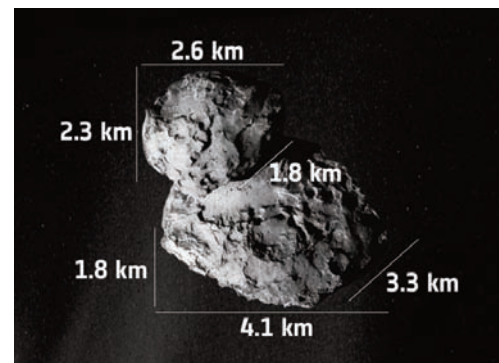
A destra, le dimensioni delle principali parti della cometa. [Science]

mo stadio di un'aggregazione a cascata che avrebbe portato alla formazione dei planetesimi prima e quindi di comete, asteroidi, lune e pianeti. Ma gli astronomi non sapevano fino a quale dimensione dei corpi i campi magnetici potevano giocare un ruolo cruciale nella progressione dell'accrescimento, prima che l'azione della gravità divenisse dominante.

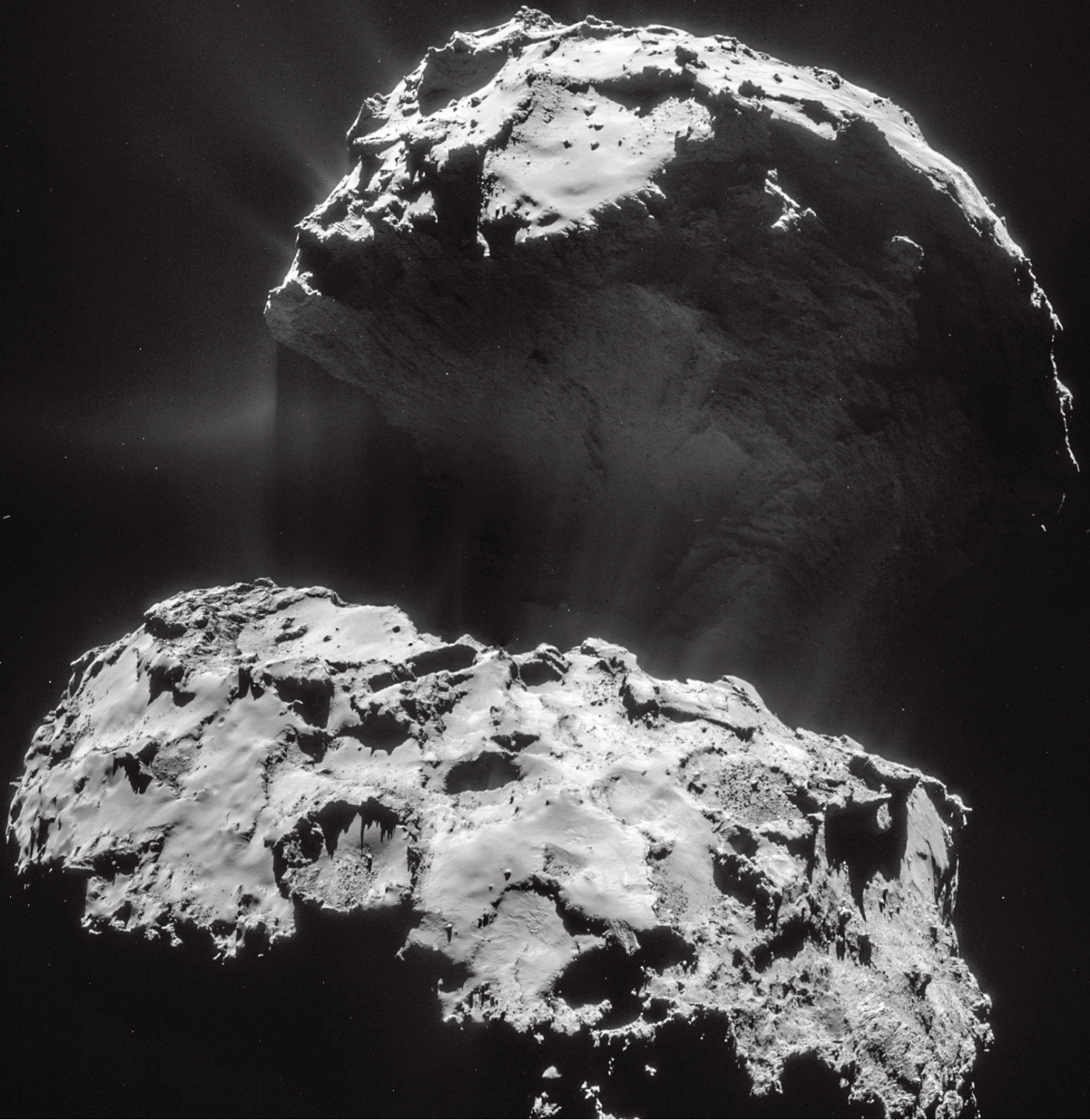
La missione Rosetta ha offerto la possibilità di far luce su quei meccanismi e di verificare se, come vogliono alcune teorie, l'aggregazione di materiale magnetico e non magnetico può produrre un corpo di rilevanti dimensioni caratterizzato da magnetismo.

Un nucleo cometario è un soggetto molto adatto allo scopo, essendo composto di materiali primordiali che non hanno subito significative alterazioni. Prima della missione

Rosetta non c'era mai stata l'occasione di scoprire ed eventualmente misurare un campo magnetico cometario, perché i pochi precedenti incontri fra sonde e comete erano avvenuti a velocità troppo sostenute e per periodi troppo brevi per quel tipo di ricerca.







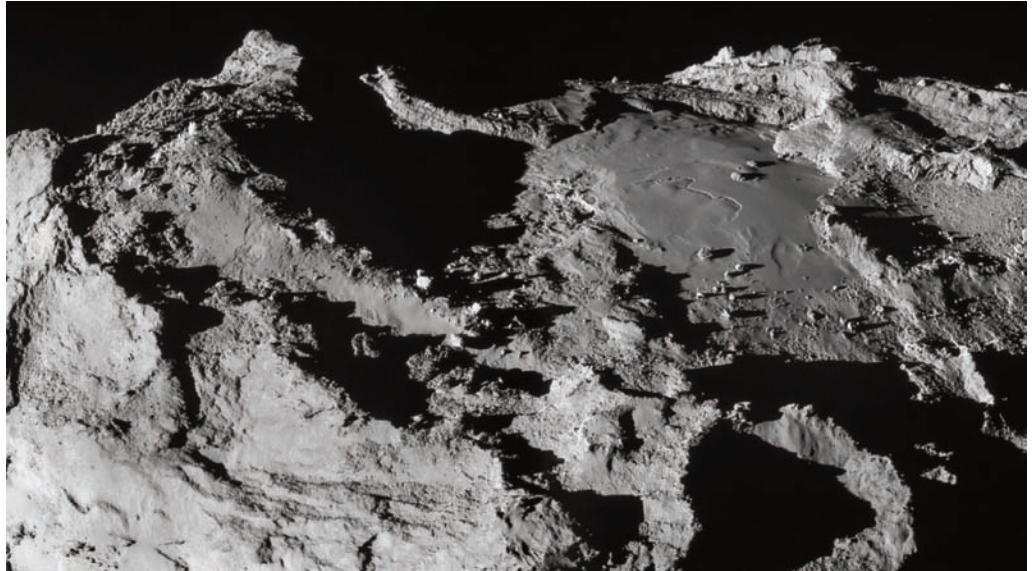
L'approccio alla 67P/Churyumov-Gerasimenko è stato invece totalmente differente, prevedendo l'entrata in orbita attorno alla cometa e la successiva discesa sulla sua superficie. Sia l'orbiter Rosetta sia il lander Philae sono stati dotati di magnetometri in grado di misurare deboli campi magnetici e loro variazioni spazio-temporali. La sensibilità dei due

strumenti (denominati RPC-MAG e ROMAP) ha ad esempio consentito di registrare cambiamenti nel campo magnetico attorno a Rosetta prodotti dal distacco di Philae (12 novembre 2014), e quando quest'ultimo è più volte rimbalzato sulla superficie della cometa, i dati forniti dal suo magnetometro hanno permesso di interpretare correttamente

**L**a 67P/Churyumov-Gerasimenko fotografata il 3 febbraio dalla NavCam di Rosetta, da una distanza di 28,7 km. [ESA/Rosetta/NAVCAM - CC BY-SA IGO 3.0]



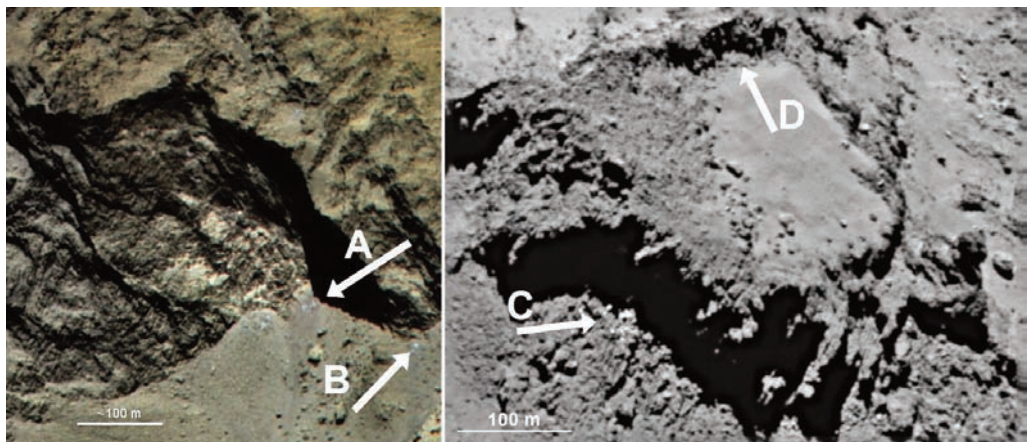
**L**a cometa fotografata il 28 marzo 2015 dalla NavCam di Rosetta, da una distanza di 19,9 km. [ESA/Rosetta/NAV CAM – CC BY-SA IGO 3.0]



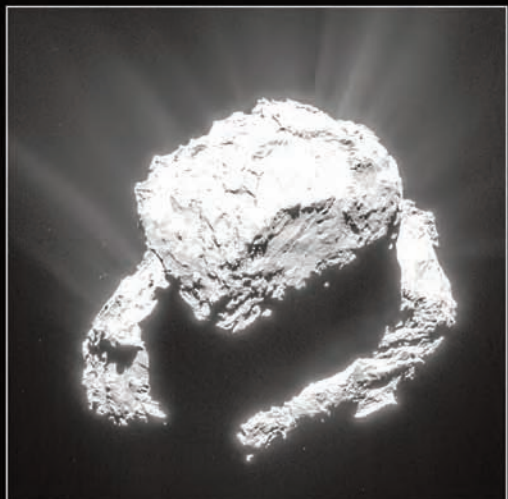
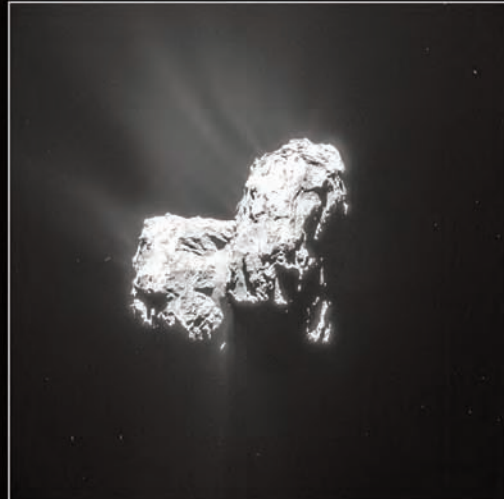
te (assieme a informazioni fornite da altri strumenti) i contatti multipli col terreno e l'orientazione del lander. Quello che per la gran parte dei tecnici e degli scienziati è stato un atterraggio imperfetto, per il team del Rosetta Lander Magnetometer and Plasma Monitor (forma estesa di ROMAP) si è trasformato in un felice contrattempo, dal momento che l'inatteso "ruzzolare" di Philae ha permesso di raccogliere precise misurazioni del campo magnetico attorno ad esso, sia nei quattro punti di contatto con la superficie, sia in un ampio range di altezze sulla superficie (grazie ai rimbalzi). Includendo anche i dati raccolti nella lunga discesa iniziale (circa 20 km percorsi in 7 ore), il team ROMAP ha

scoperto che la forza del campo magnetico rilevato attorno alla 67P/Churyumov-Gerasimenko non è correlata né all'altezza né alla collocazione superficiale di Philae. Se il nucleo della cometa fosse dotato di un suo campo magnetico (risultante dalla somma del magnetismo apportato dalle molecole di magnetite), avvicinandosi alla superficie ROMAP avrebbe dovuto misurare una forza crescente, mentre allontanandosi avrebbe dovuto registrare una diminuzione della stessa. Inoltre, da una regione all'altra della superficie cometaria ci si poteva aspettare di rilevare piccole differenze locali del campo magnetico, legate alla conformazione del nucleo e alle sue proprietà superficiali e subsu-

**A**lcune interessanti strutture superficiali della cometa: in A e B chiazze brillanti e bluastre, composte probabilmente di ghiaccio; in C massi brillanti di natura incerta; in D un terreno cedevole. [ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA]





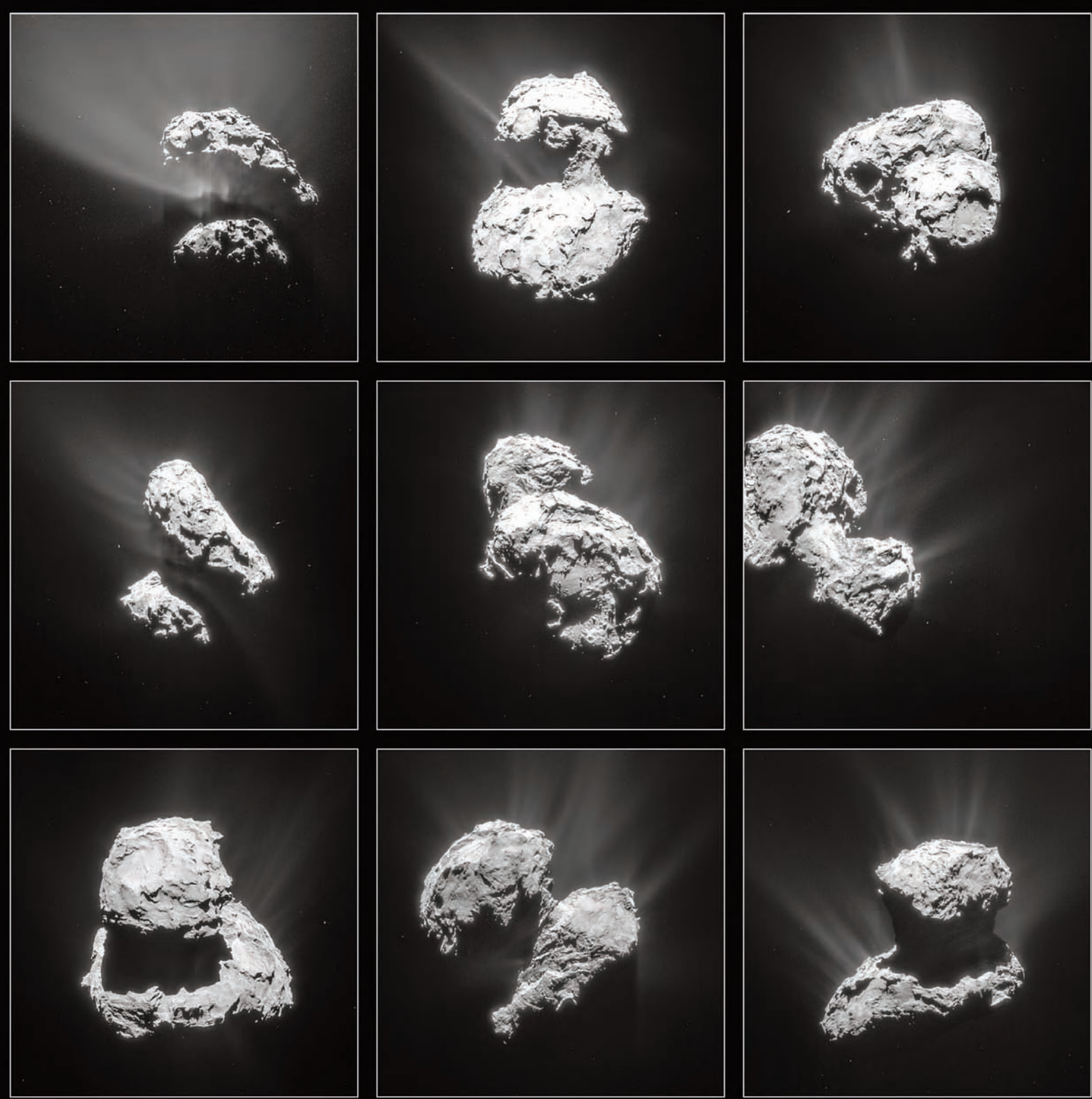


perficiali. Invece nulla di tutto ciò, perché le variazioni nell'intensità del campo magnetico registrate da Philae nel suo breve periodo di attività sono state in egual misura e contemporaneamente registrate anche dal magnetometro a bordo di Rosetta, in viaggio in quella fase della missione a 17 km dalla superficie. Ciò porta a concludere che la sorgente del magnetismo riscontrato non è il nucleo cometario bensì il Sole, che sospinge

fin là quella forza attraverso il proprio vento. Questo non vuol dire che la 67P/Churyumov-Gerasimenko sia totalmente priva di materiale magnetizzato, ma se ce n'è è raccolto in strutture rocciose con dimensioni inferiori a 1 metro, valore che corrisponde alla risoluzione spaziale raggiunta da ROMAP nel corso delle misurazioni. Ne consegue che se quella cometa è rappresentativa dell'intera categoria (e non ci sono ragioni per credere

**Q**uesta spettacolare sequenza di immagini mostra l'attività della 67P/Churyumov-Gerasimenko vista da diverse angolazioni, in un periodo compreso fra il 31 gennaio e il 25





*marzo (da sinistra a destra, dall'alto in basso), e da distanze comprese fra 30 e 100 km. La cometa si trovava fra i 363 e i 300 milioni di km dal Sole. [ESA/Rosetta/NAVCAM – CC BY-SA IGO 3.0]*

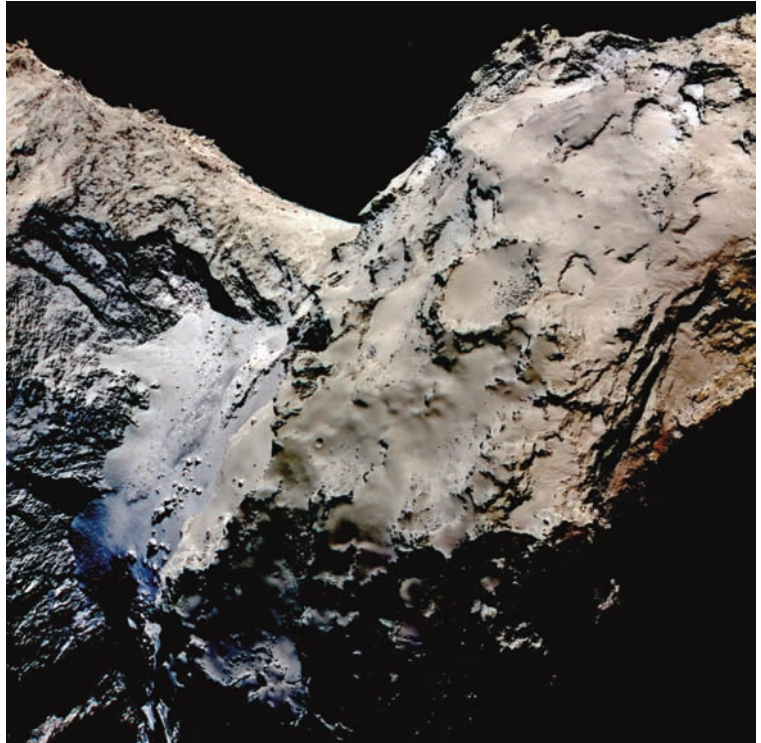
il contrario) appare molto improbabile che le forze magnetiche abbiano avuto un ruolo rilevante nell'aggregazione dei corpi del sistema solare su scale superiori al metro. Tutt'al più possono avere favorito l'innesco di quel processo. Questo risultato conseguito grazie a Philae (assieme agli altri accennati più sopra) accresce ancor più il rammarico per lo standby forzato del piccolo lander. Ma non tutto è perduto, poiché già da qualche

tempo i tecnici del German Aerospace Center (DLR) dell'ESA stanno tentando di contattarlo (facendo ponte radio con Rosetta), nella speranza che il progressivo avvicinamento della cometa al Sole consenta prima o poi ai pannelli fotovoltaici di raccogliere luce e ricaricare le batterie. Il primo tentativo di stabilire una connessione con Philae c'è stato il 12 marzo scorso, con il periodo di ascolto che si è protratto per



una settimana senza tuttavia produrre l'esito sperato. A onor del vero, le probabilità di successo erano molto esigue, perché con la cometa a circa 300 milioni di km dal Sole difficilmente la temperatura del lander poteva essere al di sopra di quei  $-45^{\circ}\text{C}$  necessari al suo risveglio; così come sono necessari almeno 5 watt di potenza (per ottenere un collegamento radio stabile, di watt ne servono invece almeno 19). Quello di marzo è stato insomma un tentativo piuttosto velleitario. Un secondo tentativo di comunicare con Philae è stato avviato l'11 aprile ed è tuttora in atto, con Rosetta che periodicamente si mette in ascolto di eventuali segnali provenienti dall'area di  $50 \times 30$  metri entro la quale si ritiene sia finito Philae.

Il periodo più propizio per ristabilire una connessione sarà maggio-giugno, anche perché nei mesi successivi la cometa raggiungerà la sua massima attività superficiale e Philae potrebbe essere messo definitivamente fuori uso da getti di gas e polveri. Un assaggio di quanto può accadergli lo ha sperimentato la stessa Rosetta a fine marzo, quando sfrecciando a soli 14 km di quota ha investito un denso flusso di materiale eiettato dal sottosuolo, subendo un inatteso frenamento a causa dell'attrito sui pannelli solari. Le conseguenze peggiori le ha comun-



que subite il sistema di navigazione a puntamento stellare, che scambiando per stelle numerose particelle brillanti di materiale cometario ha fatto perdere l'orientamento alla sonda.

Le antenne per le telecomunicazioni hanno di conseguenza iniziato a puntare in direzioni errate, mettendo a rischio il prosieguo della missione. Dopo parecchie ore di connessioni discontinue o assenti, Rosetta è entrata in safe mode, spegnendo tutti gli strumenti.

Fortunatamente, quando la sonda ha raggiunto i 75 km di distanza dalla cometa, gli star trackers hanno ripreso a funzionare correttamente e hanno permesso il ripristino del giusto allineamento con la Terra. I tecnici hanno a quel punto prudentemente portato Rosetta a una quota di 400 km, confidando di poterla gradualmente riportare a meno di 100 km dalla superficie senza correre ulteriori rischi, che impedirebbero di assistere all'auspicabile risveglio di Philae. ■

**Immagine in falsi colori, ripresa il 21 agosto 2014 da 70 km di distanza, che mostra una regione smussata denominata Hapi, che connette i due grandi lobi di cui è costituita la cometa. Le differenze di riflettività sono state enfatizzate con tonalità blu, che potrebbero indicare riserve di ghiaccio d'acqua. [ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA] A sinistra, dettagli di quella regione presi 2 mesi dopo da 10 km di distanza. [ESA/Rosetta/NavCam - CC BY-SA IGO 3.0]**





**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)



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 trademark symbol '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)