



Ministero dell'Istruzione e del Merito



Campionati Italiani di Astronomia 2025 XXIII edizione

DOSSIER FASE DI PRESELEZIONE JUNIOR 2



Curiosità dallo spazio

Scoperti due nuovi minerali in un meteorite

In un meteorite di 15 tonnellate trovato nel settembre 2020 in Somalia, il nono più grande mai recuperato, un team di ricercatori ha scoperto almeno due nuovi minerali mai visti prima sulla Terra. I due minerali provengono da una fetta di 70 grammi che è stata inviata alla University of Alberta per la classificazione, e sembra già esserci un potenziale terzo minerale in esame. Secondo Chris Herd, professore presso il Dipartimento di scienze della Terra e dell'atmosfera e curatore della collezione di meteoriti della University of Alberta, se i ricercatori riuscissero a ottenere più campioni, potrebbe esserci la possibilità di trovarne altri.

Intanto i due nuovi minerali sono stati chiamati elalite ed elinstantonite. Il primo prende il nome dal meteorite stesso – soprannominato meteorite “El Ali” perché rinvenuto nei pressi della città di El Ali, nella regione di Hiiraan in Somalia – mentre il secondo è stato chiamato così in onore di Lindy Elkins-Tanton, vicepresidente dell'Asu Interplanetary Initiative, professoressa alla School of Earth and Space Exploration dell'Arizona State University e principal investigator della missione Psyche della Nasa.

▲ Una fetta del meteorite di El Ali, ospitata nella collezione di meteoriti della University of Alberta, contiene due minerali mai visti prima sulla Terra. Crediti: Università dell'Alberta

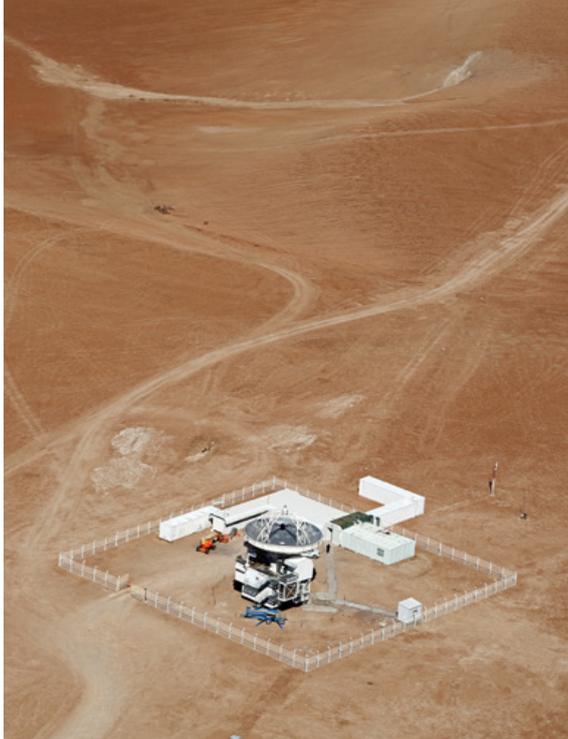


Partner e progetti dell'Inaf

Dart-LiciaCube: il successo della prima missione di difesa planetaria

Arrivano le prime pubblicazioni sui risultati scientifici dell'entusiasmante missione di difesa planetaria Nasa Dart-LiciaCube, che vede la collaborazione dell'Agenzia spaziale italiana con il coordinamento scientifico dell'Istituto nazionale di astrofisica. Il 26 settembre 2022 la sonda Dart (Double Asteroid Redirection Test) ha colpito con successo l'asteroide Dimorphos, satellite naturale dell'asteroide Didymos, modificandone la traiettoria. L'impatto è stato documentato dal cubesat dell'Asi, LiciaCube. I preziosi dati acquisiti dalla missione sono stati oggetto di studio da parte della comunità scientifica mondiale. Sulla rivista *Nature* sono stati pubblicati i primi cinque articoli sui risultati scientifici della missione, tre dei quali coinvolgono il team di LiciaCube composto da ricercatori di Asi, Inaf, Ifac-Cnr, Politecnico di Milano, Università di Bologna e Università Parthenope. Le immagini acquisite da LiciaCube si confermano essere una sorgente di informazione unica per svelare la natura di corpi celesti di grande fascino e interesse come gli asteroidi. Questa missione ha permesso di valutare per la prima volta l'efficacia di una tecnica per la rimozione di asteroidi potenzialmente pericolosi.

▲ L'asteroide Dimorphos, poco prima dell'impatto con la sonda Dart della Nasa, il 26 settembre 2022. Crediti: Nasa



Curiosità dallo spazio

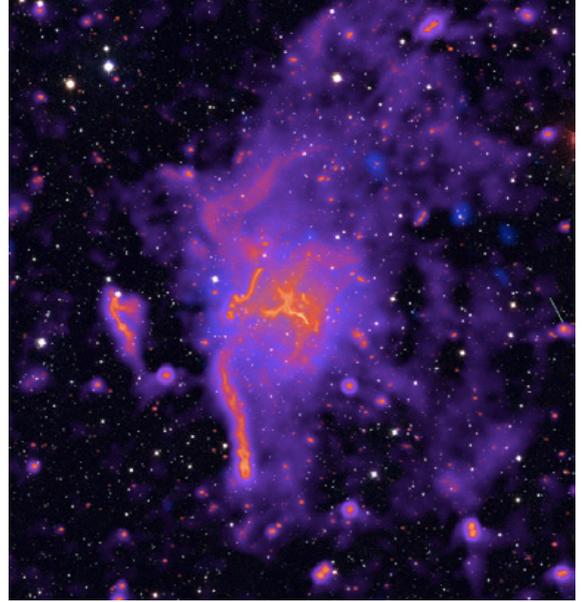
Se gli alieni ci contattano, che si fa?

In caso di contatti del “terzo tipo” dobbiamo tenerci pronti. Per questo è nato il Seti Post-Detection Hub, un centro di ricerca internazionale che fungerà da hub di coordinamento per uno sforzo globale, che riunisce diverse competenze, sia scientifiche sia umanistiche, per definire valutazioni d’impatto, protocolli, procedure e trattati per consentire una risposta responsabile a un eventuale contatto con forme di vita intelligente extraterrestri. Il Seti Post-Detection Hub colmerà una sostanziale lacuna politica e prenderà in considerazione anche una comunicazione scientifica responsabile nell’era dei social media. Il Seti Post-Detection Hub fornisce per la prima volta una “casa” permanente per coordinare lo sviluppo di un quadro completo, riunendo membri interessati del Seti e più ampie comunità accademiche, nonché esperti di politica, per lavorare su argomenti che vanno dalla decifrazione dei messaggi e analisi dei dati allo sviluppo di protocolli normativi, diritto spaziale e strategie di impatto sociale.



Un radiotelescopio a quota 5mila metri, presso l’Osservatorio di Llano de Chajnantor nel deserto di Atacama, Cile.

Crediti: Eso/Clem & Adri Bacri-Normier



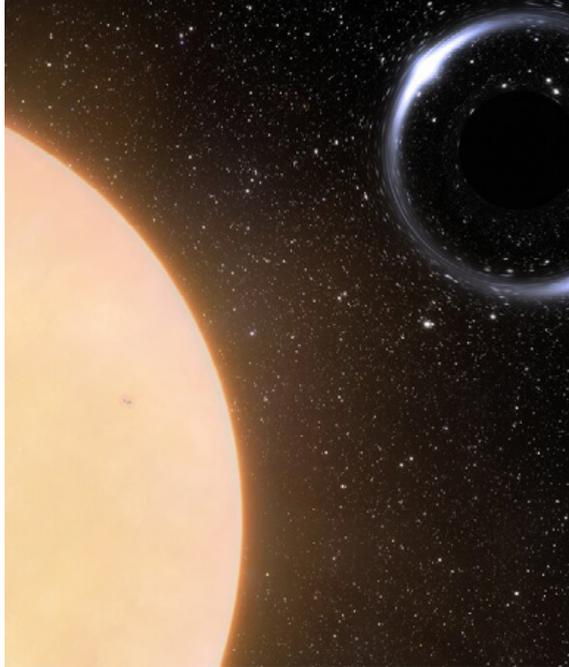
Partner e progetti dell’Inaf

Lofar fotografa il bagliore radio di Abell 2255

Sfruttando la potenza del radiotelescopio europeo Low Frequency Array (Lofar), la più estesa rete al mondo attualmente operativa per osservazioni radioastronomiche a bassa frequenza, un team europeo di astronomi in Italia, Olanda e Germania ha osservato l’enorme emissione di onde radio diffusa intorno all’ammasso di galassie Abell 2255. Per 18 notti, le sensibili antenne Lofar hanno “ascoltato” un’area di cielo delle dimensioni apparenti di quattro lune piene, distante circa un miliardo di anni luce dalla Terra (in direzione della costellazione del Dragone). Per la prima volta gli astronomi hanno studiato un ammasso di galassie con osservazioni così profonde. Gli astrofisici – coordinati da Andrea Botteon dell’Osservatorio di Leida, nei Paesi Bassi, recentemente trasferito al Dipartimento di fisica e astronomia “Augusto Righi” dell’Università di Bologna in qualità di assegnista di ricerca e associato presso l’Inaf di Bologna – hanno pubblicato i dati delle loro osservazioni sulla rivista *Science Advances*. Le immagini ottenute dal gruppo di ricerca sono 25 volte più nitide e hanno un rumore 60 volte inferiore rispetto ai dati ottenuti in passato con altri strumenti. I risultati sono stati pubblicati su *Science Advances*.



L’immagine composta dell’ammasso di galassie Abell 2255 misura circa 18 milioni per 18 milioni di anni luce. Crediti: Rosat/Lofar/Sdss/Botteon et al., Frits Sweijen



Grandi scoperte recenti

Ecco il buco nero più vicino alla Terra

La contesissima corsa alla scoperta del buco nero più vicino alla Terra ha un nuovo primati: un oggetto di massa stellare che orbita attorno a una stella simile al Sole. Una scoperta priva di ambiguità – per caratteristiche orbitali osservate e derivate – asseriscono gli autori di un articolo uscito sul *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Il buco nero in questione si chiama Gaia BH1 e fa parte di un sistema doppio che è stato inizialmente osservato con il telescopio spaziale Gaia, in seguito riosservato con il telescopio Gemini North alle Hawaii. Questo buco nero quiescente è circa 10 volte più massiccio del Sole e si trova a 1600 anni luce di distanza nella costellazione dell’Ofioco. Il buco nero sarebbe tre volte più vicino alla Terra del precedente detentore del record, una binaria a raggi X nella costellazione di Monoceros. A differenza di Gaia BH1 però, quest’ultimo fa parte della categoria dei buchi neri stellari “attivi”, gli unici di massa stellare confermati finora, più semplici da scoprire perché emettono radiazione energetica nei raggi X mentre consumano materiale dalla stella compagna.

▲ Rappresentazione artistica di un sistema binario formato da una stella simile al Sole e un buco nero di massa stellare quiescente.



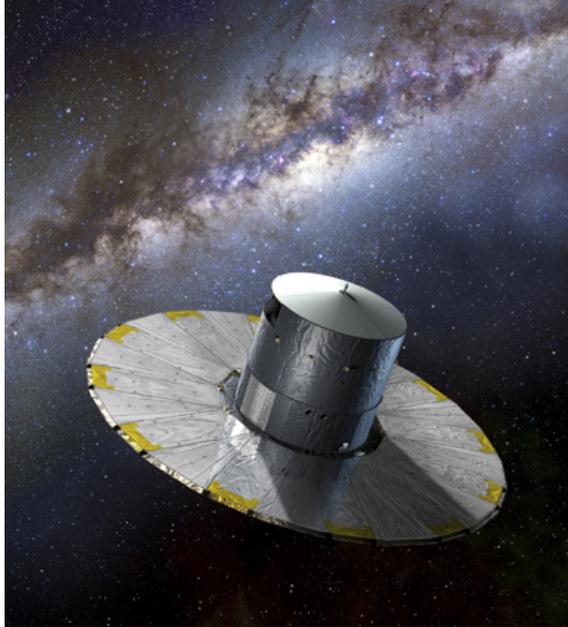
Grandi scoperte recenti

Il protoammasso più giovane l’ha trovato il telescopio James Webb

Ogni gigante è stato un tempo un bambino, ma riuscire a immaginarlo senza averlo mai visto può essere difficile. Un esercizio che hanno dovuto fare per anni gli astronomi, dovendo ricostruire come si sono formate le strutture cosmiche più grandi, come gli ammassi di galassie, senza poterne vedere direttamente i progenitori. Fino a oggi. Grazie al telescopio spaziale James Webb di Nasa ed Esa, e grazie all’aiuto della lente gravitazionale di un ammasso di galassie vicino, l’inaccessibile è diventato accessibile. In un articolo pubblicato su *The Astrophysical Journal Letters* arriva la conferma dell’osservazione del protoammasso più giovane e più lontano di sempre, risalente a un’epoca in cui la formazione e l’assemblaggio delle galassie era cominciato da poco. Redshift 7.9, o 650 milioni di anni dopo il big bang: a tanto si è spinto lo specchio dorato di Webb. In quel momento cominciava a formarsi questa struttura destinata – secondo i calcoli – a diventare un enorme ammasso di galassie.

Grazie alle osservazioni di spettroscopia infrarossa di Webb, un gruppo di astronomi, fra cui alcuni dell’Inaf, ha confermato che si possono contare almeno sette galassie legate gravitazionalmente all’interno del protoammasso, e molte altre sono destinate a finirci dentro.

▲ Il James Webb Space Telescope durante un test del centro di curvatura al Goddard Space Flight Center nel Maryland, nel 2018. Crediti: Nasa/Chris Gunn



Un premio importante

Collaborazione Gaia: premio Berkeley 2023

Il team alla guida del satellite Gaia dell'Agenzia spaziale europea è stato insignito del premio Lancelot M. Berkeley 2023. Il riconoscimento, per meriti nell'ambito astrofisico, viene conferito annualmente, dal 2011, dall'American Astronomical Society ed è sostenuto da una sovvenzione del New York Community Trust. La collaborazione Gaia è onorata con il premio Berkeley 2023 per aver reso possibile la creazione della più rivoluzionaria, precisa e completa mappa multidimensionale della Via Lattea. Dal suo lancio nel 2013, il telescopio spaziale Gaia ha rilevato posizioni stellari, distanze, colori e moti propri di quasi due miliardi di stelle nella nostra galassia. Sulla motivazione del premio si legge che «le tre *data release* di Gaia saranno a lungo considerate eventi importanti nella storia dell'astronomia, per aver permesso la creazione di una partnership globale al fine di comprendere meglio l'origine, la struttura e il destino della nostra galassia». Il team di Gaia viene premiato, in particolare, per un articolo pubblicato su *Astronomy & Astrophysics* nel maggio 2021 che descrive i primi dati contenuti nel più recente catalogo di dati della missione Gaia.

▲
Il satellite europeo Gaia nel rendering di un artista.
Crediti: Esa/D. Ducros

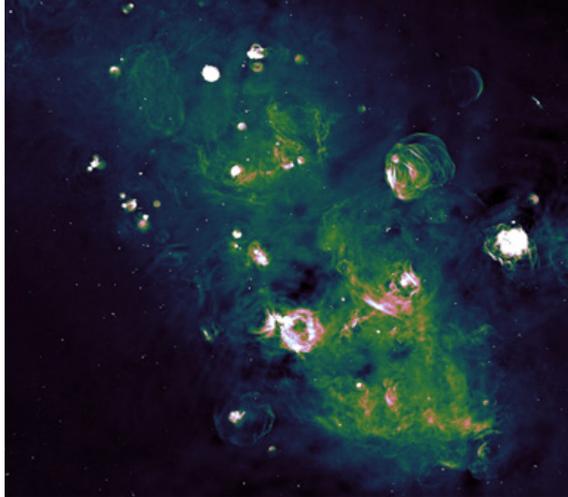


Grandi scoperte recenti

Ixpe svela i misteri di una storica supernova

In uno studio pubblicato su *The Astrophysical Journal*, un team di astronomi guidato da Riccardo Ferrazzoli dell'Inaf ha usato il telescopio spaziale X-ray Polarimetry Explorer (Ixpe) per studiare i raggi X polarizzati emessi dal resto della supernova Tycho – vista esplodere in direzione della costellazione di Cassiopea più di 450 anni fa – scoprendo nuove informazioni sulla geometria dei suoi campi magnetici. È una missione da record quella dell'osservatorio spaziale Ixpe, nata dalla collaborazione tra la Nasa e l'Agenzia spaziale italiana (Asi). La sonda sta sfornando nuove immagini che sono una fonte inesauribile di preziosi dati per i ricercatori di tutto il mondo. Infatti è stato proprio un team internazionale di scienziati che ha scoperto nuove informazioni sui resti di una stella esplosa nel 1572. I risultati hanno fornito nuovi indizi sulle condizioni fisiche presenti nelle onde d'urto create in queste titaniche esplosioni stellari chiamate supernove. Lanciata nello spazio il 9 dicembre 2021, Ixpe è una missione interamente dedicata allo studio dell'universo attraverso la misura della polarizzazione dei raggi X. Utilizza tre telescopi installati a bordo con rivelatori finanziati dall'Asi e sviluppati da un team di scienziati dell'Istituto nazionale di fisica nucleare e dell'Inaf, con il supporto industriale di Ohb-Italia.

▲
Immagine composta del resto di supernova Tycho con riprese dei raggi X delle missioni Ixpe e Chandra e nel visibile del progetto Nasa Digital Sky Survey.

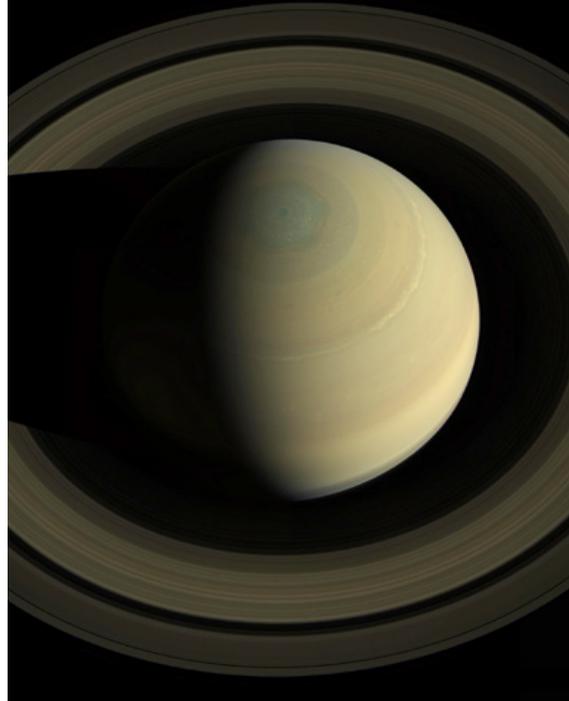


Partner e progetti dell'Inaf

Con Pegasus la mappa dell'1 per cento del piano galattico

Di recente sono state portate a termine le osservazioni radio di una vasta sezione del piano galattico della Via Lattea (circa l'1%) con i radiotelescopi Askap e Parkes (Murriyang), entrambi sviluppati e gestiti dall'agenzia scientifica australiana Csiro. Alcuni radioastronomi dell'Inaf hanno coordinato il gruppo internazionale di ricerca che ha utilizzato il grande disco di Parkes per "fotografare" una porzione del disco della nostra galassia, nell'ambito del progetto di ricerca Pegasus (Possum Emu Gmims All Sky Uwl Survey), uno dei numerosi progetti di esplorazione del più ampio programma Emu, che consiste nell'osservazione di tutto l'emisfero sud con Askap, uno dei precursori del progetto Ska. L'immagine è stata unita a quella realizzata con le antenne Askap, ottenendo un risultato di straordinaria qualità. L'immagine, ampia 12-14 volte il diametro apparente della Luna, mostra una regione caratterizzata da un'emissione estesa associata all'idrogeno gassoso che riempie lo spazio tra le stelle; stelle alla fine del loro ciclo evolutivo chiamate resti di supernova e bolle calde di idrogeno gassoso ionizzato legate alla nascita di nuove stelle. Questa nuova fotografia della nostra galassia mostra aspetti dell'evoluzione delle stelle visibili solo ai radiotelescopi.

▲ Una grande porzione del disco della nostra Galassia, di circa 6-7 gradi pari a 12-14 lune piene in lunghezza. Crediti: R. Kothes (Nrc), E. Carretti (Inaf), i gruppi Pegasus, Emu, e Possum



Grandi scoperte recenti

Saturno e le sue lune: raggiunta quota 145

Saturno torna al primo posto nel Sistema solare per numero di satelliti naturali in orbita: sono state identificate attorno al sesto pianeta 62 nuove lune, che portano il numero totale a 145, sorpassando così Giove, fermo a quota 95. La scoperta è stata annunciata dal gruppo internazionale guidato dall'Istituto di astronomia e astrofisica dell'Accademia Sinica di Taiwan e getta luce sul passato di questo pianeta: il nuovo gruppo di lune è probabilmente nato da collisioni tra satelliti avvenute nel recente passato, circa cento milioni di anni fa. Lo studio dimostra anche l'efficacia della tecnica utilizzata, che ha permesso di individuare corpi di soli 2,5 chilometri di diametro. Localizzare satelliti intorno a Giove e Saturno è però molto impegnativo: viste le loro dimensioni, superano in luminosità qualsiasi cosa si trovi intorno. Inoltre, per confermare la presenza di una luna non basta semplicemente individuarla accanto al suo pianeta: l'oggetto deve essere tracciato, idealmente per diverse orbite, in modo che il suo percorso possa essere analizzato per determinare se è stabile.

▲ La sonda Cassini fotografa Saturno e i suoi anelli principali, a colori naturali come visti dall'occhio umano. Crediti: NASA/JPL-Caltech/SSI/Cornell



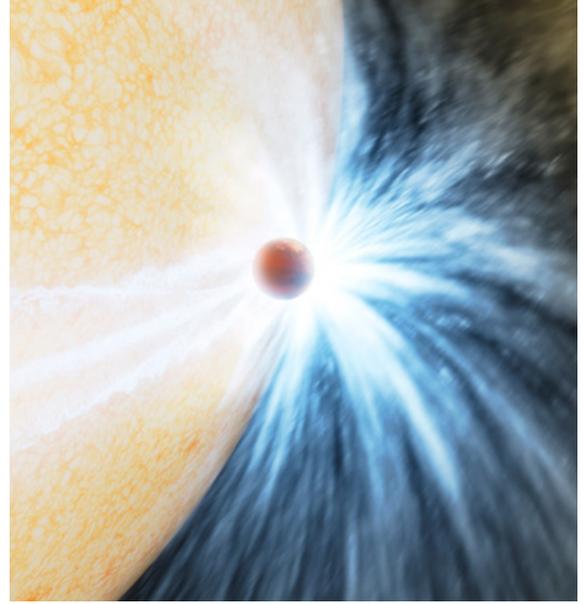
Grandi scoperte recenti

BepiColombo osserva la magnetosfera di Mercurio

BepiColombo ha fatto centro. Un team di ricercatori guidati dall'Inaf riporta, in un articolo pubblicato su *Nature Communications*, le prime osservazioni della magnetosfera di Mercurio effettuate con l'esperimento Serena (Search for Exosphere Refilling and Emitted Neutral Abundances), montato a bordo della missione Esa-Jaxa per lo studio di Mercurio. La suite di strumenti Serena, a guida Inaf, ha effettuato misure senza precedenti di particelle sia solari sia planetarie con due dei suoi quattro strumenti, Picam e Mipa, già operativi. Gli altri due strumenti, Strofio ed Elena, inizieranno a lavorare dopo la messa in orbita. Il tutto con il supporto dell'Agenzia spaziale italiana.

I ricercatori hanno catturato gli spettrogrammi in energia delle particelle misurate sia fuori sia dentro la magnetosfera di Mercurio. I dati descritti nello studio fanno riferimento al primo volo ravvicinato della sonda attorno a Mercurio, nell'ottobre 2021. L'arrivo della missione su Mercurio è previsto nel 2025. Dopo i cinque voli ravvicinati già effettuati (attorno alla Terra e a Venere nel 2020, un secondo in prossimità di Venere e i primi due di Mercurio nel 2021 e nel 2022), saranno necessari altri quattro *flyby* del pianeta più vicino al Sole prima di poter inserire nella sua orbita le due sonde che compongono la missione: l'Mpo dell'Agenzia spaziale europea (Esa) e il Mercury Magnetospheric Orbiter (Mmo) dell'Agenzia spaziale giapponese (Jaxa).

▲ Il satellite BepiColombo vola su Mercurio nel rendering di un artista.
Crediti: Esa/Jaxa



Grandi scoperte recenti

Come muore un pianeta? Ecco la fine di un mondo

In uno studio pubblicato su *Nature*, un team di ricercatori ha riportato di aver colto sul fatto per la prima volta in assoluto – a 12mila anni luce da noi, nella costellazione dell'Aquila – il momento esatto in cui una stella morente, espandendosi, ha inghiottito un pianeta simile a Giove. Verso la fine della sua vita, il Sole si espanderà rapidamente fino a diventare una gigante rossa, inglobando tutti i pianeti interni del Sistema solare, compresa la Terra. Questo macabro spettacolo non deve tuttavia preoccuparci: esso avrà luogo quando la nostra stella avrà terminato il suo combustibile nucleare, l'idrogeno, tra circa cinque miliardi di anni. E questo è proprio il modo in cui molte stelle si avviano verso il termine della propria vita. Fino a oggi, gli astronomi erano stati in grado di osservare i momenti appena precedenti, quando i pianeti orbitano molto vicino alla loro stella, e quelli successivi, quando la stella ha ormai raggiunto dimensioni considerevoli, inghiottendo ogni cosa nelle vicinanze, compresi i pianeti. Lo studio descrive il tragico evento: la stella in questione ha aumentato la sua luminosità di circa cento volte in pochi giorni. A seguire, il lampo dell'esplosione è stato accompagnato da un segnale infrarosso più freddo e duraturo.

▲ Rappresentazione artistica di un pianeta mentre sfiora la superficie della stella che sta per inghiottirlo.
Crediti: K. Miller/R. Hurt (Caltech/Ipac)

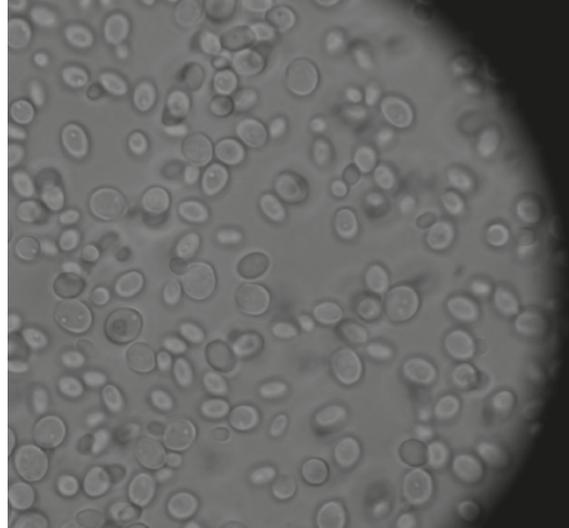


Partner e progetti dell'Inaf

Juice alla scoperta dei segreti di Giove e delle sue lune ghiacciate

Si chiama Juice (Jupiter Icy Moon Explorer) la missione dell'Esa selezionata dallo Space Programme Committee per esplorare Giove e le sue lune ghiacciate – Ganimede, Europa e Callisto. Dopo il rinvio di 24 ore causa maltempo, è partita con successo il 14 aprile alle 14:14 UTC(IT) dallo spazioporto di Kourou, nella Guyana Francese a bordo del lanciatore Ariane 5. La missione vede una forte partecipazione italiana attraverso l'Asi. Dopo un viaggio di circa otto anni, con i suoi 10 strumenti di bordo, quattro flyby planetari per raggiungere il gigante gassoso e 35 attorno alle sue lune, Juice effettuerà osservazioni dettagliate del pianeta e dei suoi tre grandi satelliti "Galileiani", cercando di studiare quali sono le condizioni per la formazione dei pianeti, la comparsa della vita e il funzionamento del Sistema solare. Monitorerà anche il complesso ambiente magnetico, radiativo e plasmatico di Giove e la sua interazione con le lune. Gli strumenti a guida italiana sono il radar Rime, la camera Janus e lo strumento di radio scienza 3GM. A questi si aggiunge la forte partecipazione nello spettrometro Majis, guidato dall'Agenzia spaziale francese Cnes.

▲ L'ultima missione interplanetaria dell'Esa, Juice, prende il volo dallo spazioporto europeo in Guyana Francese. Crediti: Esa/M. Pédoussaut

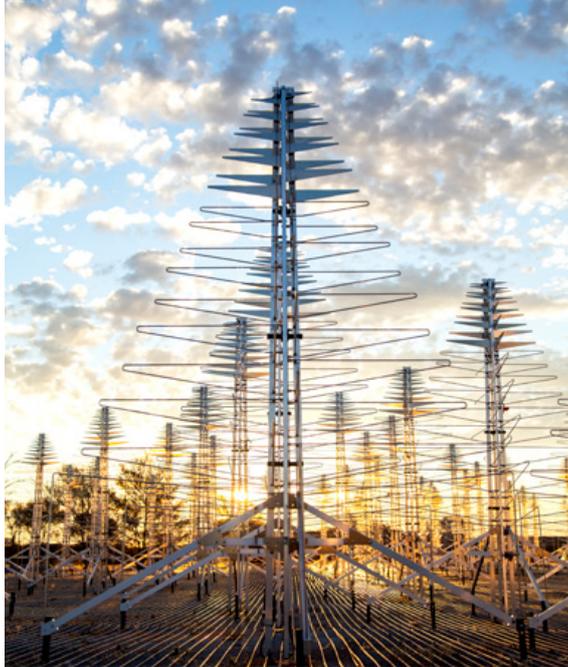


Curiosità dallo spazio

Quel che serve per sopravvivere su Marte

Nonostante gli enormi sforzi della comunità scientifica, finora la ricerca di vita su Marte ha dato esito negativo. Ma se esistesse, probabilmente nella forma più semplice che riusciamo a immaginare, che tipo di sfide dovrebbe affrontare? Le condizioni ambientali sul Pianeta rosso sono a dir poco sfavorevoli. Non tanto per l'assenza di acqua, che potrebbe formarsi in piccole quantità da un processo noto come deliquescenza, quanto per la presenza di sali in grado di distruggere la struttura tridimensionale di Dna, Rna e proteine. Per capire quali adattamenti fisiologici siano necessari affinché un ipotetico microrganismo marziano possa sopravvivere a questi stress, un team di ricercatori guidato dalla Technische Universität Berlin ha studiato la risposta specifica a queste condizioni e i processi cellulari correlati in un organismo modello in grado di sopportare bene differenti concentrazioni saline: il lievito *Debaryomyces hansenii*. Il risultato? I ricercatori hanno scoperto che le risposte allo stress causato dai due sali condividono molte caratteristiche metaboliche comuni – ad esempio le stesse vie di segnalazione dello stress, l'aumento del metabolismo energetico e la formazione di composti in grado di regolare l'equilibrio salino all'interno delle cellule e mantenere il corretto volume cellulare.

▲ Osservazione al microscopio di *Debaryomyces hansenii*.

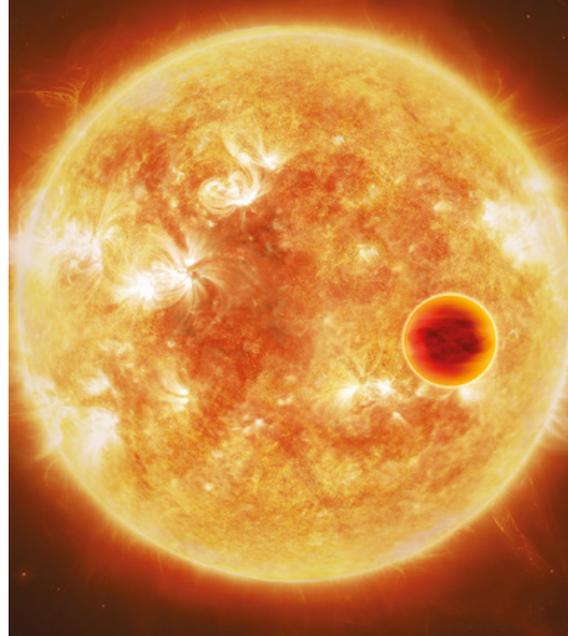


Partner e progetti dell'Inaf

Il progetto Ska è realtà

Dopo oltre 30 anni di ideazione, progettazione e test, il progetto Ska è ufficialmente una realtà. Nel mese di dicembre hanno avuto luogo, in Australia e in Sudafrica, le cerimonie ufficiali di inizio lavori per quello che sarà il radiotelescopio più importante al mondo. Durante le celebrazioni è stato dato anche l'annuncio dell'assegnazione di quattro grandi contratti del valore di oltre 300 milioni di euro. I gruppi di antenne denominati Ska-Low e Ska-Mid costituiranno le due reti di radiotelescopi più grandi e complesse mai costruite. Promosso dall'Osservatorio Ska (SkaO), questo radiotelescopio è considerato da molti uno degli sforzi scientifici globali più ambiziosi del 21° secolo, coinvolgendo 16 Paesi in cinque continenti. L'Italia vanta una lunga tradizione nel campo della radioastronomia e tramite l'Inaf è una delle prime nazioni ad aver preso parte al progetto. Tutta la comunità scientifica italiana godrà di un coinvolgimento trasversale in Ska. I quattro contratti annunciati riguardano la costruzione delle infrastrutture in Australia e in Sudafrica (200 milioni di euro) e la produzione delle antenne a media e bassa frequenza (100 milioni di euro). Il totale dei contratti assegnati finora supera i 450 milioni di euro.

▲
Le antenne Skalar 4.1AL all'Osservatorio Radioastronomico di Murchison, nel deserto australiano.
Crediti: Icrar



Curiosità dallo spazio

Due "Terre" potenzialmente abitabili a 16 anni luce

Un team internazionale di ricercatori, tra cui alcuni dell'Inaf, ha scoperto la presenza di due pianeti di massa comparabile a quella della Terra in orbita attorno alla stella GJ 1002, una nana rossa distante 16 anni luce dal Sistema solare. Entrambi i pianeti orbitano all'interno della zona del sistema considerata potenzialmente abitabile, cioè a una distanza ideale dalla loro stella per mantenere in superficie acqua allo stato liquido. Condizione, quest'ultima, considerata fondamentale per ospitare forme di vita. Un anno su GJ 1002 b, il pianeta più interno, dura solo 10 giorni: tanto, infatti, il pianeta impiega per completare un'orbita attorno alla sua stella. Il secondo corpo celeste del sistema, GJ 1002 c, più distante, percorre interamente la sua orbita in 21 giorni. Questa scoperta è stata possibile grazie alle osservazioni combinate degli strumenti Espresso e CARMENES. La vicinanza della stella al nostro sistema solare rende entrambi i pianeti, GJ 1002 c in particolare, ottimi candidati per la caratterizzazione atmosferica attraverso lo studio della loro luce riflessa o dell'emissione termica.

▲
Un esopianeta transita di fronte al disco della sua stella ospite, nel rendering di un artista.
Crediti: Esa/Atg medialab



Curiosità dallo spazio

Una boccata di ossigeno per future missioni spaziali

In uno studio pubblicato su *Nature Communications*, un team di ricercatori guidati dall'University of Warwick descrive un rivoluzionario dispositivo in grado di risolvere il problema dell'approvvigionamento di ossigeno a partire da una fonte di energia verde, rinnovabile e inesauribile, almeno per i prossimi circa cinque miliardi di anni: l'energia della nostra stella, il Sole. Se pensiamo che il futuro per l'umanità sia quello di esplorare e colonizzare mondi lontani, una delle sfide che dovranno essere affrontate per garantire il successo delle missioni è la necessità di produrre autonomamente in loco la preziosa molecola per la sopravvivenza degli astronauti. Questo dispositivo è simile a una cella fotoelettrochimica, al cui interno avviene la produzione, assistita dalla luce del Sole, di ossigeno a partire da anidride carbonica e acqua. Si tratta di uno strumento in grado di fare ciò che sulla Terra le piante fanno di "mestiere" con la fotosintesi clorofilliana: convertire l'acqua e l'anidride carbonica in ossigeno utilizzando la luce solare. Secondo i ricercatori, la tecnologia potrebbe essere utilizzata anche per produrre una varietà di molecole a base di carbonio come ad esempio il metano.

▲
Rappresentazione artistica di una futura base lunare.
Crediti: Esa/Pierre Carril

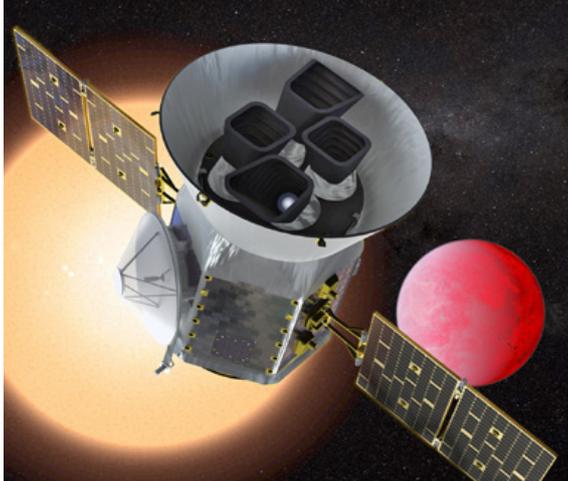


Curiosità dallo spazio

Luna: la Russia si schianta, l'India approda

Se tutto fosse andato come previsto, la Luna avrebbe avuto due nuovi coinquilini. Ma gli imprevisti, soprattutto nello spazio, accadono di frequente: solo una delle due navicelle spaziali lanciate alla volta del nostro satellite è riuscita ad approdare. Le due protagoniste di questa storia sono le missioni Chandrayaan-3 e Luna-25, la prima battente bandiera indiana, la seconda russa. Ad aggiudicarsi un posticino sulla Luna sono stati però gli indiani, precisamente mercoledì 23 agosto, alle 14:34 ora italiana. La sonda russa, invece, probabilmente sulla Luna ci è arrivata, ma schiantandosi al suolo: alle 13:57 ora italiana di sabato 19 agosto le comunicazioni con la navicella si sono interrotte. Per adesso, quindi, la missione indiana prosegue indisturbata; fra gli obiettivi scientifici previsti ci sono soprattutto misure termiche, sismiche e mineralogiche del sito. La speranza è quella di trovare tracce della presenza di ghiaccio d'acqua. La coppia vincente prevede il lander Vikram e il rover Pragyan. Comunque vada, la missione Chandrayaan-3 è in ogni caso già un pieno successo: è la prima in assoluto ad atterrare vicino al polo sud della Luna, una regione potenzialmente ricca di ghiaccio d'acqua.

▲
La sonda indiana Chandrayaan-3 vista dal rover Pragyan il 30 agosto 2023.
Crediti: Isro

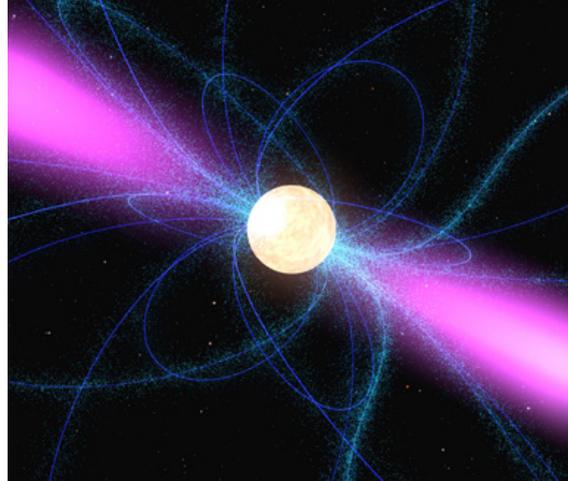


Curiosità dallo spazio

Tess scopre l'esopianeta con l'anno più lungo

Un gruppo di scienziati dell'University of New Mexico e del Massachusetts Institute of Technology ha scoperto due degli esopianeti con il periodo più lungo trovati da Tess, il Transiting Exoplanet Survey Satellite della Nasa: Toi-4600 b e Toi-4600 c, in orbita attorno a una nana arancione, Toi-4600, una stella leggermente più piccola e più fredda del Sole. Per riuscire a rilevare un pianeta extrasolare e stabilirne correttamente il periodo, Tess deve osservare il suo transito almeno due volte. Poiché il 74% della copertura totale del cielo di Tess viene osservata solo per 28 giorni, la maggior parte degli esopianeti rilevati da Tess hanno periodi inferiori a 40 giorni. Pertanto, i periodi di 82,69 giorni (quasi 3 mesi) di Toi-4600 b e 482,82 giorni (circa 16 mesi) di Toi-4600 c riscontrati dai ricercatori, rendono la scoperta ancora più preziosa. Toi-4600 b ha un raggio che è poco meno di sette volte il raggio terrestre, tra le dimensioni di Nettuno e quelle di Saturno, e una temperatura stimata di circa 75 gradi Celsius. Il secondo pianeta scoperto, Toi-4600 c, ha un raggio che è circa nove volte e mezzo quello terrestre, ossia ha all'incirca le dimensioni di Saturno. Vista la durata del suo periodo orbitale, la prima volta che Tess l'ha osservato l'ha visto transitare solo una volta, per poi vederlo passare davanti alla sua stella una seconda volta quasi tre anni dopo.

▲ Rappresentazione artistica del Transiting Exoplanet Survey Satellite (Tess).
Crediti: Nasa



Partner e progetti dell'Inaf

Le pulsar ci svelano il respiro dello spaziotempo

Dai dati raccolti in oltre 25 anni da sei dei radiotelescopi più sensibili del mondo, fra cui il Sardinia Radio Telescope dell'Inaf, emergono i segni distintivi dell'esistenza di onde gravitazionali a bassissima frequenza. Si tratta di una scoperta che apre una nuova finestra osservativa nella scienza delle onde gravitazionali, e conferma l'esistenza di onde gravitazionali ultra lunghe generate da coppie di buchi neri supermassicci durante il processo di fusione fra due galassie. Il tutto è stato descritto in una serie di articoli pubblicati sulla rivista *Astronomy and Astrophysics*, firmati dagli scienziati dello European Pulsar Timing Array (Epta), in collaborazione con i colleghi indiani e giapponesi dell'Indian Pulsar Timing Array (InPta). Lo scopo è quello di utilizzare le osservazioni degli impulsi ultra regolari provenienti da stelle di neutroni chiamate pulsar per costruire un rilevatore di onde gravitazionali delle dimensioni della nostra galassia. Le pulsar si comportano come orologi naturali di alta precisione e dalla misura ripetuta di piccolissime variazioni nei tempi di arrivo dei loro impulsi è possibile misurare le minute dilatazioni e compressioni dello spaziotempo provocate dal passaggio di onde gravitazionali provenienti dall'universo lontano.

▲ Rappresentazione artistica di una pulsar, una stella di neutroni.
Crediti: Nasa

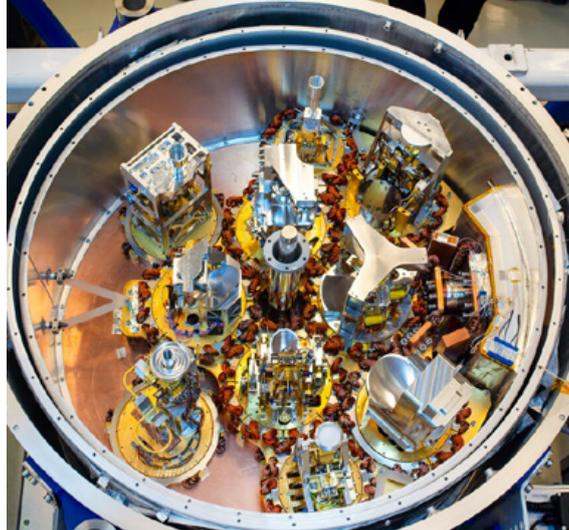


Partner e progetti dell'Inaf

Il futuro dell'ultravioletto si chiama Cubes

La nuova generazione di telescopi giganti non manderà in pensione i grandi telescopi attualmente in uso, che potranno avvalersi di strumentazione specializzata ed efficiente per tipi particolari di onde elettromagnetiche. Nasce così l'idea di progettare e realizzare uno strumento ottimizzato per le osservazioni nell'ultravioletto, mettendo a frutto le caratteristiche del noto Very Large Telescope (Vlt), che nonostante abbia un'area di raccolta minore rispetto a Extremely Large Telescope (Elt) è però caratterizzato da delle specifiche tecniche che lo rendono molto efficiente nell'ultravioletto. Questo strumento è denominato Cassegrain U-Band Efficient Spectrograph (Cubes) e sarà il più efficiente in questo intervallo spettrale anche quando il grande Elt diventerà operativo. Cubes è uno spettrografo, ovvero uno strumento che suddivide la radiazione ricevuta nelle sue componenti spettrali. Pensiamo, per semplicità, a cosa accade quando un raggio di luce solare attraversa un prisma, ma ovviamente a un livello di sofisticazione molto maggiore. Questo permetterà agli astronomi di poter studiare con dettaglio problemi di grande rilevanza scientifica e che attendono da molto tempo di poter essere studiati in maniera efficace. Cubes è in fase di realizzazione da parte di un consorzio internazionale a guida italiana e si prevede potrà avere la "prima luce" nel 2028.

▲ Lo spettrografo Cubes verrà installato in un fuoco Cassegrain del VLT in Cile.
Crediti: ESO/G. Hühdepohl



Partner e progetti dell'Inaf

Prima luce interferometrica per la Banda 2 di Alma

Un gruppo internazionale di astronomi e ingegneri di Alma (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), di cui l'Eso è partner, ha effettuato le prime misure con nuovi ricevitori installati sulle antenne cilene. I ricevitori consentono ad Alma di osservare su tutto l'intervallo di frequenza finale – con lunghezze d'onda comprese tra 2,6 e 4,5 millimetri (67-116 GHz) – del progetto completo. La cosiddetta Banda 2 apre una nuova finestra sulle nostre origini cosmiche, consentendo misure che rivelano come si formano stelle e galassie lontane, fino alle origini dei pianeti e ai mattoni della vita. Alma, situato sull'altopiano di Chajnantor in Cile, è costituito da un totale di 66 antenne, ciascuna dotata di un arsenale di ricevitori molto sensibili. Ogni tipo di ricevitore osserva all'interno di una particolare banda, o intervallo di lunghezze d'onda, nella regione submillimetrica/millimetrica dello spettro elettromagnetico. In totale le varie bande coprono una finestra da 0,3 a 8,6 millimetri (da 950 a 35 GHz; bande da 10 a 1, rispettivamente). La Banda 2 apre una finestra completamente nuova a 67-84 GHz, ampliando al contempo la larghezza di banda disponibile nell'intervallo di frequenze 84-116 GHz, coperto anche dalla Banda 3.

▲ Il criostato di una delle 66 antenne di Alma completo di tutti e dieci i ricevitori.
Crediti: S. Otavola/Jao/ESO

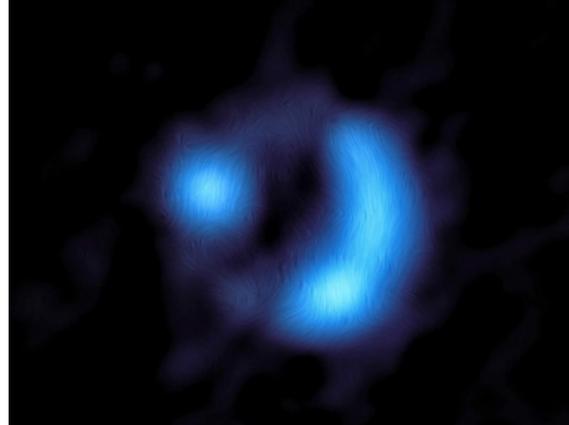


Grandi scoperte recenti

Propulsori ad acqua sulla punta delle dita

I propulsori dei nanosatelliti del prossimo futuro potrebbero funzionare con un pieno, ma di acqua: molecole d'acqua scisse in idrogeno e ossigeno attraverso l'elettrolisi, così da ottenere un propellente a chilometro zero, direttamente nello spazio. A stupire sono le dimensioni dei nuovi "razzi" in grado di usare questa miscela: tra ugello e camera di combustione, meno d'un millimetro. Parliamo dell'Ice-Cube Thruster (dalle iniziali di Iridium Catalysed Electrolysis cubesat Thruster): un micro razzo sviluppato all'Imperial College di Londra nell'ambito del General Support Technology Program (Gstp) dell'Esa. Talmente miniaturizzato che per realizzarlo si ricorre allo stesso approccio adottato per i Mems (sistemi micro elettromeccanici), l'equivalente meccanico dei microchip. Negli ultimi test condotti in laboratorio ha consentito di ottenere una spinta di 1,25 millinewton (e generare un impulso specifico di 185 secondi). Questi propulsori non sono pensati per manovrare grosse sonde spaziali: il loro campo d'applicazione è quello dei satelliti piccoli e piccolissimi, i cubesat e i nanosat. I vantaggi che un micro razzo come questo può offrire sono enormi.

▲ Ice-Cube Thruster: ugello e camera di combustione sono all'estremità a destra.
Crediti: Ura Thrusters

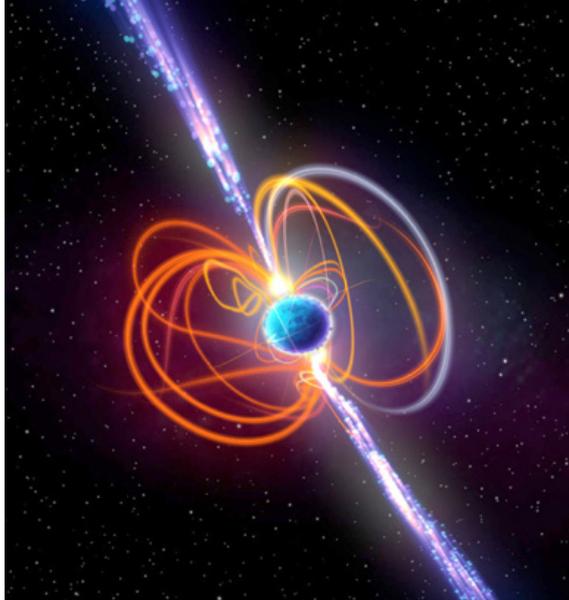


Grandi scoperte recenti

Il campo magnetico galattico più lontano di sempre

Utilizzando l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (Alma), un gruppo di astronomi ha rilevato il campo magnetico di una galassia così lontana che la sua luce ha impiegato più di 11 miliardi di anni per raggiungerci: la vediamo com'era quando l'universo aveva appena 2,5 miliardi di anni. Il risultato fornisce agli astronomi indizi vitali su come si sono formati i campi magnetici delle galassie come la Via Lattea. I campi magnetici sono comuni a molti corpi astronomici nell'universo, siano essi pianeti, stelle o galassie. Le galassie, per esempio come la Via Lattea, sono permeate da campi magnetici, che si estendono per decine di migliaia di anni luce. I ricercatori hanno scoperto un campo magnetico già completamente formato in una galassia distante, simile nella struttura a quello osservato nelle galassie vicine a noi. Il campo è circa mille volte più debole del campo magnetico terrestre, ma si estende per oltre 16 mila anni luce. Per effettuare questa rilevazione, pubblicata su *Nature*, l'equipe ha cercato la luce emessa dai grani di polvere in una galassia distante, 9io9. Quando Alma ha rilevato e mappato un segnale polarizzato proveniente da 9io9, è stata confermata per la prima volta la presenza di un campo magnetico in una galassia molto distante.

▲ Quella di 9io9 è la rilevazione più lontana mai effettuata del campo magnetico di una galassia.
Crediti: Alma (Eso/Naoj/Nrao)/J. Geach et al.



Grandi scoperte recenti

Raro esempio di magnetar di periodo ultra-lungo

Un team internazionale guidato da astronomi della Curtin University e dell'International Center for Radio Astronomy Research (Icrar) ha scoperto un nuovo tipo di oggetto stellare che sfida la nostra comprensione della fisica delle stelle di neutroni. L'oggetto potrebbe essere una magnetar a periodo ultra-lungo, un raro tipo di stella con campi magnetici estremamente forti in grado di produrre potenti esplosioni. Fino a poco tempo fa, tutte le magnetar conosciute rilasciavano energia da pochi secondi a pochi minuti. L'oggetto appena scoperto emette onde radio per ben cinque minuti ogni 21 minuti, rendendolo la magnetar con il periodo più lungo rilevato finora. La ricerca è stata pubblicata sulla rivista Nature e nel team ci sono anche due ricercatori dell'Inaf. L'oggetto si chiama Gpm J1839-10 ed è stato scoperto utilizzando le antenne del Murchison Widefield Array (Mwa), un radiotelescopio in Australia Occidentale. La magnetar si trova a 15 mila anni luce dalla Terra ed è visibile nella costellazione dello Scudo. L'oggetto stellare è la seconda magnetar a periodo ultra-lungo mai rilevata.



Rappresentazione artistica di una magnetar a periodo ultra-lungo.
Crediti: Icrar



Premiazioni

Gli attosecondi vincono il Nobel della fisica

Si chiamano Anne L'Huillier, Pierre Agostini e Ferenc Krausz e hanno vinto il premio Nobel per la fisica 2023 «per i metodi sperimentali che generano impulsi di luce ad attosecondi per lo studio della dinamica degli elettroni nella materia». In altre parole, per aver abbattuto numerose barriere sperimentali e aver dimostrato che esiste un modo per creare impulsi di luce così brevi da poter «vedere» i tempi in cui si muovono gli elettroni nella materia. Cos'è un attosecondo? Prendiamo un secondo, la durata del battito cardiaco, e lo dividiamo cinque volte per mille: otterremo il tempo scala su cui avviene il moto di un atomo. Dividiamo ancora per mille (sei volte in totale, quindi), e otterremo il tempo scala su cui si muove un elettrone all'interno di un atomo, di una molecola, e in generale della materia. Un tempo talmente piccolo che non solo è difficile da immaginare, ma anche da scrivere, ma avendo accesso al quale è possibile rispondere a domande di fisica fondamentale e che può avere ricadute pratiche in diversi campi, dall'industria dei semiconduttori alla medicina, alla chimica che studia le reazioni di catalisi e che, grazie a questa scoperta, ha aperto un nuovo campo di ricerca: l'attochimica.



Anne L'Huillier è la quinta donna in oltre un secolo a vincere il Nobel per la fisica.
Crediti: Lund University



Premiazioni

L'astrofisica premiata da L'Oréal e Unesco

L'Oréal Italia, insieme alla Commissione Nazionale Unesco, ha premiato sei ricercatrici scientifiche con una borsa di studio di 20mila euro ciascuna, che permetterà loro di portare avanti i loro progetti di ricerca. Tra queste c'è anche Alice Borghese, astrofisica all'Institute of Astrophysics of the Canary Islands, che svolgerà il suo progetto dedicato allo studio delle magnetar all'Inaf di Roma. La giovane ricercatrice commenta: «Con questo premio spero di essere anch'io fonte di ispirazione per le generazioni future, soprattutto per le giovani donne che si avvicinano alla ricerca». Il bando di questa edizione ha raccolto oltre 200 candidature da tutta Italia. Il programma L'Oréal-Unesco For Women in Science si impegna per permettere a un numero sempre maggiore di scienziate di superare le barriere all'avanzamento di carriera e contribuire a risolvere le grandi sfide dei nostri tempi, a beneficio di tutti. In 25 anni il programma ha sostenuto oltre 4100 ricercatrici di oltre 110 paesi, premiando l'eccellenza scientifica e ispirando le generazioni di giovani donne a perseguire la loro carriera.

Cinque di queste scienziate, dopo aver vinto il premio L'Oréal-Unesco, sono state insignite del premio Nobel: tra loro Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna, vincitrici del Nobel per la Chimica nel 2020.

▲
Le ricercatrici premiate con il Presidente e AD di L'Oréal Italia Emmanuel Goulin.
Crediti: L'Oréal Italia / Unesco



Premiazioni

A LICIACube il premio "Missione smallsat" dell'anno

Il microsatellite italiano LICIACube ha vinto il primo premio "Aiaa SmallSat Award", conferito dall'American Institute of Aeronautics and Astronautics (Aiaa). La selezione della "Missione dell'anno" è il culmine di un processo iniziato con l'individuazione di una rosa di nove finaliste, tra le quali LICIACube era l'unica missione italiana, seguito da un sondaggio online in cui persone di tutto il mondo hanno votato quella ritenuta la più meritevole. Il premio è andato infine all'Italia. Il nanosatellite LICIACube è stato progettato, costruito e operato dalla società Argotec, e la missione – coordinata e gestita dall'Agenzia spaziale italiana – ha visto il coinvolgimento di un ampio team nazionale guidato dall'Inaf e composto dal Politecnico di Milano, dall'Università di Bologna, dall'Università di Napoli "Parthenope" e dal Cnr-Ifac "Nello Carrara". LICIACube ha contribuito alla prima missione di difesa planetaria attiva dell'umanità, attuata con successo dalla sonda Dart della Nasa che il 26 settembre 2022, a una distanza di 11 milioni di km dalla Terra, ha impattato contro l'asteroide Dimorphos, il più piccolo del sistema doppio Didymos, al fine di testare la tecnica dell'impatto cinetico per deviare la traiettoria di un corpo celeste.

▲
L'impatto di Dart sull'asteroide Dimorphos ripreso da LICIACube.
Crediti: Asi/Nasa/Simeon Schmauß

I tesori di Juice e Euclid

di Claudia Mignone

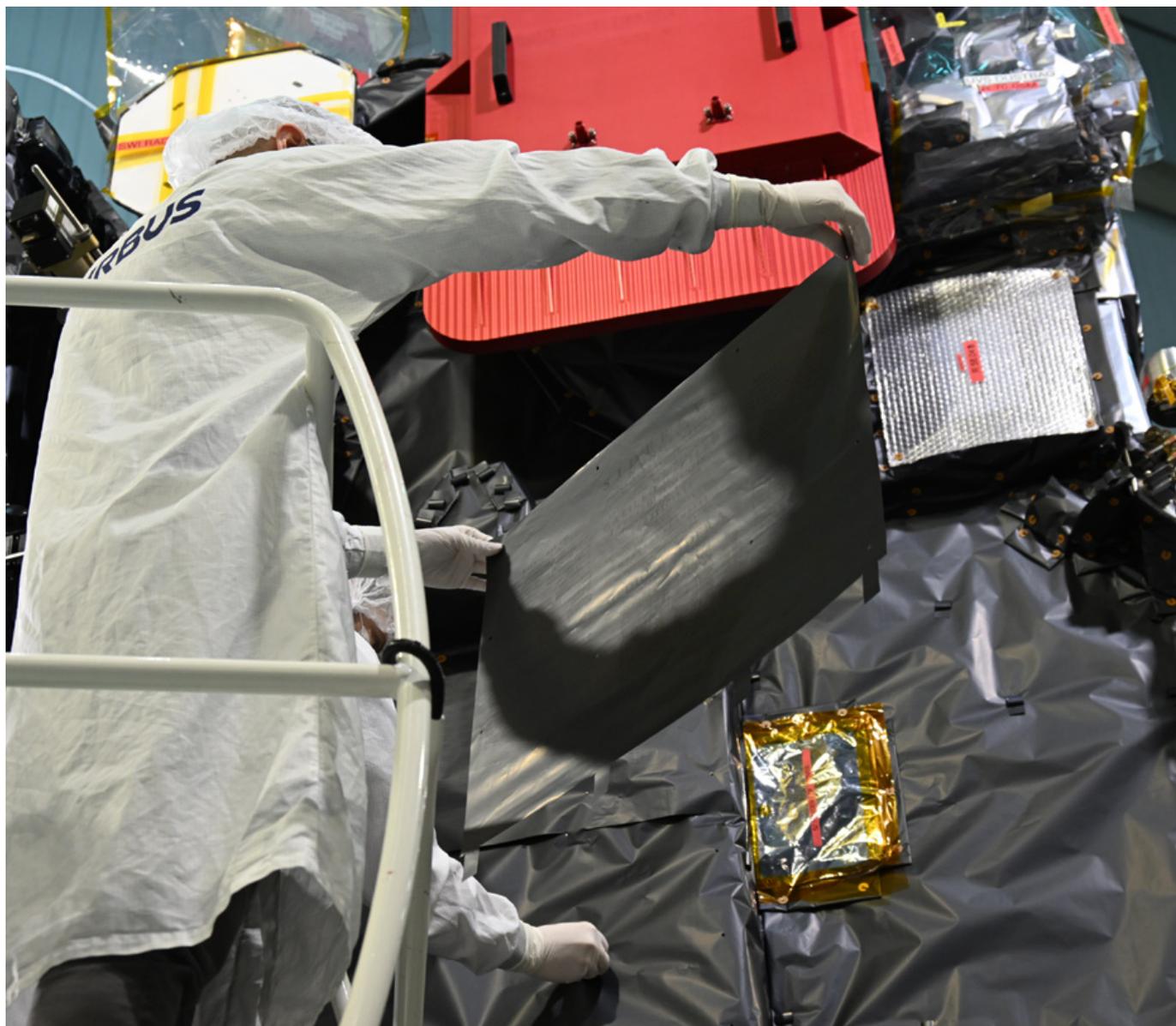
Due missioni dell’Agenzia spaziale europea si fanno ricerca, ma anche testimonianza di bellezza. Juice ed Euclid studiano le nostre origini cosmiche portando con loro alcuni dei tratti più peculiari dell’umanità: la creatività artistica e il passato storico.

Una ha per destinazione Giove, il più grande tra i pianeti alla corte del Sole, che a sua volta coltiva una ragguardevole corte di piccole e grandi lune, in cerca di condizioni favorevoli al fiorire della vita. L’altra è destinata a restare più vicino, un milione e mezzo di chilometri da Terra, in quel secondo punto lagrangiano attorno al quale si affollano satelliti tra i più ambiziosi concepiti dall’umanità; da lì si spingerà a distanze che sfidano l’immaginazione più ardita, miliardi di anni addietro nella storia del cosmo per comprendere la natura delle misteriose componenti che lo permeano: la materia oscura e l’energia oscura. Sono rispettivamente Juice (Jupiter Icy Moons Explorer) ed Euclid, due missioni dell’Agenzia spaziale europea che, oltre all’anno dell’atteso lancio, condividono la ricerca delle nostre origini cosmiche, dai primordi dell’universo ai primi tasselli della vita. Condividono pure tanto contributo italiano, dalla scienza alla tecnologia, e un altro piccolo dettaglio: entrambe portano a bordo un manufatto dell’ingegno e della creatività umana.

Juice studierà da vicino Ganimede, Europa e Callisto, tre delle quattro “lune galileiane” in orbita attorno a Giove, scoperte dal celebre astronomo italiano che per primo scrutò la volta celeste con un occhio potenziato. Galileo pubblicò le sue prime osservazioni al cannocchiale nel *Sidereus Nuncius*, stampato nel 1610 in 550 esemplari e celebrato oggi con una placca sulla navicella spaziale recante la riproduzione di alcune pagine iconiche. A fornire le pagine, stampate sull’isolante multistrato che avvolge la sonda per mantenerne stabile la tempe-

SIDEREUS NUNCIUS
Una delle prime 550 copie stampate a Venezia nel 1610 è oggi custodita nella biblioteca del Museo astronomico Copernicano dell’Istituto nazionale di astrofisica, Roma.





GUARDA CHE LUNE

Il pannello della coperta termica, con incise le prime osservazioni delle lune di Giove da parte di Galileo, viene fissato sulla sonda Esa Juice.
Crediti: ESA/M.Pedoussaut

ratura, è stato l'Istituto nazionale di astrofisica, che custodisce fra i suoi tesori storici ben due copie del rivoluzionario volume, presso le sedi di Roma e Milano.

Euclid, invece, punta i suoi due occhi – uno ottico e l'altro infrarosso – sull'universo lontano. Misurando minute distorsioni nelle immagini di miliardi di galassie proverà a dare un volto alla sfuggente materia oscura che pervade l'universo e deflette il percorso della luce proveniente da sorgenti più distanti. Ponderando le distanze in questo mare di galassie, potrà anche ricostruire la storia di espansione del cosmo e afferrare l'intangibile energia oscura. Un'impresa monumentale, immortalata dall'artista Lisa Pettibone nell'opera d'arte collettiva *The fingertip galaxy*, creata durante uno dei meeting annuali del consorzio che ha costruito Euclid. Nel corso di vari giorni, oltre 250 tra scienziati e ingegneri da tanti paesi d'Europa e del mondo hanno lasciato un segno su una tela con la punta delle dita intinta d'inchiostro, dando lentamente forma a una galassia. L'opera, incisa al laser su una placca di alluminio, fa bella mostra di sé su un fianco del telescopio spaziale, memento di quel pezzo d'umanità che ha concepito la missione e che, a bordo della sonda, vivrà ben oltre le nostre speculazioni sulla natura e il destino ultimo dell'universo. ■

Con Ma_Miss, a caccia di vita in punta di trapano

di Giuseppe Fiasconaro

Esiste o è mai esistita vita oltre la Terra? È una domanda che gli astrobiologi si pongono da tempo. Rispondere a questo interrogativo significa trovare le tracce lasciate da eventuali esseri viventi. Firme biologiche, così le chiamano gli addetti ai lavori. Ma dove cercarle? Se restringiamo il campo di ricerca al Sistema solare, Marte è uno dei luoghi migliori.

Marte oggi è un mondo freddo, secco e apparentemente inospitale, ma circa quattro miliardi di anni fa era molto simile alla Terra primordiale. Entrambi erano pianeti caldi e umidi. Entrambi avevano vulcani attivi. Ma soprattutto, entrambi contenevano acqua, alla base della vita come la conosciamo. È dunque ragionevole pensare che qualunque sia stato il processo responsabile dell'affermarsi della vita sulla Terra, questo potrebbe essersi verificato anche su Marte. Ci sono poi almeno altre tre buone ragioni per cui il pianeta è un buon candidato per la ricerca di vita. La prima ragione è che, se esiste o è esistita, questa vita non dovrebbe essere così esotica da sfuggire al riconoscimento. La seconda è che, rispetto ad altri pianeti, Marte è più "facilmente" raggiungibile. La probabile persistenza nel sottosuolo di parte dell'acqua presente un tempo in superficie, infine, è la terza ragione. Per questi motivi, la ricerca di firme biologiche (anche dette bio-firme) sul pianeta è un campo di ricerca di grande interesse.

Una delle missioni che verranno lanciate nel prossimo futuro con quest'obiettivo è quella del rover Rosalind Franklin dell'Esa. Il programma di scienza ed esplorazione robotica della missione si chiama, non a caso, *Exobiology on Mars* (ExoMars). Rosalind Franklin sarà il primo rover europeo ad esplorare Marte e il primo in assoluto a combinare la capacità di muoversi sulla superficie con quella di studiare il pianeta in profondità grazie alla sua "unità di perforazione", un trapano capace di perforare fino a due metri sotto la superficie, acquisire campioni, estrarli e consegnarli all'interno del rover per la successiva analisi chimica. Situato all'interno di questa "unità di perforazione" c'è uno spettrometro miniaturizzato interamente

Qualunque sia stato il processo responsabile dell'affermarsi della vita sulla Terra, potrebbe essersi verificato anche su Marte



SOTTO LE STELLE A TRAPANAR

Marzo 2023: il gemello del rover Esa Rosalind Franklin scava per 1,7 metri in un terreno simile a quello marziano, in Italia, più di quanto qualsiasi altro rover abbia mai tentato su Marte.
Crediti: Esa/S. Corvaja

costruito in Italia, la cui supervisione scientifica è dell'Inaf. Il suo nome è Ma_Miss (*Mars Multispectral Imager for Subsurface Studies*).

Ma_Miss studierà le proprietà ottiche e fisiche delle rocce del sottosuolo. Ma non solo, però. Uno studio che coinvolge diversi ricercatori Inaf – condotto su terreni analoghi a quelli marziani arricchiti con molecole organiche (ad esempio la glicina, il più semplice tra gli amminoacidi), utilizzando il modello di laboratorio disponibile presso l'Inaf di Roma – ha dimostrato che lo strumento è in grado di rilevare anche sostanze organiche presenti all'interno di un campione fino alla quantità minima dell'1% in peso. Ovviamente, non tutti i composti organici sono di per sé un segno di vita. Alcune molecole organiche specifiche, tuttavia, si trovano nelle cellule viventi e, se scoperte, potrebbero fornire prove della vita su Marte. È vero, potrebbero trattarsi di tracce di vita estinta, ma poco importa se questo può fornire la prima indicazione diretta della presenza di vita oltre la Terra. ■

Sono coinvolti oltre **70** enti, associazioni pubbliche e private



La rete di telecamere all-sky

Osserva i cieli italiani in cerca di meteorie brillanti (fireball o bolidi), ricava l'area di caduta al suolo di eventuali frammenti e coordina le ricerche sul campo delle meteoriti

La traiettoria degli oggetti individuati da Prisma permette di delimitare l'area di ricerca al suolo, ma anche di risalire all'asteroide da cui un corpo ha avuto origine

ATMOSFERA

Asteroidi o Meteoroidi

Meteorie

Meteoriti

Le meteorie in grado di originare meteoriti sono grandi almeno quanto un **pallone da calcio** al loro ingresso in atmosfera

Le meteoriti sono quei frammenti di meteoroidi e piccoli asteroidi che sopravvivono al passaggio in atmosfera, e cadono al suolo

Le dimensioni variano da pochi centimetri fino a qualche metro



I cittadini partecipano attivamente alla ricerca delle meteoriti cadute e possono segnalare bolidi di cui sono stati testimoni oculari

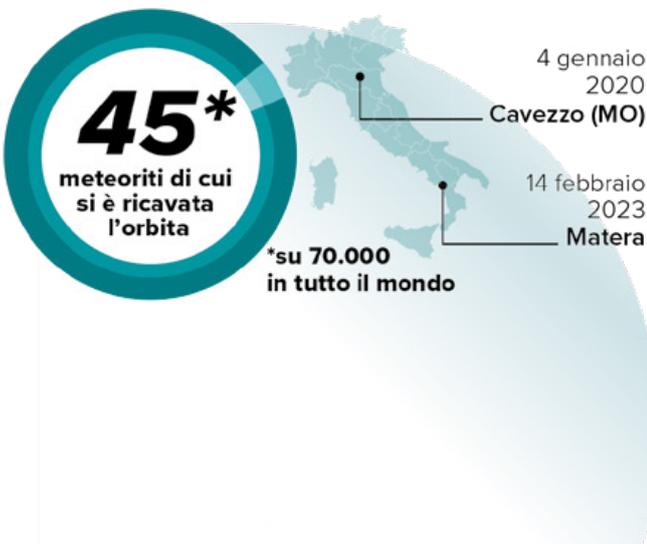
Attività

6 anni

Avvistamenti

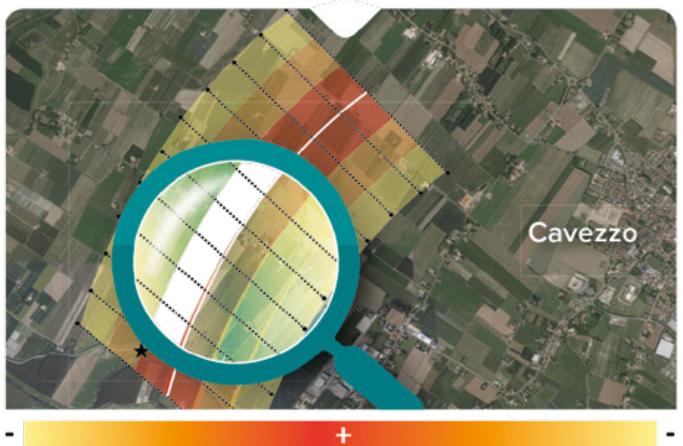
~3.000

2 meteoriti recuperate in Italia grazie al **Progetto PRISMA**



Mapa con fasce di probabilità della caduta

Individuata l'area di caduta, sono attivate **squadre di recupero composte sia da professionisti sia da volontari** coinvolti grazie alla collaborazione della popolazione e delle autorità locali



PRISMA: A CACCIA DI METEORITI

Il progetto di ricerca e di *citizen science* promosso e coordinato dall'Istituto nazionale di astrofisica

di **Daniele Gardiol**
Coordinatore nazionale Prisma

Tutto è cominciato all'Osservatorio Astrofisico di Torino nel dicembre 2015: l'idea di realizzare una rete italiana di telecamere per l'osservazione e il recupero di meteoriti. Una rete che poi è entrata in funzione a metà del 2017. La prima rete italiana per la sorveglianza sistematica di meteore e atmosfera, il cui acronimo è Prisma, fa parte del network internazionale Fripon da cui eredita la tecnologia. Nel tempo è diventata il principale punto di riferimento per la scienza di meteore e meteoriti in Italia.

Prisma contribuisce al recupero di meteoriti "fresche", cioè appena cadute, e quin-

di non contaminate dagli agenti terrestri. Si tratta di oggetti fondamentali per lo studio dei processi di formazione ed evoluzione del nostro Sistema solare. Invisibili anche ai più potenti telescopi terrestri e spaziali, gli asteroidi di piccole dimensioni, inferiori a 10 metri, sono invece intercettati da Prisma, che è così in grado di determinare la regione di provenienza e, in prospettiva, di individuare oggetti potenzialmente pericolosi per il nostro pianeta.

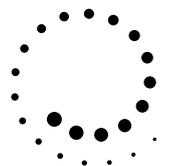
L'ultima battuta di caccia alla meteorite si è tenuta nei boschi vicino Armungia, un paesino a poco più di un'ora di auto da Cagliari. Tutto è cominciato la sera dell'8 ottobre 2023 quando due camere Prisma, al Sardinia Radio Telescope di San Basilio e sul Gennargentu, hanno avvistato un fireball. Si è "acceso" nel cielo della Sardegna a un'altezza di 78,3 chilometri per poi estinguersi a 28. La traiettoria percorsa, con direzione da sud-est verso nord-ovest, era molto inclinata rispetto alla superficie terrestre, tanto che i quasi 50 chilometri di caduta sono stati percorsi in appena 3,6 secondi. All'inizio della traiettoria luminosa, il meteorioide si muoveva a una velocità di 16,5 km/s, che è qualcosa di piuttosto comune per un corpo di origine asteroidale. Alla fine la velocità è scesa a 4,2 km/s.

Una meteorite è caduta a terra: è stata stimata una massa finale di 160 ± 60 g, pari a un oggetto del diametro di circa 4-5 cm. Non è stato trovato. Se passate da quelle parti... occhi aperti. ■

Prisma è la prima rete italiana per la sorveglianza sistematica di meteore e atmosfera. Il principale punto di riferimento per la scienza di meteore e meteoriti in Italia

Zona abitabile: e se l'acqua non bastasse?

di Riccardo Spinelli, Francesco Borsa
e Giancarlo Ghirlanda



STELLE, POPOLAZIONI
STELLARI E MEZZO
INTERSTELLARE

Nella definizione di abitabilità planetaria rientra la presenza di acqua allo stato liquido come condizione necessaria per lo sviluppo di un ecosistema vivente. Ma è sufficiente? Sembra di no. La radiazione ultravioletta è uno dei fattori chiave per innescare alcuni processi che portano alla formazione dei mattoni fondamentali della vita.





La scoperta di sistemi planetari fuori dal Sistema solare ha fatto riaffiorare l'interesse per alcune domande che l'essere umano, istintivamente, si pone da sempre: siamo soli? siamo speciali? esistono altre forme di vita nell'universo?

La ricerca esoplanetaria studia per definizione gli *altri* sistemi planetari, ma può rispondere anche ad alcune domande su di *noi*. Studiando gli altri sistemi planetari, ad esempio, potremo capire quanto la struttura del Sistema solare sia comune nell'universo. Allo stesso modo, la ricerca di vita fuori dall'atmosfera terrestre potrebbe in futuro fornire alcuni indizi utili a capire quali condizioni siano davvero indispensabili per la vita (come la conosciamo noi) e anche come la vita si sia originata sulla Terra.

PIANETI POTENZIALMENTE ABITABILI

Il più grande limite della ricerca di vita extra-terrestre è il fatto che l'unica vita che conosciamo è quella intorno a noi. Non sappiamo se è l'unica possibile, non sappiamo come si è originata, non sappiamo come sono avvenuti alcuni suoi fondamentali passaggi evolutivi. Nonostante ciò, una delle strategie adottate dai programmi di ricerca esoplanetaria e astrobiologica è identificare le condizioni che appaiono indispensabili per lo sviluppo della vita sulla Terra e concentrare gli sforzi osservativi in quelle regioni fuori dal Sistema solare dove possono esistere tali condizioni. Queste condizioni sembrano essere essenzialmente tre: la presenza di alcuni elementi chimici (carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, fosforo e zolfo), che sono i

mattoni fondamentali degli esseri viventi intorno a noi; una sorgente di energia stabile e duratura che consenta agli esseri viventi di portare a termine alcune reazioni fondamentali per la loro esistenza; la presenza di un solvente, come l'acqua liquida, dove le reazioni chimiche necessarie per la vita possano avvenire rapidamente. La condizione più stringente tra queste tre sembra essere l'ultima.

Difatti, l'universo è popolato da numerosissime fonti di energia (le stelle) e anche gli elementi chimici necessari alla vita sulla Terra sembrano essere molto diffusi (tanto che diverse molecole organiche sono state osservate anche nel mezzo interstellare). Questi requisiti ci suggeriscono, quindi, che il luogo più probabile dove trovare contemporaneamente queste tre condizioni è una regione a forma di anello attorno alle stelle, dove l'irraggiamento della stella consenta a un pianeta roccioso di avere una temperatura né troppo calda né troppo fredda, adatta alla presenza di acqua liquida sulla sua superficie. Questa regione è stata denominata "zona abitabile circumstellare", e un pianeta che si trova in questa zona può sperimentare queste condizioni, anche se ciò non significa che le sperimenti davvero né che sia abitato. A oggi sono stati scoperti circa una sessantina di pianeti rocciosi orbitanti nella zona abitabile delle loro stelle. Per ragioni osservative, la maggior parte di essi è stata scoperta attorno alle nane rosse, stelle più piccole (massa minore di 0,45 masse solari) e più fredde del Sole (temperatura inferiore a 3700K contro i 5800K della nostra stella), ma che rappresentano circa il 75% delle stelle della Galassia. Ovviamente queste stelle, essendo fredde, hanno una zona abitabile molto vicina a loro (circa il 10% della distanza Terra-Sole), con il risultato che i pianeti in zona abitabile orbitano attorno a queste stelle con un periodo anche minore di 20 giorni.

NON TUTTE LE STELLE SONO UGUALI

Tutte le stelle hanno una zona abitabile intorno, è quindi lecito chiedersi se esistano stelle più adatte di altre per la vita. Una stella è un sistema che emette energia sotto for-

ESSERCI È UN'ALTRA COSA

Alla pagina precedente: chi fa ricerca sugli esopianeti può fare ricorso a modelli tridimensionali della superficie dei pianeti rocciosi elaborati con supercomputer, a partire da versioni generalizzate del modello climatico terrestre.
Crediti: Iau/L. Calçada

La ricerca di vita fuori dall'atmosfera terrestre potrebbe in futuro fornire alcuni indizi utili a capire quali condizioni siano davvero indispensabili per la vita e come si sia originata sulla Terra

SIMULAZIONI

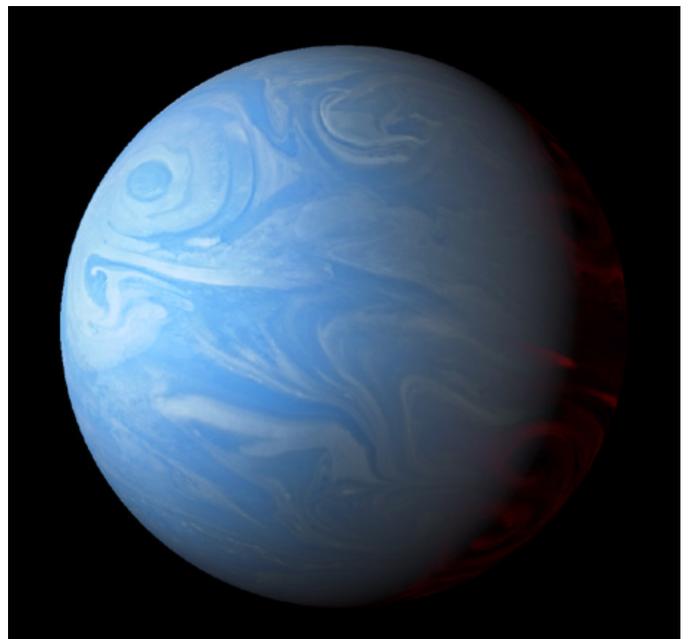
Giganti gassosi, in orbita attorno a stelle lontane, ricreati da un software di simulazione 3D open source che permette la navigazione e l'osservazione in tempo reale di oltre 100mila oggetti fra stelle, costellazioni, comete, pianeti, lune e asteroidi.
Crediti: Celestia 1.7.0

ma di radiazione finché non si esauriscono le reazioni nucleari al suo interno. Che tipo di energia emette (ovvero con quale intensità e a quale frequenza) e per quanto tempo sono i due elementi fondamentali che determinano quanto una stella è adatta a ospitare la vita. Il tempo di fornitura stabile di energia dipende dalla massa della stella. Una stella massiccia per non collassare sotto l'effetto dell'alta gravità deve bruciare carburante in modo veloce; deve, in altre parole, emettere tanta radiazione, e riesce a farlo per poco tempo. Una stella di quattro masse solari, ad esempio, rimane stabile per circa 300 milioni di anni, e questo potrebbe non consentire alla vita il tempo necessario per originarsi ed evolversi. Al contrario le nane rosse, con masse minori di 0,45 masse solari, possono bruciare carburante in modo lento, offrendo alla possibile vita attorno a loro un tempo potenzialmente molto lungo: ad esempio, una nana rossa che ha un terzo della massa del Sole potrà offrire un tempo ai pianeti in zona abitabile di circa 160 miliardi di anni, 16 volte il tempo che offre il Sole alla Terra.

Ma, come accennato prima, non conta solo il tempo, conta anche che tipo di energia emette la stella.

ZONA UV ABITABILE

L'emissione ultravioletta, ad esempio, può essere un fattore determinante nel definire l'abitabilità di un pianeta. Molti studi hanno evidenziato che un'alta dose di radiazione ultravioletta può essere dannosa per la vita, perché può erodere l'atmosfera di un pianeta abitabile e può distruggere molte biomolecole. D'altra parte, anche se non abbiamo una teoria condivisa sull'origine della vita sulla Terra, abbiamo alcuni indizi che suggeriscono che la radiazione ultravioletta (in particolare quella definita vicino-ultravioletta, compresa tra 200 e 280 nanometri) possa avere un ruolo fondamentale per creare alcuni mattoni indispensabili per la vita. Uno di questi mattoni, l'acido ribonucleico (Rna) è considerato secondo la teoria del mondo a Rna, la prima macromolecola in grado di immagazzinare l'informazione e autoreplicarsi e dalla quale poi tutta la vita intorno a



Che tipo di energia una stella emette e per quanto tempo sono i due elementi fondamentali che determinano quanto la stella sia adatta a ospitare la vita

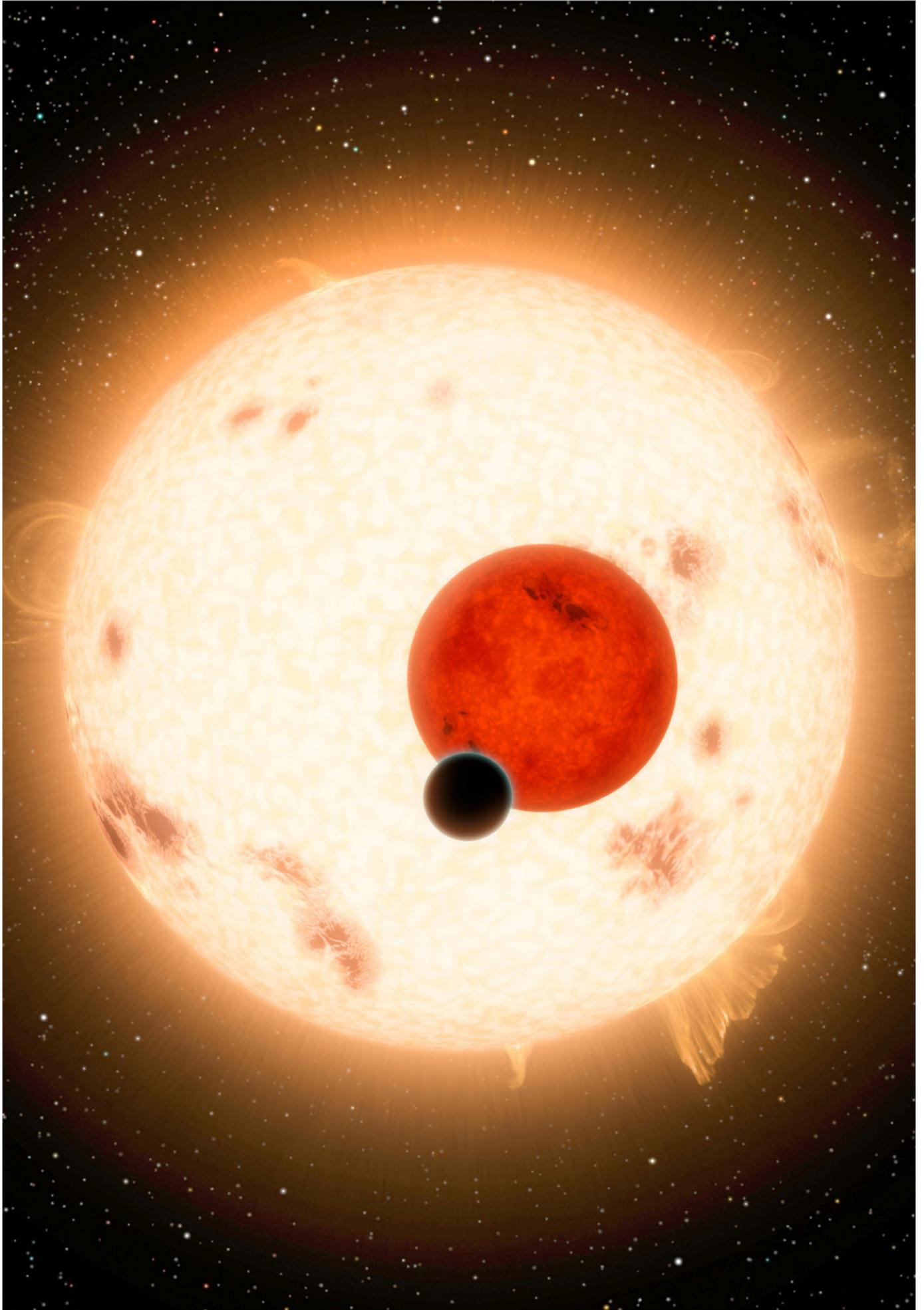
noi si è evoluta. Sappiamo, ad esempio, che la radiazione ultravioletta era la sorgente di energia libera più abbondante sulla Terra primordiale e in aggiunta osserviamo che l'Rna mostra una resistenza alla luce ultravioletta maggiore di altre macromolecole con simili proprietà. Questo potrebbe suggerire che l'Rna sia una molecola emersa ed evoluta in un ambiente con alto irraggiamento ultravioletto. Infine, numerosi esperimenti dimostrano che alcuni composti chimici sottoposti a radiazione ultravioletta producono efficientemente zuccheri, lipidi, amminoacidi e nucleotidi, tutte molecole fondamentali per la vita che conosciamo noi.

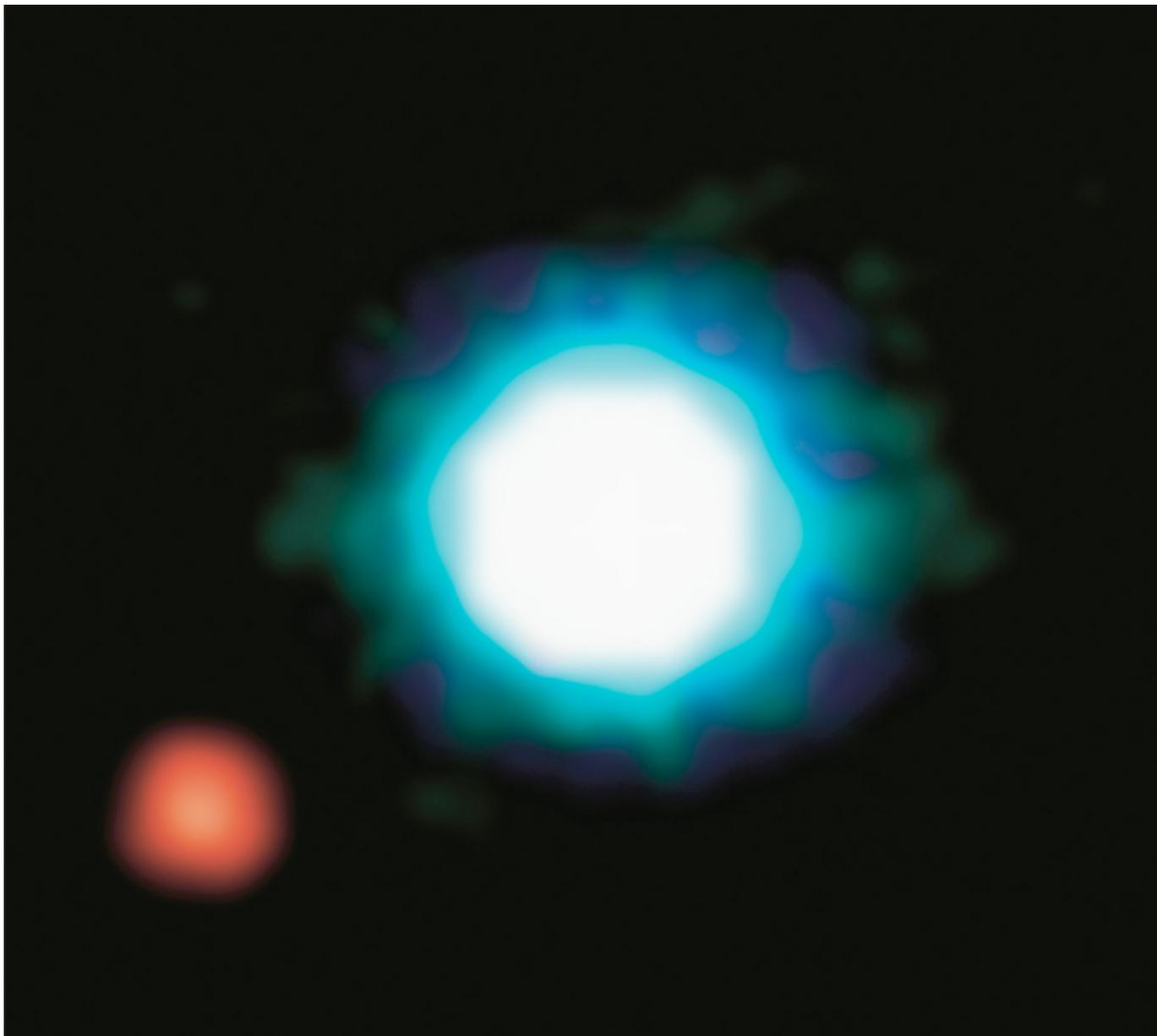
In un esperimento condotto nel 2018, Paul Rimmer, astrochimico dell'University of Cambridge, e John Sutherland, biochimico dell'Mrc Laboratory of Molecular Biology di Cambridge, hanno dimostrato che in un composto di ioni di acido cianidrico e di acido solfidrico in acqua, esposto a luce vicino-ultravioletta, vengono generati alcuni importanti precursori dell'Rna. Lo stesso esperimento condotto dal medesimo gruppo, non genera questi precursori in assenza di lampade ultraviolette. Tutto questo ci suggerisce che probabilmente esiste una dose di radiazione ultravioletta massima tollerabile per le macromolecole fondamentali per la vita e una dose minima necessaria per la loro formazione. Quanta radiazione ultravioletta investe un pianeta attorno a una stella dipende da quanta radiazione emette la stella e dalla distanza a cui il pianeta orbita. Ciò permette di definire una zona attorno alle stelle dove un pianeta può sperimentare delle condizioni adatte all'origine e alla persistenza della vita come la conosciamo noi. In questa zona un pianeta riceve abbastanza radiazione Uv per innescare la sintesi dei mattoni fondamentali della vita, ma non troppa da distruggerli. Un team di ricercatori dell'Inaf ha definito questa fascia

“zona Uv abitabile” e ha investigato se gli esopianeti scoperti che orbitano nella zona abitabile (e quindi hanno speranza di avere acqua liquida sulla loro superficie) orbitano anche nella zona Uv abitabile. L'indagine è stata condotta analizzando le osservazioni di un campione di 17 stelle che ospitano 23 pianeti in zona abitabile tramite l'Ultraviolet and Optical Telescope (Uvot), uno dei tre strumenti a bordo del Neil Gehrels Swift Observatory, osservatorio spaziale della Nasa con una importante partecipazione italiana dell'Asi e dell'Inaf. Dai dati raccolti è stato dedotto che le nane rosse nel campione in esame emettono troppa poca radiazione vicino-ultravioletta per innescare l'origine della vita secondo la chimica proposta da Rimmer e Sutherland, mentre le stelle più calde riescono a fornire ai pianeti orbitanti nella zona abitabile una radiazione ultravioletta sufficiente a innescare i processi per la formazione dei mattoni fondamentali per la vita senza distruggerli. Le nane rosse rappresentano il 75% delle stelle della Galassia e le loro proprietà facilitano l'osservazione dei pianeti in zona abitabile. L'analisi del gruppo di ricercatori dell'Inaf sembra suggerire dunque che la maggior parte delle stelle nella Galassia ha poca possibilità di innescare la formazione dei composti fondamentali per la vita nella loro zona abitabile secondo la chimica di Rimmer e Sutherland. Tuttavia, ulteriori osservazioni sono necessarie per confermare o smentire questo scenario, in quanto le nane rosse potrebbero innescare tali processi attraverso brillamenti in banda ultravioletta oppure durante le prime fasi di vita della stella, quando l'emissione Uv delle stelle è maggiore. L'estensione del campione in esame, formato finora solo da stelle vecchie con età maggiore di tre miliardi di anni, sta fornendo risultati promettenti suggerendo che per le nane rosse più calde la zona abitabile e la zona Uv abitabile potreb-

SISTEMA BINARIO

Alcuni pianeti orbitano attorno non a una, bensì a due stelle. Il primo pianeta scoperto a farlo è stato Kepler 16b, rilevato dalla missione Nasa Kepler.
Crediti: Nasa/Jpl-Caltech





L'estensione del campione in esame potrebbe arrivare a suggerire che le condizioni per la formazione di vita come la conosciamo possano essere presenti attorno alla maggior parte delle stelle della Galassia, anche se in momenti diversi della loro evoluzione

bero intersecarsi durante il primo miliardo di anni dell'evoluzione del sistema planetario, in una regione con radiazione Uv sufficiente per innescare la formazione dell'Rna in presenza di acqua liquida superficiale. Se confermato, questo risultato suggerirebbe che le condizioni per la formazione di vita come la conosciamo possano essere presenti attorno alla maggior parte delle stelle della Galassia, anche se in momenti diversi della loro evoluzione.

ALLA RICERCA DELLA VITA

Uno dei principali obiettivi dello studio delle atmosfere esoplanetarie è la ricerca di biomarcatori, cioè molecole che possono essere associate alla presenza di vita. In questo contesto, Andes, uno spettrografo ad alta

LA PRIMA VOLTA
2M1207b: è stato uno tra i primi esopianeti a essere stato osservato direttamente da Terra, nel 2004. Si tratta di pianeta che ha cinque volte la massa di Giove e orbita attorno a una nana bruna a circa 55 volte la distanza dalla Terra al Sole.
Crediti: Eso

MONDI LONTANI

Un'illustrazione che mostra i sette pianeti del sistema solare di TRAPPIST-1 come potrebbero apparire se visti dalla Terra utilizzando un telescopio immaginario e incredibilmente potente.

Crediti: Nasa/Jpl-Caltech

risoluzione a guida dell'Inaf destinato all'Extremely Large Telescope (Elt), si pone tra gli obiettivi principali quello di rilevare segni di vita su pianeti simili alla Terra. Nei prossimi decenni la scoperta di vita in sistemi diversi dalla Terra potrebbe darci indicazioni sulle reali condizioni imprescindibili per la vita e anche sull'origine della vita sulla Terra. La caratterizzazione degli ambienti esoplanetari risulta cruciale per capire in quali condizioni la vita può emergere e prosperare. A tal proposito sarà rilevante la sinergia tra i telescopi dedicati all'osservazione delle atmosfere planetarie (come ad esempio Jwst e il futuro telescopio dell'Esa Ariel) e quelli dedicati allo studio dell'emissione stellare ultravioletta (come il futuro cubesat Nasa Mantis, con partecipazione dell'Inaf). L'e-

ventuale scoperta di vita in ambienti molto diversi da quelli sperimentati sulla Terra cambierebbe drasticamente le condizioni che ci appaiono imprescindibili per la sua esistenza. Ad esempio, la scoperta di vita su pianeti abitabili attorno a stelle molto fredde, che non riuscirebbero a fornire la radiazione ultravioletta necessaria per l'origine della vita secondo la chimica proposta da Rimmer e Sutherland, potrebbe farci rigettare l'ipotesi che la luce ultravioletta sia fondamentale per la formazione della vita. In qualche modo, i sistemi esoplanetari potrebbero rappresentare in un lontano futuro anche dei laboratori per studiare la vita come la conosciamo, indicandoci le condizioni che ne hanno permesso l'origine sulla Terra. ■



Alla ricerca delle nostre origini cosmiche

di Giuseppe Fiasconaro

Come rintracciare le nostre origini cosmiche? L'Inaf lo sta facendo attraverso la chimica e quindi lo studio di molecole interstellari in una fase di sviluppo di vita precedente a quello che noi conosciamo.

Comprendere l'origine della vita sulla Terra è anche una questione di chimica extra-terrestre. Per essere precisi, di chimica del mezzo interstellare, il materiale rarefatto composto da gas e polveri che si trova tra le stelle in una galassia. All'interno di questo mezzo si trovano grandi addensamenti di gas, che sono il luogo di nascita di stelle e pianeti nonché un importante serbatoio di molecole che potrebbero aver giocato un ruolo cruciale nell'origine esogena della vita sulla Terra e, forse, anche altrove.

In queste culle stellari, gli atomi, al riparo dalla radiazione ultravioletta emessa dalle stelle, si uniscono a formare svariate specie chimiche. Le molecole organiche complesse interstellari (*Interstellar complex organic molecules*, iCOMs) sono tra queste. Si tratta di molecole composte da almeno sei atomi contenenti carbonio, alcune delle quali sono considerate prebiotiche, cioè specie chimiche antenate di molecole biologiche alla base dello sviluppo della vita così come la conosciamo. Sintetizzate sia sulla superficie ghiacciata dei grani di polvere interstellare sia in fase gassosa, l'identificazione di queste specie chimiche e la comprensione della loro evoluzione da molecole semplici a specie via via più complesse è uno degli aspetti più interessanti della ricerca astrofisica degli ultimi anni. La disciplina che si occupa del loro studio è l'astrochimica, che vede il coinvolgimento anche dell'Inaf.

In particolare, l'Inaf è leader a livello mondiale nella rilevazione e nello studio di molecole interstellari particolarmente interessanti nel campo dell'astrobiologia. Un risultato, questo, raggiunto partecipando insieme ad altri enti di ricerca nazionali e internazionali a grandi programmi osservativi, tra cui Guapos, acronimo di *G31 Unbiased Alma sPectral Observational Survey*. Guapos è una survey che, come suggerisce il nome, ha come obiettivo lo studio della composizione chimica della regione di formazione stellare G31.41+0.31, uno dei serbatoi di molecole più ricchi all'inter-

Alcune delle iCOMs sono considerate prebiotiche, cioè antenate di molecole biologiche alla base dello sviluppo della vita



BAGLIORE ULTRATERRENO
L'isolato altipiano di Chajnantor dove sorge l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array sembra il luogo perfetto per un incontro ravvicinato del terzo tipo
Crediti: Y. Beletsky (LCO)/ESO

no della nostra galassia. Proprio nell'ambito di questo programma osservativo, puntando verso G31 le potenti antenne cilene di Alma, l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, un team internazionale di scienziati ha rilevato le "impronte digitali uniche" di interessanti molecole organiche complesse; molecole che potrebbero aver contribuito alla nascita e all'evoluzione della vita sulla Terra primordiale.

Alla ricerca in oggetto hanno preso parte diversi ricercatori dell'Inaf, coinvolti nel Progetto Premiale iALMA: un programma scientifico tra i cui obiettivi c'è proprio la comprensione della chimica correlata alle molecole organiche complesse nello spazio, e in particolare il loro ruolo come elementi costitutivi delle molecole prebiotiche nei sistemi esoplanetari.

Nella regione di formazione stellare sono state rilevate diverse specie chimiche: acido isocianico, formammide, isocianato di metile e anche specie più complesse come l'acetammide e l'N-metilformammide. Sono tutte molecole osservate per la prima volta all'interno di G31 e al di fuori del centro galattico, contenenti una struttura chimica molto familiare: C(=O)-N, il ponte molecolare che unisce gli aminoacidi nelle proteine, insieme a Dna e Rna. La scoperta di tali molecole ha notevoli implicazioni scientifiche: la loro presenza nello spazio suggerisce che esse potrebbero aver svolto un ruolo fondamentale per la vita nel nostro pianeta, permettendo il salto dalla chimica prebiotica alla chimica complessa alla base della biologia sulla Terra primitiva. Inoltre, poiché l'ambiente in cui si è formato il Sistema solare potrebbe essere simile alle regioni di formazione stellare come G31.41+0.31, l'individuazione di queste molecole ci dà spunti sul patrimonio chimico che esso ha ricevuto dal suo ambiente nativo. ■

Prove tecniche di primo contatto

di Claudia Mignone

Da diversi mesi, centinaia di esperti e appassionati da tutto il mondo sono impegnati nell'interpretazione di un messaggio misterioso trasmesso da una sonda artificiale in orbita attorno a Marte. Proprio come se a inviarlo fosse stata una civiltà extraterrestre.

Il 24 maggio 2023, alle 21:16 ora italiana, il radiotelescopio di Medicina, vicino Bologna, capta per circa mezz'ora un insolito segnale proveniente da Marte. Contemporaneamente, dall'altra parte del globo, anche il Green Bank Telescope, in West Virginia, e l'Allen Telescope Array, in California, ricevono lo stesso segnale. Nascosto nella telemetria, un file binario di 8212 byte racchiude un enigmatico messaggio. Un messaggio pseudo-alieno.

Dal titolo di calviniana memoria, *A sign in space* è una performance interplanetaria orchestrata dall'artista multimediale Daniela de Paulis in collaborazione con l'Agenzia spaziale europea, l'Istituto nazionale di astrofisica, il Seti Institute e il Green Bank Observatory. Lo scopo: simulare uno scenario di "primo contatto" in cui l'umanità riceve una comunicazione cifrata da una civiltà extraterrestre che tutto il mondo è invitato a decrittare.

Il primo atto ha una sceneggiatura dettagliata al secondo. Le prove, oltre all'artista, hanno coinvolto un team di astronomi e ingegneri spaziali per oltre un anno. Entra per primo in scena il Trace Gas Orbiter, sonda in orbita marziana, inviando il segnale verso la Terra. Dopo 16 minuti e quasi 300 milioni di chilometri, il segnale raggiunge puntuale il nostro pianeta, dove trova tre tra i maggiori radiotelescopi al mondo pronti a intercettarlo. Il secondo atto inizia l'indomani, quando i dati grezzi ricevuti dalle antenne vengono resi disponibili in rete e migliaia di entusiasti da ogni continente si collegano al sito web del progetto per cimentarsi nella sfida. Questa parte della performance ha solo un canovac-

UN'ARTISTA INTERDISCIPLINARE

Daniela De Paulis ha collaborato con astronomi e scienziati per molti anni ed è attualmente artist in residence al Seti Institute.
Crediti: Bas Czerwinski





ORECCHIE APERTE
È l'antenna parabolica da 32 metri della Stazione Radioastronomica di Medicina ad aver captato il segnale proveniente da Marte il 24 maggio 2023.
Crediti: Inaf/R. Bonuccelli

cio – un tutorial per maneggiare i dati – che va arricchendosi man mano con le conversazioni tra i partecipanti sulla piattaforma online Discord. In meno di 10 giorni, l'ingegno collettivo riesce a decifrare il messaggio, estraendo dal segnale la sequenza aggiunta dall'artista, composta da 65.696 tra zeri e uni. È la notte tra il 31 maggio e il primo giugno. Inizia il terzo e (forse) ultimo atto, ancora in corso. Qui si recita a soggetto: sono gli stessi decoder a comporre il testo teatrale attraverso discussioni che si snodano nel corso di settimane e mesi, portando a molteplici possibili interpretazioni del messaggio e del suo contenuto.

Tutto ruota intorno a un'immagine ricavata dai dati, convertita in tanti formati diversi per cercare di afferrarne il senso. Sequenze di codice Morse, modelli di automi cellulari, puzzle, mappe celesti, ologrammi, un canto di balene, una danza di api e persino ricette culinarie: le teorie proposte superano di molto la creatività di chi ha creato il messaggio. «È così importante ritrovare il significato originale?» si chiede De Paulis, che dietro le quinte, dal suo studio di Rotterdam, tiene le fila della performance globale. «Se ricevestimo un vero segnale extraterrestre, potrebbe essere impossibile trovare il suo vero significato, ma potrebbe fungere da prisma per la ricchezza dell'immaginazione umana. I decoder su Discord rappresentano una micro società che tenta di dare un significato all'ignoto. Un luogo dove apprendere nuovi concetti, trovare connessioni, mettere in discussione la conoscenza e i limiti umani». ■

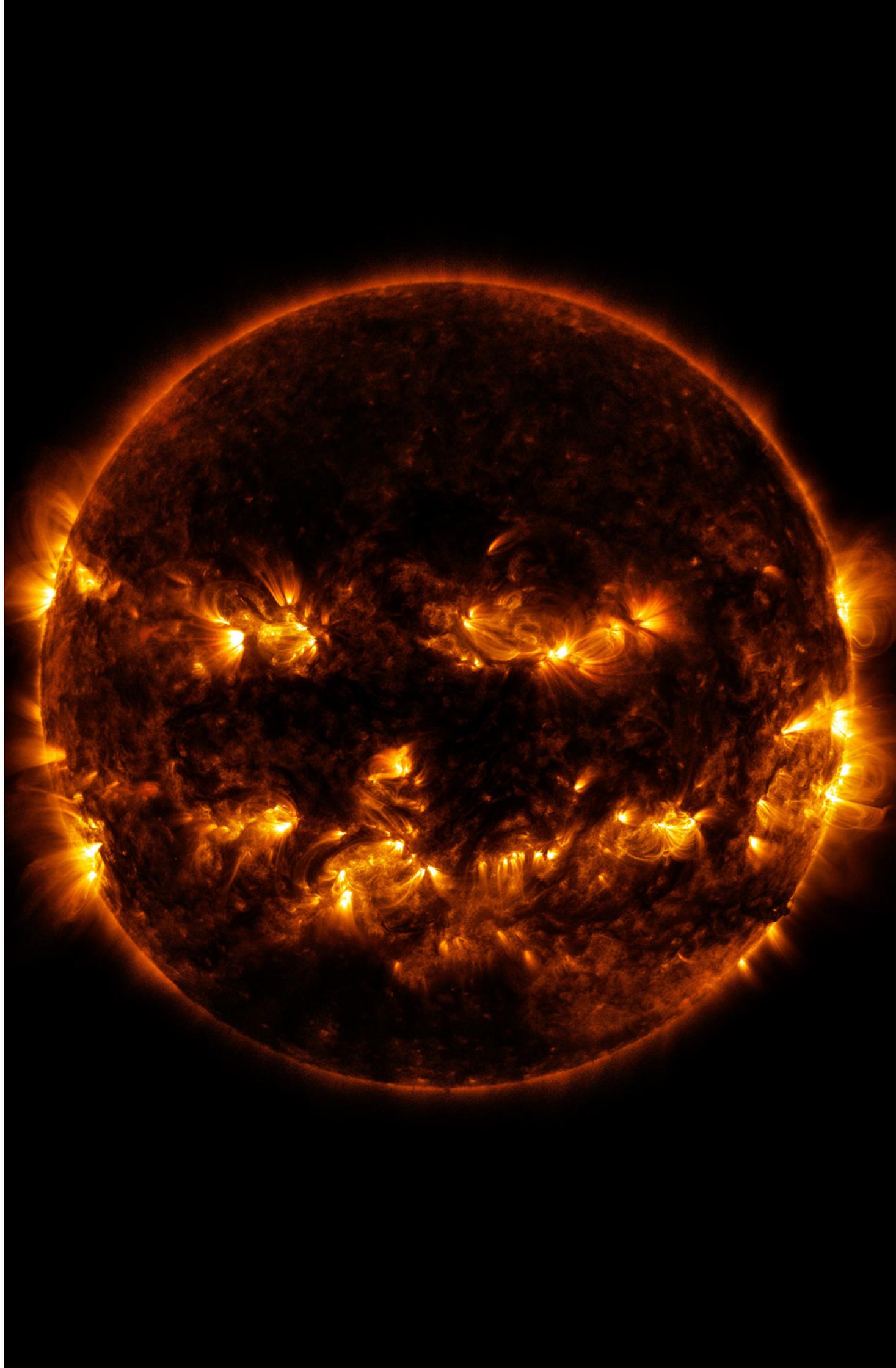
Migliaia di entusiasti da ogni continente si collegano al sito web del progetto per cimentarsi nella sfida (asignin.space).

Così vicini: il Sole e il Sistema solare



SOLE E SISTEMA
SOLARE

Affacciarsi sull'universo a grande scala ha un fascino magnetico, ma anche il nostro vicinato cosmico non scherza. Sentiamo infatti di poterlo conoscere nel dettaglio, per afferrare quei particolari che invece, quando si va lontano nello spazio e nel tempo, ci scivolano tra le dita.





Il Sole, il Sistema solare e le tematiche legate alla possibilità che esistano forme di vita nel nostro sistema planetario sono stati punti di partenza per l'astrofisica e sono un fondamentale riferimento per lo studio dell'universo in generale.

Il Sole è un laboratorio naturale in cui è possibile studiare in dettaglio fenomeni fisici che, per la loro scala, non sono accessibili alla sperimentazione terrestre e non possono essere indagati su stelle più lontane. Lo studio del Sole contribuisce in modo significativo al miglioramento delle nostre conoscenze dell'universo e delle leggi fisiche che lo regolano. L'evoluzione e la variabilità solare sono fondamentali per capire l'emergere e la sostenibilità della vita sul nostro pianeta e più in generale su altri oggetti del Sistema solare, un problema quest'ultimo di grande valenza per l'abitabilità planetaria. Lo sviluppo tecnologico ci rende sempre più vulnerabili ai disturbi che, provenendo dal Sole, si propagano nello spazio interplanetario fino a colpire il nostro pianeta (ad esempio il vento solare, le eruzioni solari e i fasci di particelle energetiche rilasciati dalla nostra stella). Queste problematiche sono oggetto di studio della meteorologia dello spazio (*space weather*), disciplina che studia l'attività solare e cerca di prevederne gli effetti sulla Terra, dalle aurore polari che incantano con i loro mutevoli colori sino alle temibili tempeste geomagnetiche. La variabilità solare è inoltre responsabile di complesse interazioni tra il Sole e il mezzo interstellare che portano alla formazione di quelli che sono i confini ultimi del Sistema solare: l'eliosfera.

Tutti questi ambiti vedono un coinvolgimento significativo della comunità scientifica dell'Istituto nazionale di astrofisica e l'investimento di risorse volte alla realizzazione di programmi e progetti per la comprensione dei processi fisici che regolano questa parte di universo: il nostro cortile cosmico.

STRUMENTI PER STUDIARE IL SOLE

Lo studio del Sole avviene sia tramite telescopi da terra sia dallo spazio. Mentre le osservazioni da terra permettono di catturare immagini della superficie solare e della sua bassa atmosfera con elevata risoluzione spaziale e temporale, le osservazioni dallo spazio (nell'ultravioletto estremo e nei raggi X, oltre che in banda ottica) permettono di osservare le regioni più esterne dell'atmosfera solare e in particolare la sua corona, che raggiunge temperature di milioni di gradi. Oltre all'utilizzo dei telescopi che osservano il Sole da remoto, è fondamentale disporre di osservazioni acquisite *in situ* da diverse sonde, che permettono così di esplorare il flusso di particelle solari nello spazio interplanetario.

La comunità scientifica dell'Inaf è impegnata in tutte queste tematiche, principalmente tramite il proprio coinvolgimento nella missione spaziale Solar Orbiter di Esa e Nasa, e attraverso la propria partecipazione alla progettazione e costruzione del nascente telescopio solare europeo Est alle isole Canarie. A bordo della sonda Solar Orbiter, lanciata a febbraio 2020, il coronografo Metis targato Inaf ha catturato le prime immagini della corona solare, mai acquisite contemporaneamente in due diverse bande (nella luce visibile polarizzata e nell'ultravioletto Lyman-alpha). Metis permetterà di individuare le regioni della corona in cui ha origine il vento solare lento e quello veloce, di studiare l'effetto della configurazione del campo magnetico coronale sulle caratteristiche dinamiche delle sorgenti del vento solare, di monitorare l'espansione iniziale dei fenomeni transienti coronali e di individuare il loro ruolo nei processi di accelerazione delle particelle ad alta energia. A bordo di Solar Orbiter si trova anche lo strumento Solar Wind Analyser (Swa), guidato fra gli

SOLE NERO

Alla pagina precedente: la miscela di luce a 171 e 193 angstrom, catturata dal Solar Dynamics Observatory, conferisce al Sole un aspetto particolarmente cupo. Crediti: NASA/GSFC/SDO

Il Sole è un laboratorio naturale in cui è possibile studiare in dettaglio fenomeni fisici che non sono accessibili alla sperimentazione terrestre e non possono essere indagati su stelle più lontane

UNA STELLA MUTANGHERA

L'array di quattro telescopi a bordo del Solar Dynamics Observatory visualizza l'atmosfera solare in più lunghezze d'onda per trovare nessi con i cambiamenti interni alla stella.
Crediti: NASA/GSFC/SDO

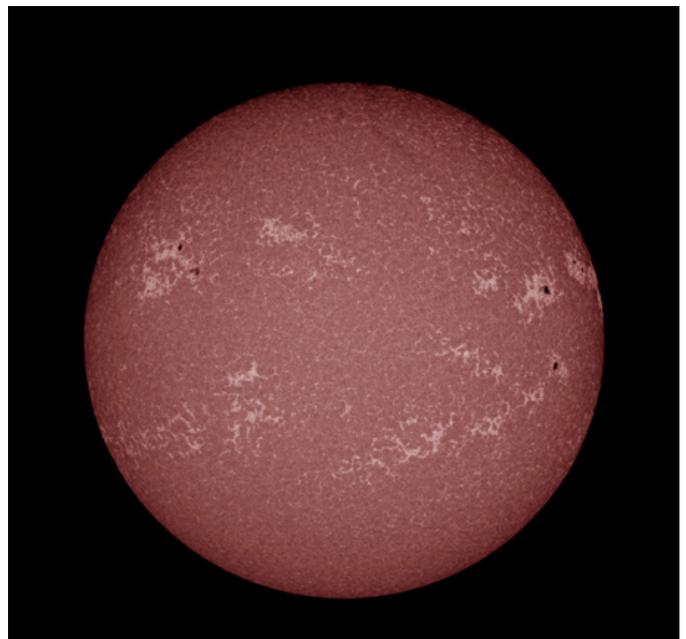
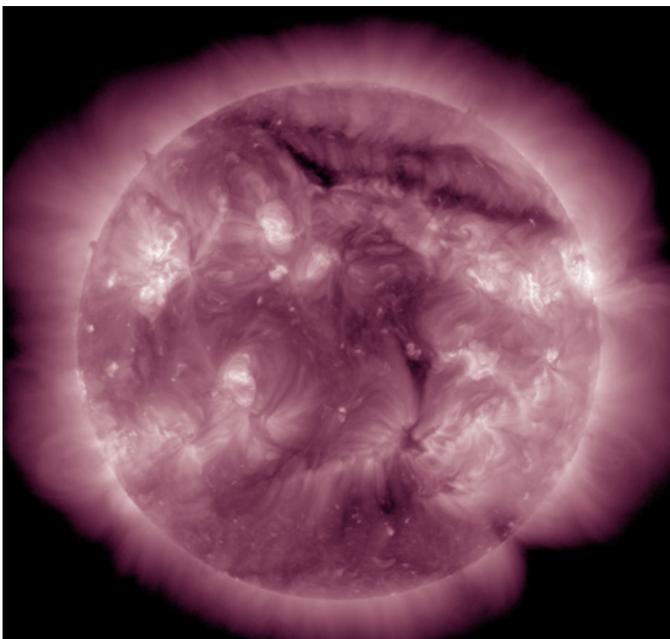
altri anche dall'Inaf, che fornisce misure *in situ* di protoni, elettroni, particelle alfa e ioni minori, a risoluzioni temporali mai raggiunte prima nell'eliosfera interna, fondamentali per individuare i meccanismi fisici alla base del riscaldamento e accelerazione del vento solare.

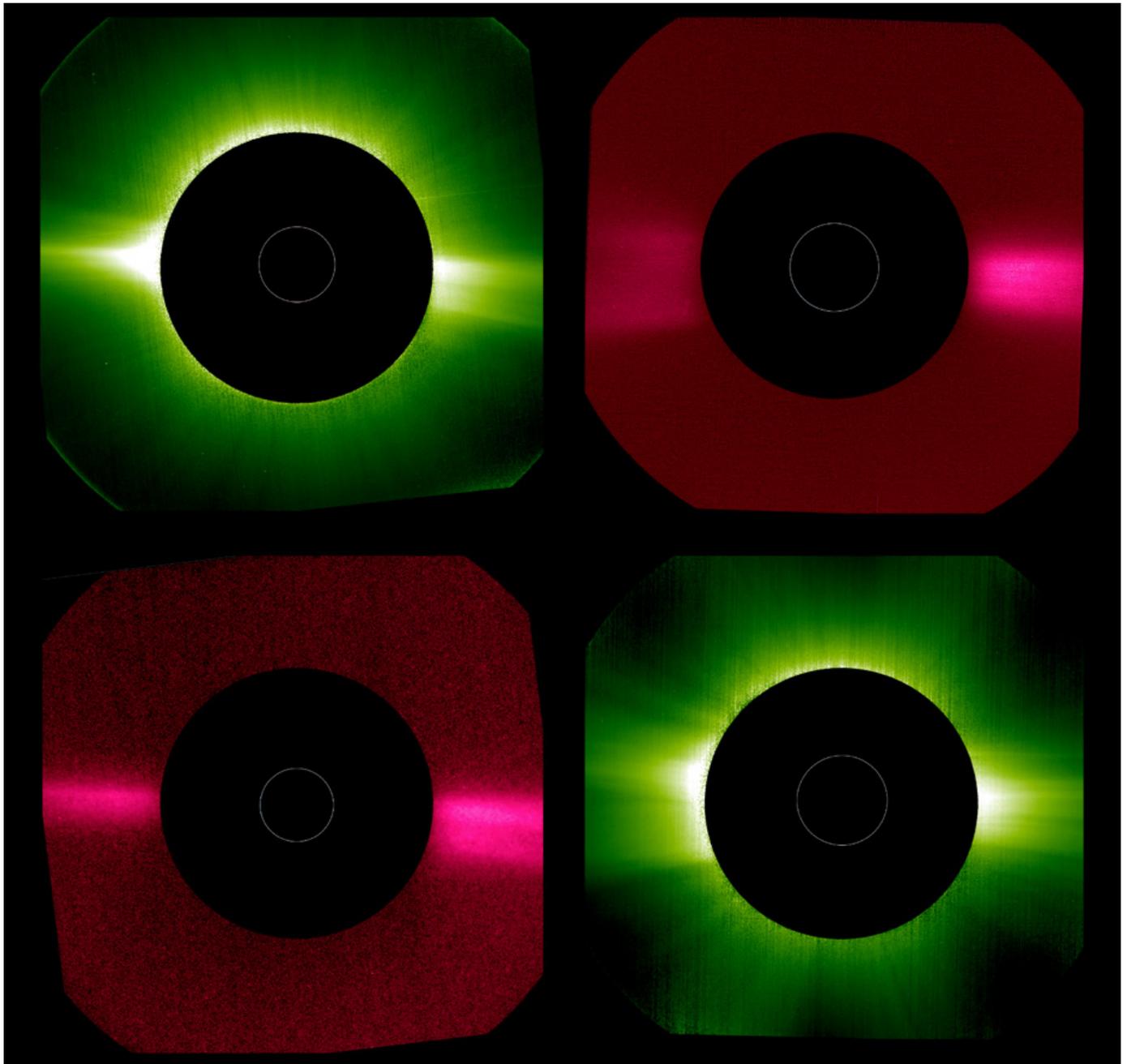
L'Inaf è anche coinvolto nel nuovo telescopio Est che sarà costruito tra il 2026 e il 2028 alle Canarie, ed effettuerà osservazioni spettro-polarimetriche di elevata precisione nell'infrarosso e nell'ultravioletto, che consentiranno di rivelare i meccanismi di trasporto di energia e confinamento in complesse configurazioni magnetiche, con ricadute in altri ambienti astrofisici e nel campo della fusione a confinamento magnetico. Queste osservazioni miglioreranno significativamente la nostra comprensione del campo magnetico solare e delle sue relazioni con l'eliosfera e la Terra.

IL CASO DI MERCURIO

Allontanandosi dal Sole, Mercurio è il pianeta più interno del nostro sistema planetario ed è un caso particolarmente rilevante di

interazione Sole-pianeta. L'orbita di Mercurio, molto vicina al Sole, è interessata dalla curvatura dello spaziotempo causata dalla stella e quindi sono importanti le misure di fisica fondamentale, in particolare per affinare alcuni parametri della relatività generale. Per esplorare Mercurio e il suo ambiente circostante, Esa e Jaxa hanno lanciato nel 2018 la missione BepiColombo, particolarmente innovativa da un punto di vista tecnologico per via della sua complessità e dell'ostilità dell'ambiente in cui si trova a operare. In tutto, gli strumenti italiani a bordo della sonda spaziale sono quattro: Serena (Search for Exosphere Refilling and Emitted Neutral Abundances), Simbio-Sys (Spectrometers and Imagers for MPO BepiColombo Integrated Observatory), Isa (Italian Spring Accelerometer) e More (Mercury Orbiter Radio Science Experiment), per studiare la fisica fondamentale e la relatività generale, l'ambiente intorno a Mercurio e l'interazione con il vento solare, e la superficie del pianeta. Durante il primo volo ravvicinato della sonda attorno a Mercurio, avvenuto nell'ottobre 2021, con l'esperimento Serena i ricercatori





Marte è un importante oggetto di studio per la comunità scientifica, perché è l'unico pianeta per il quale si prevede una futura visita dell'uomo

hanno catturato gli spettrogrammi in energia delle particelle misurate sia fuori sia dentro la magnetosfera di Mercurio. Il 23 giugno

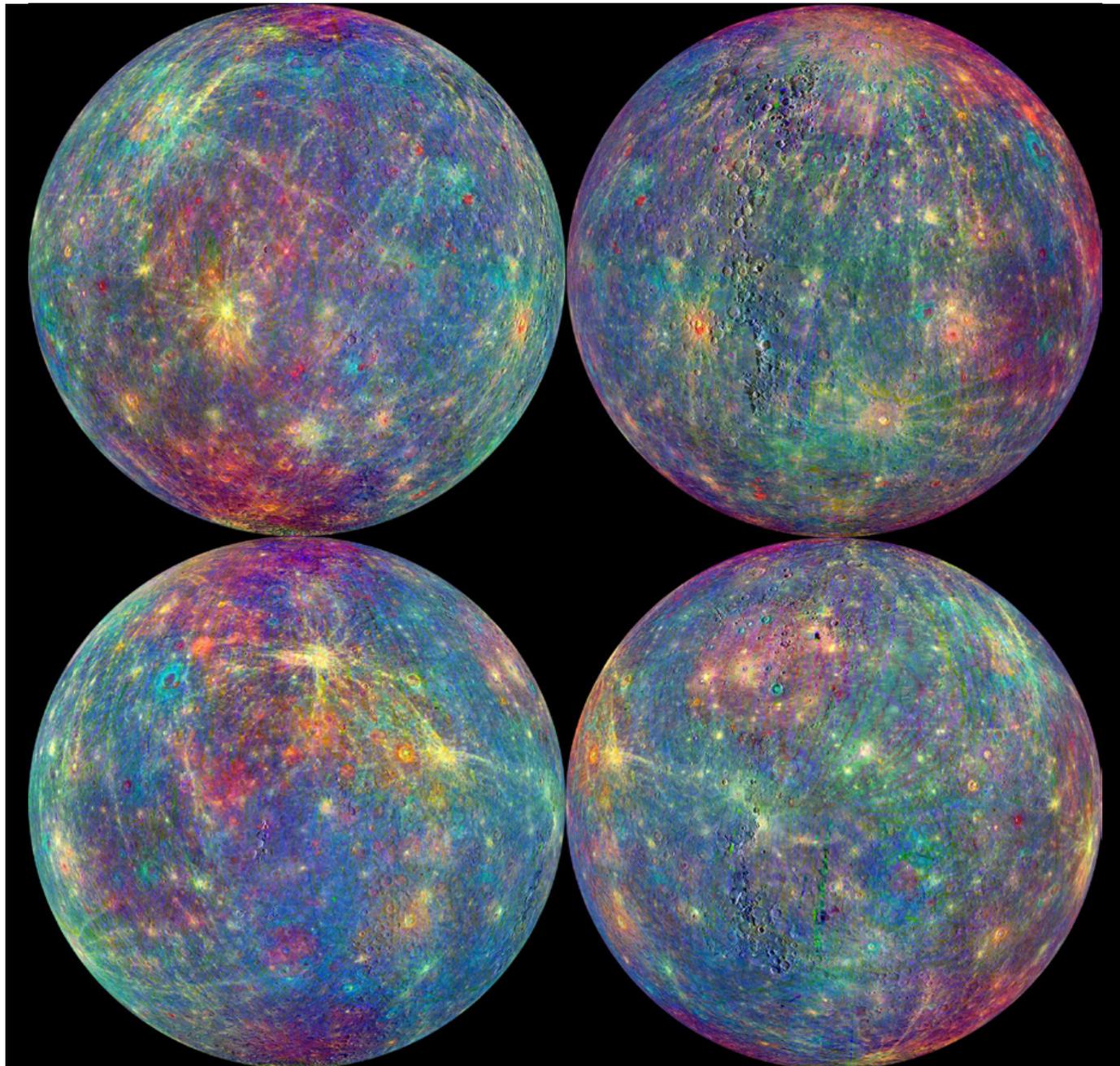
2022 BepiColombo ha effettuato il suo secondo assist gravitazionale di Mercurio, arrivando fino a circa 200 chilometri al di sopra della superficie del pianeta e regalandoci bellissime immagini in bianco e nero della sua superficie. L'arrivo a destinazione è previsto per la fine del 2025 e l'inizio delle operazioni scientifiche per il 2026.

MARTE, PROSSIMA FRONTIERA

Marte è un importante oggetto di studio per la comunità scientifica, essendo l'unico pianeta per il quale al momento si prevede una futura visita dell'uomo, prossima fron-

LA PRIMA VOLTA

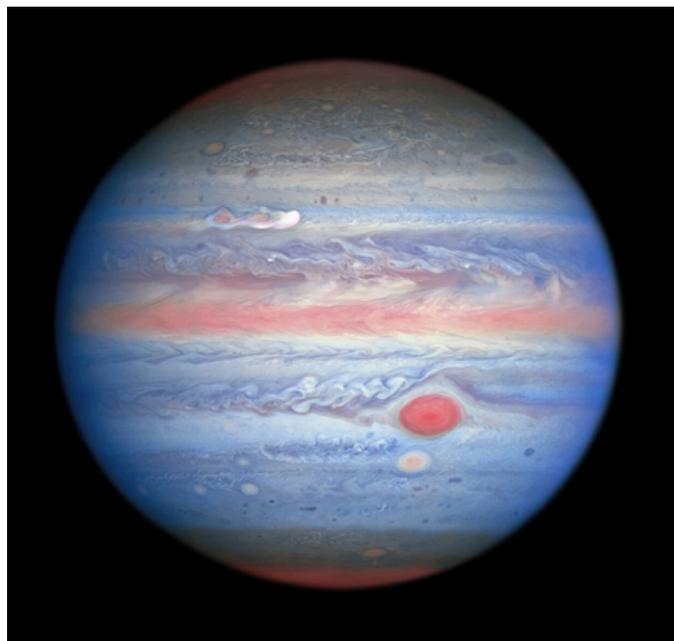
La prima immagine del coronografo Metis, a bordo di Solar Orbiter, è anche la prima immagine UV della corona solare estesa mai ottenuta.
Crediti: Solar Orbiter/Metis Team/ESA & NASA



MERCURIO SVELATO
 Il pianeta Mercurio negli scatti raccolti allo strumento Mercury Atmosphere and Surface Composition Spectrometer (MASCS) a bordo della sonda Messenger.
 Crediti: NASA/Johns Hopkins University/Carnegie

tiera nello spazio dopo la Luna. Lo studio di Marte raccoglie competenze e conoscenze complementari relative all'atmosfera, alla geologia e al sottosuolo. Inoltre, la presenza di acqua liquida sotto la superficie marziana – scoperta realizzata nel 2018 da un team a guida dell'Inaf grazie ai dati della sonda Mars Express – e l'evidenza che in passato questa molecola, fondamentale per la vita come la conosciamo sulla Terra, fosse presente anche in superficie rende questo pianeta rilevante dal punto di vista astrobiologico. Molti ricercatori sono (e saranno, in futuro) impegnati nello studio di Marte con

i dati acquisiti dalle missioni spaziali a esso dedicate: Mars Express (Esa), operativa sin dal 2004, Mars Reconnaissance Orbiter (Nasa), operativa dal 2006, e il programma ExoMars (Esa/Roscomos) che comprende il Trace Gas Orbiter (Tgo), in orbita intorno al Pianeta Rosso dal 2016, e il rover Rosalind Franklin, con strumenti dedicati all'astrobiologia e alla caratterizzazione geologica del sito di atterraggio. La partecipazione dell'Inaf a queste missioni include anche la leadership di diversi strumenti, tra cui la camera Cassis, gli spettrometri Pfs, Omega, Nomad e Ma_Miss, il radar Marsis e il sensore di



polvere Micromed. In particolare, la seconda missione del programma ExoMars – il cui lancio previsto per lo scorso settembre 2022 è stato rimandato a data da destinarsi, ma comunque non prima del 2028, a causa della sospensione della collaborazione fra Agenzia spaziale europea e Roscosmos – studierà il sottosuolo marziano fino a due metri di profondità, grazie al trapano e allo spettrometro interamente sviluppato in Italia, le proprietà della polvere atmosferica in prossimità della superficie e andrà alla ricerca di possibili firme biologiche. Infine, l'Inaf ha una partecipazione scientifica nelle missioni Nasa Mars 2020, operativa dal 2021 con il rover Perseverance, e Nasa/ Esa Mars Sample Return, prevista nel 2031.

CAPIRE LE ORIGINI GRAZIE A GIOVE

Giove e il suo sistema di satelliti rappresentano un punto chiave per la comprensione dell'origine e dell'evoluzione di tutto il Sistema solare, ma anche per lo studio di molti esopianeti, di cui i pianeti giganti sono considerati un analogo. Inoltre, alcuni dei satelliti di Giove e Saturno hanno un elevatissimo interesse astrobiologico, poiché ospitano oceani sotterranei di acqua liquida nei quali non si può escludere la presenza di vita, e sono quindi oggetto di specifiche roadmap di esplorazione della Nasa. Questa motivazione scientifica giustifica lo sforzo tecnologico necessario all'esplorazione di questi corpi. I pianeti esterni del Siste-

ma solare rappresentano infatti la frontiera più estrema dell'esplorazione spaziale: le missioni verso i giganti gassosi pongono una vera sfida tecnologica e scientifica, richiedendo un grande coinvolgimento degli istituti e delle agenzie spaziali, e un impegno – anche finanziario – rilevante. Si annoverano in questo campo importanti missioni di classe Large in cui l'Inaf è coinvolto. In particolare, Juno è una missione Nasa per lo studio di Giove e le sue lune, in orbita intorno al gigante gassoso dal 2016 e operativa fino al 2025, che ha l'obiettivo di comprenderne l'origine e l'evoluzione del pianeta, determinare la sua struttura interna e del suo eventuale nucleo solido. A bordo c'è Jiram, uno spettrometro nell'infrarosso a leadership Inaf per lo studio delle aurore e dell'atmosfera. I dati di Juno hanno reso possibili importanti scoperte sulla struttura interna, sul campo magnetico e sulla magnetosfera di Giove, svelando che le sue dinamiche atmosferiche sono molto più complesse di quanto gli scienziati pensassero in precedenza. La missione Esa Juice (Jupiter Icy Moon Explorer), alla quale ha fortemente collaborato l'Agenzia spaziale italiana, affiancata dalla comunità scientifica nazionale e dall'industria, è stata lanciata il 14 aprile 2023 e raccoglierà il testimone di Juno. Arriverà a destinazione nel 2031 e, oltre all'osservazione di Giove, ha come obiettivo specifico le tre lune Ganimede, Europa e Callisto per caratterizzare le con-

GIOVE TONANTE

Osservazioni a più lunghezze d'onda nella luce ultravioletta, visibile e vicino infrarosso del pianeta gassoso Giove, raccolte dal telescopio spaziale Hubble.

Crediti: NASA/ESA/A. Simon/M.H. Wong/OPAL team

I corpi minori – comete, asteroidi, meteore, oggetti trans-nettuniani – sono una delle chiavi principali nella comprensione dell'origine ed evoluzione del Sistema solare

dizioni che possono aver portato alla nascita di possibili ambienti abitabili sui satelliti gioviani ghiacciati. Anche in questo caso ci sono due strumenti in cui l'Inaf ha un ruolo di leadership: la camera Janus per l'*imaging* e lo spettrometro Majis.

L'IMPORTANZA DEI CORPI MINORI

I corpi minori – comete, asteroidi, meteore, oggetti trans-nettuniani – sono una delle chiavi principali nella comprensione dell'origine ed evoluzione del Sistema solare perché hanno conservato il materiale meno processato e più primordiale nel nostro sistema planetario. La comunità dell'Inaf è tradizionalmente molto attiva sia nelle osservazioni da Terra dei piccoli corpi sia nell'esplorazione di questi corpi con missioni spaziali dedicate, tra cui Rosetta dell'Esa – che ha realizzato il primo atterraggio morbido su una cometa, la 67P/Churyumov-Gerasimenko, seguendola e studiandola dall'orbita per oltre due anni – e Dawn della Nasa, che ha studiato da vicino il pianeta nano Cerere e il grosso asteroide Vesta. Per non parlare della sonda Dart (Double Asteroid Redirection Test) che lo scorso 26 settembre ha colpito con successo l'asteroide Dimorphos, satellite naturale dell'asteroide Didymos, modificandone la traiettoria e alterandone il periodo orbitale di ben 32 minuti. L'impatto è stato documentato dal cubesat dell'Asi, LiciaCube, di cui l'Inaf coordina il team scientifico. Dart è stata la prima missione di difesa planetaria mai intrapresa dalla Nasa, che ha segnato l'inizio di un'era in cui si potrà evitare che asteroidi di media grandezza cadano sulla Terra.

Altra missione degna di nota in cui l'Inaf è coinvolto è Comet Interceptor, per la quale Esa e Jaxa stanno collaborando, che prenderà un passaggio a bordo del razzo che lancerà il satellite Ariel. L'obiettivo è visitare una cometa primitiva, un oggetto mai arrivato nel Sistema solare interno e mai

studiato finora con una missione spaziale a causa delle tempistiche relativamente rapide di questi corpi. Per questo, la sonda sarà lanciata e "parcheggiata" nello spazio, a un milione e mezzo di chilometri dalla Terra, prima ancora di scegliere la sua destinazione: una cometa attualmente ancora sconosciuta, alla cui ricerca sono già dedicati svariati programmi di osservazione da terra.

L'attività dell'Inaf non si esaurisce nei temi menzionati finora, ma ha importanti estensioni nello studio degli aspetti riguardanti la materia presente nello spazio, con lo scopo di comprendere i meccanismi chimico-fisici che ne regolano la formazione ed evoluzione, mediante l'analisi di materiali analoghi e la simulazione dei processi radiativi e particellari. Le ricerche che si svolgono nei sei laboratori di astrofisica dell'Inaf, sebbene richiedano competenze specifiche delle varie tematiche studiate, hanno come denominatore comune la multidisciplinarietà. Questa attività rappresenta un aspetto fondamentale per lo studio delle tematiche che riguardano la chimica organica e il materiale di interesse astrobiologico nel mezzo interstellare e nei sistemi protoplanetari, inclusi i processi che governano l'evoluzione dei pianeti e dei corpi minori, tracciatori della formazione ed evoluzione del Sistema solare. La ricerca si articola su diversi ambiti che comprendono la simulazione delle condizioni fisico-chimiche sulle superfici di pianeti, asteroidi e comete, gli studi sulla formazione di composti organici complessi, inclusi quelli rilevanti per l'origine della vita, lo studio delle atmosfere, la caratterizzazione di materiali extraterrestri collezionati a Terra (meteoriti e particelle interplanetarie), o riportati a Terra dai programmi spaziali (come nel caso delle missioni "acchiappa-asteroidi" Nasa Osiris-Rex e Jaxa Hayabusa 2), fino alle tematiche più generali connesse con lo studio delle polveri e dei ghiacci presenti nel mezzo interstellare. ■