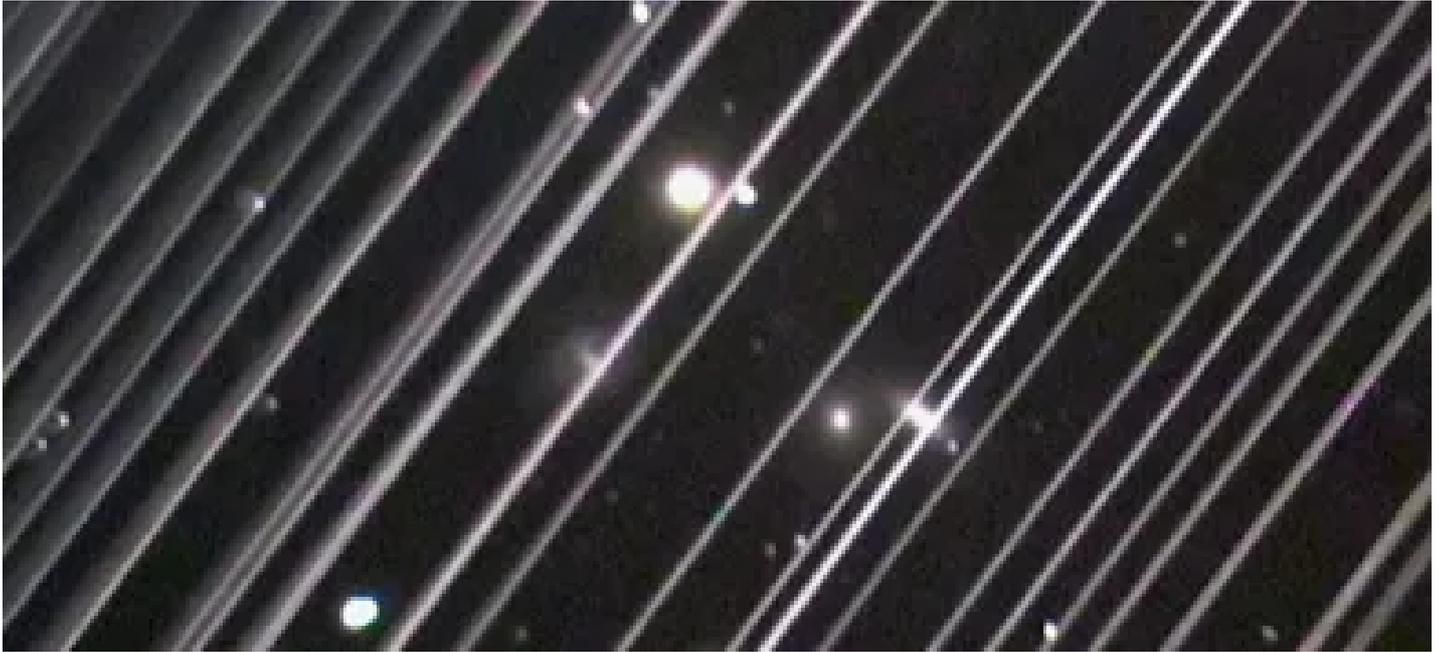


## Le costellazioni di satelliti potrebbero essere una minaccia esistenziale per l'astronomia di Rebecca Boyle/Scientific American



Le tracce di luce riflessa da decine di satelliti Starlink lanciati di recente oscurano un'immagine del gruppo di galassie NGC 5353/4, ripresa il 25 maggio 2019 durante un'esposizione di 25 secondi da un telescopio del Lowell Observatory in Arizona (Victoria Girgis/Osservatorio Lowell (CC BY 4.0))

Il numero sempre crescente di sciame di veicoli spaziali in orbita sta oscurando le stelle, e gli scienziati temono che nessuno farà nulla per fermarli e salvare la più antica delle scienze

L'astronoma Rachel Street ricorda di essersi spaventata dopo una recente riunione di pianificazione dell'Osservatorio Vera C. Rubin. Il nuovo telescopio di punta, in costruzione in Cile, fotograferà l'intero cielo ogni tre notti con una potenza di osservazione sufficiente a vedere una pallina da golf alla distanza della Luna. Il suo progetto principale, il Legacy Survey of Space and Time (LSST), mapperà la galassia, farà l'inventario di oggetti del sistema solare ed esplorerà misteriosi lampi, colpi e segnali lampeggianti in tutto l'universo.

Ma il telescopio di punta potrebbe non raggiungere mai i suoi obiettivi se il cielo si riempirà di stelle false. I nuovi nodi di costellazioni satellitari, come Starlink di SpaceX, minacciano di mettere in ombra i veri oggetti celesti che catturano l'interesse degli astronomi e che gli esseri umani hanno ammirato e su cui hanno meditato per tutta la storia.

"Più partecipo a riunioni su questo tema, in cui si spiega l'impatto che avrà, più mi spaventa il modo in cui l'astronomia andrà avanti", dice Street, scienziata dell'Osservatorio di Las Cumbres. Quando un'altra astronoma ha parlato di anticipare le osservazioni nel programma del telescopio, ha provato un senso di timore. I suoi colleghi suggerivano di effettuare le osservazioni di base in anticipo, prima che fosse troppo tardi per farle. "Questo mi ha fatto venire un brivido lungo la schiena", ricorda Street.

Mentre l'orbita terrestre bassa si riempie di costellazioni di satelliti per le telecomunicazioni, gli astronomi stanno studiando come fare il loro lavoro quando molti oggetti cosmici saranno praticamente oscurati dai pannelli solari scintillanti e dai *bip* radio dei satelliti. Recenti rapporti del gruppo dell'Osservatorio Rubin e del **Government Accountability Office** (GAO) statunitense dipingono un quadro terribile in cui l'astronomia, la prima scienza [apparsa nella storia dell'umanità, NdR], è direttamente minacciata. Gli astronomi sostengono che, se non controllate, le costellazioni satellitari metteranno a rischio non solo il futuro dell'Osservatorio Rubin (sia il suo potenziale di scoperta complessivo che i suoi componenti fisici), ma quasi tutte le campagne di osservazione dell'universo in luce visibile.

Secondo Jonathan McDowell, astronomo dello Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics che si occupa di satelliti, "la situazione va da pessima a terribile", a seconda del numero di satelliti che verranno lanciati nei prossimi anni e della loro luminosità. "Qualche migliaio di satelliti è una seccatura, ma centinaia di migliaia sono una minaccia esistenziale per l'astronomia terrestre."

I responsabili dei progetti dei telescopi stanno riscrivendo i programmi di pianificazione per evitare i nuovi sciami di satelliti, ma questo compito, già poco pratico, diventerà impossibile dato che il numero di veicoli spaziali in orbita terrestre bassa continuerà ad aumentare drasticamente nei prossimi anni. Gli astronomi stanno cercando di scrivere un *software* per eliminare le striature luminose dei satelliti dalle loro immagini a tutto campo. Ma anche questo sarà inutile se arriveranno in orbita i più recenti satelliti previsti; sono così luminosi che minacciano l'elettronica fondamentale delle fotocamere dei telescopi. E chi studia fenomeni diversi come la collisione di buchi neri e asteroidi vicini alla Terra teme che il suo lavoro diventi impossibile, perdendo scoperte entusiasmanti e minacce cosmiche. Gli astronomi parlano degli sciami di satelliti in termini sempre più inquietanti. "Come diceva *Chicken Little* [film d'animazione statunitense, NdR], il cielo sta cadendo. Ma invece di una ghianda [quella che aveva colpito il protagonista, convinto di essere stato colpito da un "pezzo di cielo", NdR], credo che stia davvero 'cadendo' il cielo", afferma Anthony Tyson, astronomo all'Università della California a Davis, e *chief scientist* dell'Osservatorio Rubin. Quando si tratta di lanciare l'allarme, "è probabilmente molto tardi. Potrei anche dire che è quasi troppo tardi".

La Terra dispone di satelliti artificiali dal lancio dello Sputnik 1 nell'ottobre 1957. In ogni momento, circa 5400 di essi orbitano attorno alla Terra, e più della metà di essi appartengono a società o agenzie statunitensi, secondo una **banca dati gestita dall'Union of Concerned Scientists**. La banca dati è stata aggiornata l'ultima volta nel gennaio 2022 e da allora sono stati lanciati molti altri Starlink, per cui questi numeri sono un po' troppo bassi. La maggior parte dei satelliti si trova in orbita terrestre bassa, ovvero in una zona inferiore ai 2000 chilometri di quota, dove i satelliti, compresa la Stazione spaziale internazionale, compiono un'orbita completa ogni ora e mezza circa.

A partire da maggio 2019, SpaceX ha iniziato a popolare questo piano orbitale con centinaia di satelliti Starlink, progettati per diffondere Internet e il servizio di telefonia cellulare in tutto il mondo.

Stando all'opera di tracciamento di McDowell, a ottobre, circa 3450 dei satelliti totali in orbita intorno alla Terra, più della metà, sono Starlink. I veicoli spaziali vengono lanciati in gruppi e orbitano intorno alla Terra in cosiddette costellazioni, perché sono distanziati in modo da poter lavorare insieme. Sia il numero dei satelliti che la loro luminosità pongono problemi all'astronomia. Sono visibili soprattutto subito dopo il lancio e possono essere visti scintillare nel cielo del crepuscolo come un piccolo treno abbagliante. Nelle fotocamere digitali dei telescopi, appaiono come strisce luminose che impediscono di osservare le stelle e gli oggetti astronomici e sovraespongono l'intero campo visivo. "È come se stessi guidando lungo la strada e stessi guardando attraverso il parabrezza e ci fosse un'auto in arrivo con i fari accesi", esemplifica Tyson. "Si perdono molte informazioni, non solo nella posizione dei fari, ma dappertutto, e anche gli occhi sono abbagliati."

Tra i progetti di astronomia terrestre l'Osservatorio Rubin, costato 473 milioni di dollari, è minacciato in modo particolare. L'avvio del telescopio è previsto per il 2024 e per allora decine di migliaia di satelliti medio-piccoli, tra cui Starlink e altri, potrebbero orbitare intorno alla Terra. La Legacy Survey of Space and Time prevista dall'osservatorio utilizzerà un telescopio di 8,4 metri combinato con una fotocamera digitale da 3,2 gigapixel, la più grande mai costruita, per catturare 1000 immagini del cielo ogni notte per un decennio. Ogni immagine coprirà 9,6 gradi quadrati di cielo, pari a circa 40 volte l'area della Luna piena. Il telescopio è destinato a trovare oggetti vicini alla Terra nuovi e potenzialmente minacciosi, nonché eventi transitori come le supernove e persino cose a cui nessuno ha ancora pensato, come dice Tyson. Ma queste osservazioni potrebbero essere "significativamente degradate dal ritmo allarmante" del dispiegamento di nuovi satelliti, secondo **un'analisi scritta principalmente da Tyson** e diffusa a settembre dal gruppo di ricerca dell'osservatorio Rubin.

**Un altro rapporto**, preparato dall'agenzia di controllo U.S. Government Accountability Office (GAO) e inviato al Congresso [il Parlamento, NdR] il 29 settembre, ha rilevato che le costellazioni di satelliti potrebbero danneggiare l'astronomia e causare impatti ambientali quando ricadono nell'atmosfera terrestre. "Con l'aumento dei satelliti in [orbita terrestre bassa], quasi tutti gli aspetti dell'astronomia ottica potrebbero essere influenzati negativamente", ha scritto il GAO. L'agenzia ha chiesto ulteriori

studi per valutare tutti gli effetti delle costellazioni di satelliti sulla ricerca astronomica, e nuove politiche che portino a regolamentazioni e standard. Ma molti astronomi temono che tali regole non arriveranno abbastanza presto, o non saranno abbastanza severe, per salvare l'astronomia terrestre.

Il primo e più importante fornitore di questi sciami di satelliti è SpaceX, che finora è anche l'unica azienda a collaborare pubblicamente con gli astronomi per cercare di oscurare i suoi satelliti. L'azienda ha lanciato DarkSat, un satellite più scuro che assorbe la luce, e rivestimenti antiriflesso per i pannelli solari. SpaceX non ha risposto a una richiesta di commento. Tra Starlink e altre società, come il fornitore di satelliti britannico OneWeb e una società cinese chiamata Galaxy Space, sono attualmente **in orbita più di 4000 satelliti** progettati per una copertura di rete simile a una costellazione. Secondo i permessi depositati presso la Commissione federale delle comunicazioni degli Stati Uniti e l'Unione internazionale delle telecomunicazioni, o ITU, da International Telecommunication Union, (le due principali agenzie di telecomunicazioni del mondo), nei prossimi anni è previsto il lancio di 431.713 satelliti in 16 costellazioni.

Le società satellitari sottolineano che quasi un terzo della popolazione mondiale – circa 2,9 miliardi di persone, secondo **un rapporto ITU del 2021** – non ha ancora mai utilizzato Internet. Le costellazioni di satelliti per le comunicazioni potrebbero cambiare la situazione. Ma la luce della costellazione Starlink, da sola, aggiungerà striature ad almeno il 30 per cento delle immagini realizzate dall'Osservatorio Rubin. Se arriveranno in orbita 400.000 satelliti, ogni immagine scattata nelle prime ore della sera avrà una striscia. La costellazione OneWeb orbiterà a un'altezza maggiore rispetto alle altre costellazioni, quindi sarà visibile per tutta la notte. (Anche OneWeb non ha risposto alla richiesta di un commento.) E anche se i programmi software possono cancellare i satelliti per recuperare i *pixel* che circondano le strisce luminose, gli errori di dati sui *chip* di rilevamento della luce rappresenteranno comunque un problema. "Gli operatori dei satelliti in [orbita terrestre bassa] rappresenteranno una minaccia significativa per la missione principale di LSST: la scoperta dell'inaspettato", conclude il **rapporto dell'Osservatorio Rubin**.

Gli astronomi e persino un'azienda privata stanno lavorando a un software in grado di eliminare alcune delle striature dei satelliti o di modificare la posizione del telescopio per evitarle. Ma è difficile da fare, perché i satelliti si muovono e appaiono in modo diverso con vari filtri colorati, oltre ad altri problemi. Meredith Rawls dell'Università di Washington lavora in un gruppo che invierà avvisi per i nuovi fenomeni che l'Osservatorio Rubin cattura nel cielo notturno, che potrebbero raggiungere i dieci milioni di avvisi per notte. Il software dovrebbe filtrarli e contattare automaticamente la comunità astronomica mondiale solo per eventi significativi, come asteroidi o supernove.

"Con le striature, si possono ottenere questi piccoli e strani blip-blip, che il nostro software riterrà essere un potenziale oggetto o una supernova, e li segnalerà. Ma si tratta solo di un satellite", spiega l'esperta. "Questo causerà un numero di falsi positivi superiore a quello che ci auguriamo di avere, e poi si inizia a cercare di indovinare: quanti? Saranno cinque a notte o 500 a notte? Non lo sappiamo."

Rawls ha lavorato a un progetto che ha fornito all'algoritmo di programmazione dell'osservatorio le posizioni note dei satelliti e ha scoperto che se gli operatori del telescopio sanno dove si trovano i satelliti, l'algoritmo può puntare il telescopio altrove per evitarli. Ma questo richiedeva uno sforzo tale da rischiare di bloccare l'intera filiera delle osservazioni, hanno scoperto Rawls e colleghi che hanno in programma di presentare i loro risultati alle "Astrophysical Journal Letters".

Meg Schwamb, astrofisica alla Queen's University di Belfast, è l'astronoma che ha proposto di effettuare gli studi sul crepuscolo dell'Osservatorio Rubin all'inizio dei suoi dieci anni di vita, facendo venire i brividi a Street. Il crepuscolo è il momento in cui gli asteroidi vicini alla Terra possono essere facilmente individuati e in cui l'Osservatorio Rubin potrebbe rilevarne molti di nuovi. La meteora di Chelyabinsk, per esempio, che ha sconvolto tutti quando è esplosa sopra la Russia nel 2013, è arrivata da una direzione simile a quella del Sole ed è proprio il tipo di oggetto per la cui rilevazione è stato progettato l'osservatorio Rubin. Ma le osservazioni parzialmente illuminate dal Sole saranno più difficili, perché in quel momento i pannelli solari delle costellazioni satellitari saranno illuminati.

"Non avrei mai pensato, come astronomo, di sostenere la necessità di fare le cose in anticipo perché non sappiamo come sarà il campo dei satelliti", ha detto Schwamb. Più spesso, gli astronomi prevedono di prolungare la durata di vita dei loro osservatori e di proporre nuove campagne negli

anni successivi. Invertire quest'ordine, assicurandosi invece che la scienza di base venga portata a termine prima che l'osservatorio sia accecato dalla luce, è contrario al modo in cui molti scienziati pianificano il loro lavoro, e persino la loro intera carriera. Schwamb paragona le costellazioni di satelliti alle pubblicità orbitali e sostiene che l'umanità deve capire come controllarle e cosa vogliamo che facciano. "Se non fosse Starlink, ma la Coca-Cola, ci andrebbe bene?", ha chiesto. "È anche una questione culturale più profonda. Elon Musk dovrebbe controllare ciò che la gente vede nel cielo notturno?"

Gli astronomi riconoscono che SpaceX ha provato una serie di metodi per oscurare i suoi satelliti, ma le navicelle sono ancora visibili e altri fornitori non stanno adottando strategie di mitigazione di questo tipo. Inoltre, i nuovi satelliti Starlink e quelli prodotti da altre aziende sono molto più grandi e luminosi. Il 10 settembre un'azienda chiamata AST SpaceMobile ha lanciato un prototipo, chiamato BlueWalker 3; potrebbe presto diventare l'oggetto più luminoso nel cielo notturno oltre alla Luna. Contiene una schiera di antenne di 64,4 metri quadrati, in grado di comunicare direttamente con i telefoni cellulari sulla Terra, e potrebbe superare in luminosità persino Giove quando BlueWalker 3 si dispiegherà completamente il 10 novembre. AST SpaceMobile spera di lanciare nei prossimi anni 168 satelliti ancora più grandi, chiamati BlueBirds. Un portavoce dell'azienda ha dichiarato che i test di BlueWalker 3 aiuteranno gli ingegneri a valutare i materiali del satellite e a giudicare la sua luminosità, aggiungendo che l'azienda sta collaborando attivamente con esperti del settore e con la NASA per mitigare i problemi di luminosità. AST SpaceMobile sta valutando materiali antiriflesso e modifiche alle operazioni per rendere i satelliti meno luminosi.

I satelliti BlueBird saranno molti di meno rispetto ad altre costellazioni, ma potrebbero rappresentare un tipo di problema diverso rispetto alle migliaia di satelliti più piccoli. Alcuni telescopi potrebbero essere in grado di evitare i BlueBird molto luminosi, così come le telecamere di alcuni telescopi sono progettate per evitare oggetti luminosi come i pianeti o la Luna. Ma centinaia di satelliti saranno più difficili da evitare. E un satellite luminoso che passa attraverso la lunga esposizione di una fotocamera digitale potrebbe friggere la sensibile elettronica della fotocamera.

"È chiaro che la tecnologia c'è. Se si volesse distruggere il cielo notturno, lo si potrebbe fare", dice McDowell. "Dipenderà dai dettagli delle scelte di queste aziende, e dai dettagli del contesto normativo, se ciò accadrà o meno. Dovremmo quindi discutere se questo sia accettabile."

Secondo molti astronomi, però, il ritmo della costruzione e del lancio dei satelliti è decisamente inadeguato rispetto al ritmo della ricerca astronomica, per non parlare della regolamentazione. "Tutti sono sempre più allarmati. Non sappiamo bene come muoverci, perché gli attori sono tanti", dice Aparna Venkatesan, cosmologa all'Università di San Francisco che studia anche astronomia culturale. "I tentativi di azione sono molto unilaterali. Gli astronomi tendono a fare le cose con molta lentezza e attenzione e a convocare conferenze e riunioni, e a quel punto sono state lanciate altre migliaia di satelliti."

Diversi astronomi sostengono che le nuove regole della FCC, che regola le comunicazioni satellitari negli Stati Uniti, non sarebbero sufficienti. Gli astronomi hanno collaborato con il Comitato delle Nazioni Unite per l'uso pacifico dello spazio extra-atmosferico (COPUOS), che ha tenuto una riunione sugli sciami di satelliti questa primavera, ma il processo procede a rilento. Secondo McDowell, se il COPUOS considera la protezione del cielo notturno parte della sua missione, allora gli Stati membri potrebbero essere incoraggiati a usare i propri quadri normativi nazionali per stabilire regole sul numero di satelliti luminosi che possono essere lanciati e sulla loro posizione.

Molti astronomi sperano che il loro campo possa essere salvato se gli operatori di costellazioni satellitari alla fine si ritireranno perché non c'è abbastanza gente che si iscrive ai loro servizi Internet. Oppure le aziende potrebbero collaborare per rallentare i lanci al fine di evitare i detriti spaziali, che limiterebbero l'accesso di tutti allo spazio. Ma la dura verità è che a questo punto non c'è molto che si possa fare per rallentare il lancio costante di costellazioni di satelliti e dei loro pannelli solari che riflettono il Sole.

Gli astronomi hanno persino fatto ricorso a una sorta di umorismo da forza per i prossimi anni. Diversi hanno sottolineato una perdita di satelliti avvenuta a febbraio, quando alcuni satelliti Starlink si trovavano in un'orbita bassa in preparazione al passaggio alle quote permanenti. Un brillamento

solare ha raggiunto la Terra e ha scatenato una tempesta di plasma negli strati più alti dell'atmosfera, causando un eccesso di resistenza atmosferica e interferenze radio; 40 satelliti sono **caduti a terra, bruciando**. Alla domanda su che cosa possano fare gli astronomi per prepararsi alla crescente flottiglia di satelliti, più di uno ha scherzato: "Aspettare il massimo solare", quando si prevede che l'attività del Sole aumenterà e causerà altre tempeste di questo tipo.

A meno che non si tratti di un problema di software o di una tempesta geomagnetica che metta fuori uso i satelliti, le modifiche fisiche al veicolo spaziale sono un modo per prevenire la contaminazione totale di ciò che si vuole osservare. Gli oggetti più piccoli sono più facili da eliminare per il software, e le quote orbitali più basse richiedono velocità più elevate per evitare che i satelliti cadano verso la Terra, il che significa che si allontanerebbero più rapidamente. I membri del gruppo dell'Osservatorio Rubin sperano che le aziende private costruiscano satelliti meno riflettenti e li parcheggino in orbite più basse, ma queste decisioni spetterebbero alle aziende; non ci sono leggi che le obblighino a farlo. Secondo Rawls, le aziende dovrebbero contattare gli astronomi per conto proprio e spiegare gli obiettivi dei loro progetti e il loro potenziale impatto sull'astronomia. "Come in una città, quando si vuole costruire una nuova pista ciclabile, ci vogliono tre anni perché si devono fare 700 incontri con le parti interessate. Mi piacerebbe che fosse così anche per lo spazio", aggiunge. "Ma in un certo senso, tutti coloro che guardano in alto sono parti interessate a questo progetto. E questo la rende una vera sfida."

Gli astronomi non hanno un'opinione monolitica sulla questione e i membri della comunità hanno espresso diversi livelli di consapevolezza e di allarme per le costellazioni satellitari. La quantità di timore dipende in parte dalla conoscenza dei satelliti e dal proprio interesse specifico, compresi gli osservatori interessati, dice McDowell. "Se la vostra scienza è come quella dell'Osservatorio Rubin, allora sì, il cielo sta probabilmente cadendo. Se la vostra scienza è la spettroscopia a campo stretto [che studia la luce delle stelle], non è così ovvio che il cielo stia cadendo, ma potrebbe ancora farlo", ha detto.

L'allarme si concentra sul futuro prossimo e, sebbene molte persone siano preoccupate, nessuno sa ancora quanto sarà grave, né quanto durerà il problema. Potrebbe semplicemente rappresentare un'anticipazione di ciò che accadrà nel cosmo in generale. Cosmologi come Tyson discutono sull'eventuale destino dell'universo. Uno scenario probabile è quello di un "grande congelamento", in cui tutta la materia viene spinta così lontano che le stelle si bruciano e si estinguono. Poiché l'universo si espande continuamente, accelerato dalla misteriosa forza chiamata energia oscura, il cosmo più ampio finirà per diventare invisibile dalla Terra. Se a quel punto rimarranno esseri umani, dovranno fare a meno del cielo stellato come mezzo per comprendere l'universo e se stessi. "Questa – dice Tyson riferendosi alle costellazioni satellitari – è una possibilità, ma molto presto il cielo sarà visivamente dominato da questi satelliti più che dalle stelle, e questo sarà vero indipendentemente dal fatto che si viva in città o in campagna. Il futuro è quello in cui il cielo scintilla costantemente, ovunque, a causa di tutti questi satelliti."

-----  
(L'originale di questo articolo è stato **pubblicato su "Scientific American" il 7 novembre 2022**. Traduzione ed editing a cura di "Le Scienze". Riproduzione autorizzata, tutti i diritti riservati.)