

LE RADIOGRAFIE DELLA NATURA.

Recenti studi mostrano che un fulmine emette lampi di raggi X mentre disegna nell'atmosfera i suoi zigzaganti canali conduttivi. Le energie dei raggi X arrivano a 250.000 elettronvolt, pari a circa due volte l'energia di una radiografia al torace.

# Fulmini dallo spazio

di Joseph R. Dwyer

Nuove ricerche dimostrano che il fulmine è un fenomeno straordinariamente complesso e sconcertante

**L**i fulmine è un prodotto particolarmente inquietante del cattivo tempo. Nei soli Stati Uniti causa più morti e feriti di quelli provocati da uragani e tornado, e colpisce senza alcun preavviso, talvolta addirittura a cielo quasi sereno. Nella Florida centrale, dove vivo, durante l'estate i temporali si scatenano praticamente ogni giorno, ed è un'ironia della sorte che gli abitanti del «Sunshine State», lo Stato soleggiato per antonomasia, si ritrovino spesso costretti a trascorrere i pomeriggi estivi chiusi in casa per evitare il rischio di morire folgorati. Complessivamente, in tutto il mondo, saettano circa quattro milioni di fulmini al giorno, e anche su altri pianeti sono stati osservati dei lampi. Tuttavia, nonostante la familiarità del fenomeno, ancora non possiamo dire di sapere per certo che cosa causi i fulmini.

È sbagliato pensare che Benjamin Franklin abbia risolto il mistero una volta per tutte nel 1752 con il suo celebre esperimento dell'aquilone. Per quanto Franklin abbia dimostrato che il fulmine è un fenomeno elettrico, gli scienziati stanno ancora cercando di capire come fanno i temporali a generarne la carica elettrica, e quindi, in definitiva, come si verifica il fulmine. I fisici hanno ipotizzato che i fulmini abbiano una sorta di miccia extraplanetaria: i raggi cosmici - particelle di alta energia che bombardano la Terra dallo spazio - indurrebbero cascate di elettroni ad alta velocità nell'atmosfera. Recentemente, è stata scoperta una nuova linea di indagine per lo studio dei fulmini: l'esame dei raggi X emessi quando il fulmine sfreccia dalle nubi al suolo. Negli ultimissimi anni, il nostro gruppo ha misurato i raggi X prodotti sia da fulmini naturali sia da lampi innescati artificialmente. A quanto suggeriscono i risultati, il fulmine disegna i suoi frastagliati percorsi conduttivi emettendo raffiche di elettroni ad alta velocità. Ma il modo in cui accelera questi elettroni è estremamente sconcertante.

### Più strani delle scintille

Per alcuni aspetti, i fulmini assomigliano a grosse scintille. Si pensi alle normali scintille che scoccano quando si tocca la maniglia di una porta dopo avere camminato su una moquette. Muovendosi sulla moquette, le suole delle scarpe asportano elettroni per sfregamento, causando un accumulo di carica elettrica che crea un campo elettrico tra chi cammina e gli altri oggetti presenti nella stanza. Per campi elettrici di piccola entità, l'aria costituisce un buon isolante e la corrente elettrica non può fluire in quantità apprezzabile. Quan-

do il dito sfiora la maniglia, però, il campo elettrico subisce un incremento locale, raggiungendo un valore critico di circa tre milioni di volt per metro: il cosiddetto campo di scarica disruptiva. L'aria diventa allora un conduttore elettrico e la scarica può verificarsi.

L'elettrizzazione che avviene nei temporali ha alcune somiglianze con l'esempio della moquette. All'interno dei temporali, il ruolo delle scarpe è svolto con ogni probabilità da particelle di ghiaccio e goccioline d'acqua che si spostano verso l'alto e verso il basso all'interno della nube. (L'esatto meccanismo è ancora oggetto di dibattito.) Urtando l'una contro l'altra, queste particelle possono portar via elettroni e quindi caricarsi elettricamente. Le cariche positive e negative vengono quindi separate dalle correnti ascensionali e dalla gravità, dando origine al campo elettrico. Quando tentiamo di spingere più a fondo l'analogia della maniglia, però, incontriamo un grosso problema: decenni di misurazioni effettuate da palloni, aerei e razzi sonda direttamente all'interno delle nubi hanno raramente riscontrato campi superiori a circa 200.000 volt per metro: troppo poco perché l'aria divenga elettricamente conduttiva.

Fino a non molto tempo fa, i ricercatori si erano concentrati su due spiegazioni per risolvere il dilemma. In primo luogo, è possibile che all'interno delle tempeste esistano campi più intensi, ma solo in volumi relativamente piccoli, che li renderebbero difficili da rilevare. Ma per quanto uno scenario del genere non possa essere escluso dalle osservazioni, non è comunque soddisfacente, poiché sostituisce un problema con un altro: come fanno le nubi a produrre campi elettrici così intensi in volumi così ridotti? La seconda spiegazione deriva da

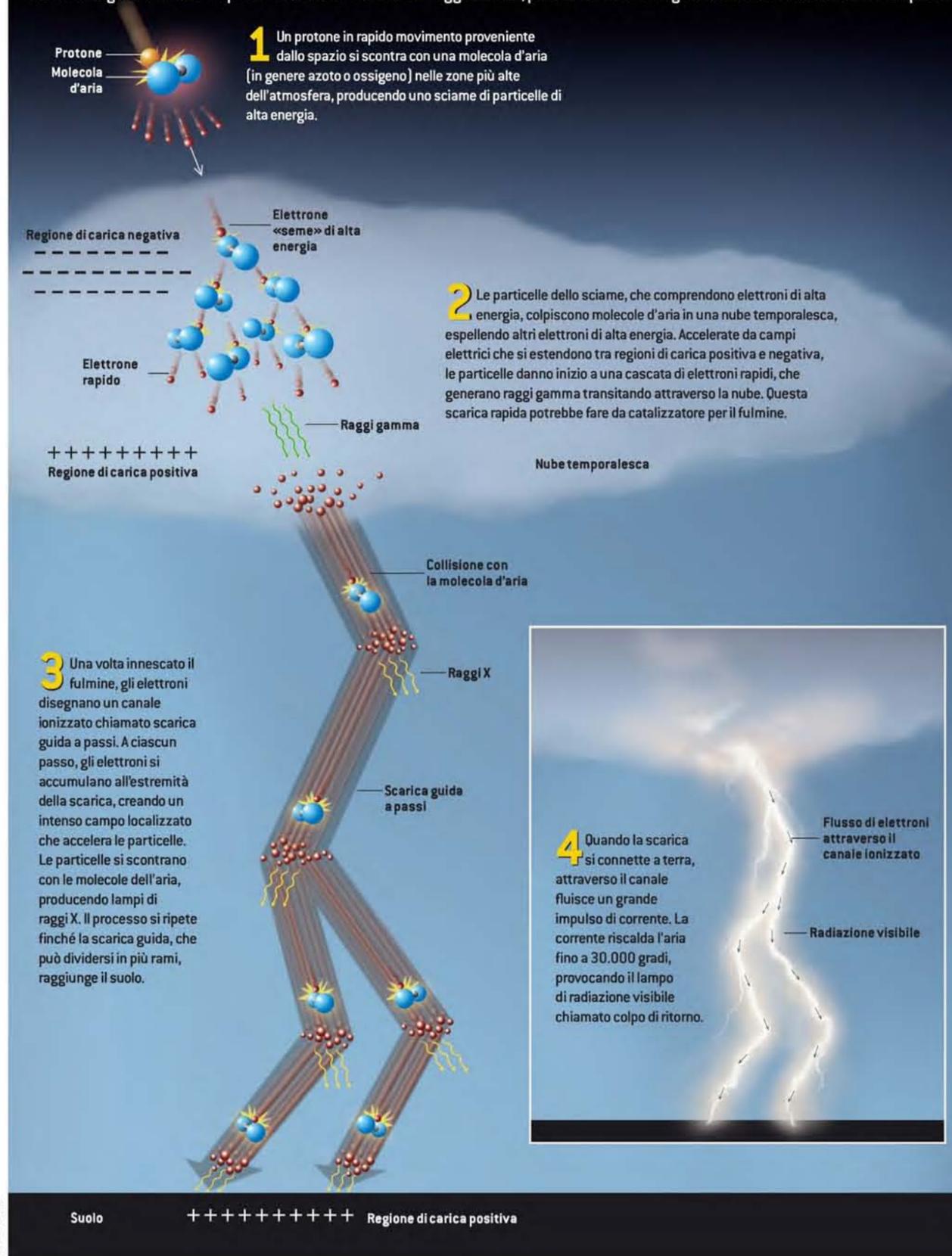
esperimenti di laboratorio che mostrano come il campo elettrico necessario a produrre una scarica si riduca significativamente quando nell'aria sono presenti goccioline o particelle di ghiaccio, come nei temporali. Purtroppo, l'aggiunta di pioggia o ghiaccio basta a spiegare solo parte della discrepanza; i campi elettrici presenti nei temporali sembrano ancora troppo deboli per generare una scarica convenzionale.

L'incertezza permane anche sul modo in cui i fulmini riescono a propagarsi attraverso l'aria per molti chilometri. Il processo inizia con la formazione di una scarica guida (*leader*), un canale caldo che può ionizzare l'aria e trasportare la carica elettrica su lunghe distanze (*si veda il box nella pagina a fronte*). Fatto interessante, la scarica guida non si propaga fino a terra in modo continuo, ma al contrario la sua traiettoria segue una serie di passi discreti. Come esattamente ciò possa accadere, resta alquanto misterioso. I tentativi di simulare questi processi attraverso modelli computerizzati non hanno avuto pieno successo e questo ha spinto molti ricercatori, compreso, a chiedersi se non avessimo per caso dimenticato qualcosa di importante. Per esempio, forse considerare il fulmine alla stregua di una scarica completamente convenzionale, come una scintilla verso una maniglia, non è corretto. Esiste infatti un altro tipo di scarica, più insolito: la cosiddetta scarica disruptiva rapida.

In una scarica convenzionale, tutti gli elettroni si muovono in modo relativamente lento in quanto sono impediti dalle loro costanti collisioni con le molecole dell'aria. Le collisioni creano una resistenza analoga a quella che si avverte quando si sporge la mano fuori dal finestrino di un'automobile in corsa: più veloce procede l'automobile, più intensa è la resistenza aerodinamica, e quando si rallenta la resistenza diminuisce. Ma se le velocità degli elettroni sono abbastanza alte (almeno sei milioni di metri al secondo, circa il due per cento della velocità della luce) la resistenza diminuisce all'aumentare della velocità degli elettroni (*si veda l'illustrazione a p. 69*). Se un campo elettrico intenso accelera un elettrone ad alta velocità, la resistenza diviene minore, il che consente all'elettrone di spostarsi ancora più velocemente, riducendo ulteriormente la resistenza, e così via. Questi elettroni rapidi possono accelerare fin quasi a raggiungere la velocità

## COME NASCONO I FULMINI

Alcuni ritengono che i fulmini possano essere innescati dai raggi cosmici, particelle di alta energia che bombardano la Terra dallo spazio.



## In sintesi/La natura del lampo

- I fulmini hanno sconcertato a lungo i fisici, perché i campi elettrici all'interno delle nubi temporalesche non sembrano avere un'intensità sufficiente a generare una scarica di corrente convenzionale.
- Nuove osservazioni dei raggi X emessi dai fulmini vanno a sostegno dell'ipotesi che il fulmine acceleri in qualche modo gli elettroni fin quasi alla velocità della luce, in un fenomeno chiamato scarica disruptiva rapida.
- Attualmente è in via di allestimento in Florida una schiera di rivelatori di raggi X destinati a studiare i processi che promuovono fulmini e ne consentono la propagazione.



## Il fulmine disegna i suoi frastagliati percorsi emettendo raffiche di elettroni ad alta velocità

della luce, acquisendo quantità enormi di energia e producendo appunto una scarica disruptiva rapida.

Perché questo avvenga, tuttavia, occorre una popolazione di elettroni «seme» con alte energie iniziali. Nel 1925, il fisico scozzese C.T.R. Wilson suggerì per primo che il decadimento degli isotopi radioattivi o le collisioni delle particelle dei raggi cosmici con le molecole dell'aria potrebbero generare elettroni di alta energia che sarebbero accelerati dai campi elettrici presenti all'interno delle nubi temporalesche. Il modello di Wilson, però, prevedeva che il decadimento radioattivo e le collisioni dei raggi cosmici producessero un numero di elettroni rapidi troppo esiguo per causare i fulmini.

Nel 1961 A.V. Gurevich dell'Istituto di fisica Lebedev di Mosca, ipotizzò un altro meccanismo per spiegare la produzione degli elettroni rapidi. Gurevich dimostrò che in campi elettrici molto intensi è possibile produrre un gran numero di elettroni rapidi accelerando direttamente l'onnipresente popolazione di elettroni liberi di bassa energia, superando così il problema della scarsità di elettroni di alta energia evidenziato da Wilson. Per generare gli elettroni rapidi, Gurevich usò un metodo brutale, in cui il campo elettrico era così intenso che alcuni degli elettroni di bassa energia erano rapidamente accelerati al di sopra della soglia di energia. La difficoltà insita in questo meccanismo è che richiede un campo elettrico circa 10 volte più intenso del convenzionale campo di scarica disruptiva: molto più intenso dei campi che si osservano nei temporali. In altre parole, sembrava che i fisici puntassero in una direzione decisamente sbagliata.

Finalmente nel 1992 è emersa una nuova idea. Insieme a G.M. Milikh dell'Università del Maryland e R. Roussel-Dupré del Los Alamos National Laboratory, Gurevich ha proposto il modello a valanga relativistica di elettroni rapidi (RREA, *Relativistic Runaway Electron Avalanche*). In questo scenario, sono gli stessi elettroni

rapidi a generare altri elettroni «seme» di alta energia, scontrandosi violentemente con le molecole dell'aria e strappando via da esse altri elettroni di alta energia. Questi ultimi accelerano ed entrano in collisione con altre molecole dell'aria, producendo nuovi elettroni «seme» di alta energia, e così via. Il risultato è una grande valanga di elettroni di alta energia che cresce esponenzialmente con il tempo e la distanza. Dato che questo processo può essere scatenato anche da un solo elettrone «seme», il fondo costante di collisioni dei raggi cosmici e i decadimenti radioattivi sarebbero sufficienti a innescare una valanga di elettroni rapidi. E finché la valanga resta in una regione con un forte campo elettrico, continuerà a crescere quasi indefinitamente, dando luogo a una scarica disruptiva rapida.

Inoltre, a differenza della precedente ipotesi di Gurevich, questo nuovo modello di scarica disruptiva rapida richiede un campo elettrico pari a un decimo di quello necessario per una scarica disruptiva convenzionale in aria secca. Alle quote tipiche dei temporali, dove la densità dell'aria è inferiore che al livello del mare, il campo elettrico necessario per una scarica disruptiva rapida è di circa 150.000 volt per metro, che rientra tranquillamente nell'arco di variabilità dei valori misurati all'interno delle nubi. In effetti, probabilmente non è una coincidenza che il massimo campo elettrico osservato all'interno delle nubi e il campo necessario per la scarica disruptiva rapida siano pressoché equivalenti: i miei calcoli dimostrano che quest'ultima potrebbe efficientemente scaricare il campo elettrico se esso dovesse salire a un livello molto più alto.

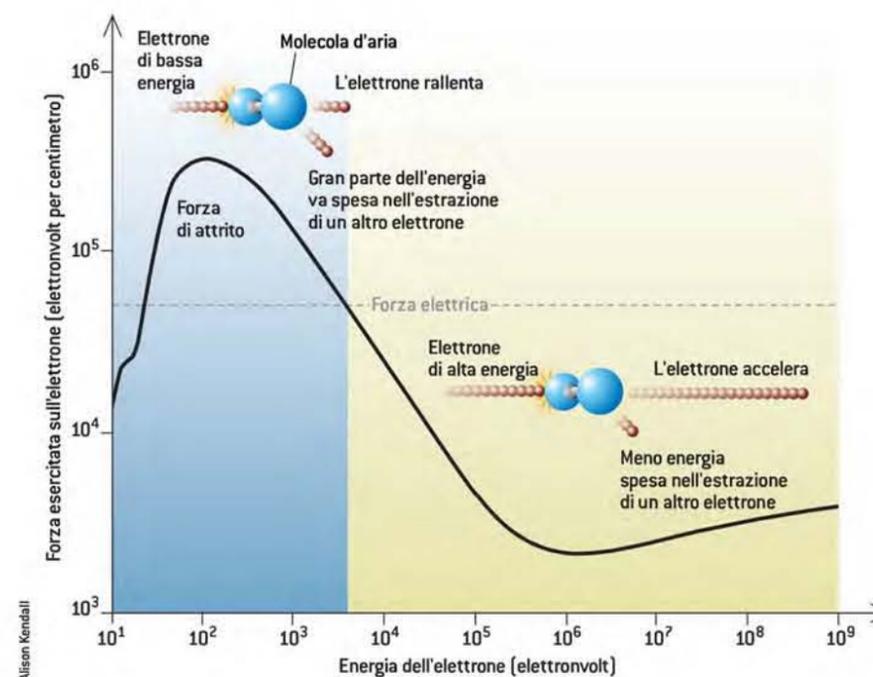
In una scarica normale, tutti gli elettroni hanno basse energie e si spostano piuttosto lentamente, per cui la radiazione elettromagnetica emessa dalla scintilla si estende al massimo nell'ultravioletto. In una scarica disruptiva rapida, invece, gli elettroni ad alta velocità ionizzano grandi numeri di molecole dell'aria e producono

raggi X e raggi gamma altamente energetici. (Questo fenomeno è noto come *Bremsstrahlung*, che in tedesco significa «radiazione di frenamento».) Di conseguenza, un modo per verificare se si è in presenza di una scarica disruptiva rapida è la ricerca di raggi X.

### Cacciatori di saette

Spinti dall'ipotesi di Wilson e successivamente dal lavoro di Gurevich, i ricercatori tentano di osservare raggi X emessi da temporali e fulmini sin dagli anni trenta. Queste misurazioni sono molto impegnative e fino a poco tempo fa hanno prodotto risultati perlopiù ambigui. Un problema è che i raggi X non percorrono lunghe distanze nell'atmosfera e normalmente sono assorbiti entro poche centinaia di metri dalla sorgente di emissione. Un altro ostacolo è che i temporali sono ambienti rumorosi dal punto di vista elettromagnetico. I fulmini, in particolare, emettono grandi quantità di rumore in radiofrequenza, causando il familiare crepitio nelle radio a modulazione di ampiezza a distanza di molti chilometri. Il rilevamento dei raggi X comporta la registrazione di piccoli segnali elettrici; tentare misure simili nelle vicinanze di un fulmine è come cercare di seguire una conversazione in un locale affollato. Dato che è difficile distinguere segnali elettrici reali prodotti da raggi X da segnali spuri prodotti da emissioni in radiofrequenza, molti dei primi risultati non furono accettati senza resistenza.

La situazione si fece più interessante negli anni ottanta, quando G.K. Parks, M. McCarthy e loro collaboratori all'Università di Washington effettuarono osservazioni da aereo all'interno dei temporali. Più tardi, K.B. Eack, ora al New Mexico Institute of Mining and Technology (NMT), fece una serie di misurazioni con palloni sonda all'interno di nubi temporalesche. Le ricerche fornirono indizi convincenti che i temporali producevano occasionalmente grandi scariche di raggi X; la loro



GLI ELETTRONI RAPIDI aprono la via allo scoccare dei fulmini. A basse energie, gli elettroni perdono più energia in seguito alle collisioni con le molecole dell'aria di quanta ne acquisiscano per l'azione del campo elettrico. Ma dato che questa resistenza diminuisce a energie più alte, il campo elettrico può accelerare elettroni di alta energia fin quasi alla velocità della luce.

sorgente non poteva essere individuata con precisione, ma le radiazioni sembravano essere associate ai campi elettrici potenziati all'interno delle nubi. Fatto interessante, a volte le emissioni di raggi X iniziavano appena prima che venisse osservato il fulmine e si arrestavano una volta che era scoccato, forse perché il fulmine cortocircuitava i campi elettrici necessari a produrre la scarica disruptiva rapida.

Non si conoscono altri meccanismi in grado di produrre quantità così grandi di raggi X nella nostra atmosfera. La responsabilità non può essere di altri fenomeni associati ai fulmini; per quanto i fulmini possono riscaldare l'aria fino a 30.000 gradi Celsius – cinque volte la temperatura alla superficie del Sole – a questa temperatura non vengono pressoché prodotti raggi X.

La connessione diretta tra raggi X e fulmini è stata trovata finalmente nel 2001, quando C.B. Moore e i suoi colleghi all'NMT hanno riferito di aver osservato radiazioni ad alta energia, presumibilmente raggi X, provenienti da fulmini naturali che avevano colpito la vetta di un'alta montagna. A differenza delle precedenti osservazioni da aereo e da palloni sonda, queste radiazioni ad alta energia apparivano

prodotte dal fulmine stesso, e non dai campi elettrici a grande scala presenti all'interno della nube temporalesca. Inoltre, le emissioni sembravano verificarsi durante la prima fase del fulmine, quella costituita dal movimento della scarica guida dalla nube al suolo. Questa osservazione era un qualcosa di totalmente nuovo.

È stato a questo punto che sono entrato in gioco io. Come fisico, mi sono sempre interessato alle modalità di produzione dei raggi X e dei raggi gamma. Benché queste radiazioni siano comuni nello spazio, dove il vuoto consente alle particelle di alta energia di viaggiare senza impedimento, sulla Terra sono molto più rare. Sono quindi rimasto affascinato dal modello della scarica disruptiva rapida di Gurevich, Milikh e Roussel-Dupré, secondo cui lo stesso tipo di raggi X prodotti da eventi come i brillamenti solari poteva aver origine anche da temporali e fulmini. Studiando i temporali della zona in cui vivo, ho deciso di verificare per conto mio se questi presunti raggi X esistevano veramente.

Nel 2002, grazie a un finanziamento della National Science Foundation, il mio gruppo al Florida Institute of Technology, in collaborazione con Martin A. Uman e

Vladimir A. Rakov dell'Università della Florida, ha iniziato una campagna sistematica per cercare le emissioni di raggi X da fulmini. Per ridurre il problema dei segnali elettromagnetici spuri, abbiamo collocato rivelatori sensibili di raggi X all'interno di spessi contenitori di alluminio progettati per escludere l'umidità, la luce, e il rumore in radiofrequenza. I nostri strumenti sono stati poi messi a punto all'International Center for Lightning Research and Testing (ICLRT) di Camp Blanding, in Florida, che è attrezzato per misurare, tra l'altro, i campi elettrici e magnetici e le emissioni ottiche associate ai fulmini. Inoltre, il centro è in grado di innescare artificialmente fulmini da temporali naturali con l'uso di piccoli razzi.

Quando un temporale sovrasta l'ICLRT e il campo elettrico al suolo raggiunge diverse migliaia di volt per metro, i ricercatori lanciano un razzo della lunghezza di un metro da un tubo d'acciaio in cima a una torre di legno. Il razzo srotola una bobina di filo di rame rivestito in Kevlar, un'estremità del quale resta attaccata al suolo. Quando il razzo arriva a 700 metri di quota, il filo incrementa il campo elettrico alla punta del razzo, provocando una scarica guida che si propaga verso l'alto facendosi strada all'interno della nube temporalesca. La corrente elettrica che risale da terra nella scarica guida vaporizza rapidamente il filo. Circa metà dei lanci riesce a innescare un fulmine dalle nubi sovrastanti, e la folgore colpisce in genere il tubo di lancio del razzo.

Sia i fulmini naturali sia quelli provocati dall'uomo di solito sono composti da diversi «colpi». Per i fulmini artificiali, ciascun colpo inizia come una colonna di carica che si propaga verso il basso, detta *dart leader* (freccia guida), che in prossimità del suolo, segue più o meno il percorso del razzo e del filo di innesco. Il *dart leader* porta in basso carica negativa dalla nube e muovendosi ionizza il canale. Una volta che il *dart leader* si connette a terra, si crea un corto circuito e un grande impulso di corrente, detto colpo di ritorno, scorre attraverso il canale. La corrente nel colpo di ritorno riscalda rapidamente il canale, causando la luce visibile che vediamo, e la successiva rapida espansione dell'aria calda provoca il tuono. Dopo il colpo di ritorno, può seguire un altro *dart leader*, e l'intero processo si ripete. La rapida succes-



## Queste ricerche potrebbero risolvere il rompicapo affrontato da Benjamin Franklin 250 anni fa

sione di colpi è ciò che provoca il tremolio del canale del fulmine.

Nel fulmine naturale, il ruolo del razzo è svolto da uno *stepped leader* (scarica guida a passi), che fa procedere il percorso ionizzato per passi zigzaganti dalla nube al suolo. I successivi colpi del fulmine naturale, tuttavia, sono scatenati da un *dart leader*, e ciò li rende molto simili ai colpi del fulmine innescato artificialmente. Il vantaggio di studiare quest'ultimo è che si possono controllare il tempo e il luogo esatti del colpo di fulmine e l'esperimento può essere ripetuto più volte.

Data la lunga storia di risultati negativi e ambigui sui raggi X, quando abbiamo approntato i nostri strumenti all'ICLRT per la prima volta non mi aspettavo di misurare una qualsiasi emissione di raggi X dai fulmini. Con mia grande sorpresa, abbiamo invece scoperto subito che i fulmini innescati artificialmente producono raggi X in enorme quantità pressoché in ogni istante. Anzi, i lampi di raggi X erano così intensi che i nostri strumenti rimanevano temporaneamente accecati dalle radiazioni.

Esperimenti condotti l'anno seguente hanno dimostrato che l'emissione di raggi X è prodotta dai *dart leader* del fulmine, forse con qualche contributo dall'inizio dei colpi di ritorno. Le energie dei raggi X arrivano a circa 250.000 elettronvolt, pari a circa due volte l'energia di una radiografia al torace. Inoltre, l'emissione di raggi X non è continua ma avviene in rapidi scatti distanziati di un milionesimo di secondo. Se gli esseri umani avessero la vista a raggi X come Superman, un fulmine ci apparirebbe del tutto diverso da come siamo abituati a vederlo: mentre la scarica guida del fulmine si propaga verso il basso, osserveremmo una rapida serie di lampi chiari in discesa dalle nubi. I lampi diverrebbero sempre più forti con l'avvicinarsi al suolo, terminando in un'esplosione molto intensa in corrispondenza dell'istante di inizio del colpo di ritorno. L'impulso di corrente successivo sarebbe brillante in luce visibile, ma apparirebbe nero nei raggi X.

L'osservazione di raggi X dai fulmini indica che qualche forma di scarica disruptiva rapida deve essere coinvolta per accelerare gli elettroni a sufficienza da produrre radiazione di *Bremsstrahlung*. Tuttavia, le nostre misurazioni non quadrano del tutto con il modello RREA sviluppato da Gurevich, Milikh e Roussel-Dupré, da cui erano partiti i nostri esperimenti. I raggi X che avevamo osservato avevano energie molto più basse di quelle previste dal modello della valanga, e l'intensità degli scatti era molto più alta del previsto. In realtà, i risultati suggeriscono che i campi elettrici prodotti dalle scariche guida siano molto, molto più grandi di quanto si ritenesse possibile in precedenza. Per ironia della sorte, i nostri esperimenti sembrano indicare finora che il meccanismo operante nei fulmini guida è più vicino al vecchio modello della scarica disruptiva rapida proposto da Gurevich nel 1961: il modello che richiedeva la presenza di un campo elettrico troppo grande, e per questo era stato tenuto in poco conto. Come facciamo esattamente i fulmini a generare campi elettrici così intensi rimane un mistero, ma nuove osservazioni nei raggi X potrebbero offrire qualche indizio.

Dopo la scoperta dei raggi X emessi dai fulmini artificiali, abbiamo osservato anche molti colpi di fulmine naturali. Questi dati hanno mostrato belle emissioni di raggi X dalla fase di *stepped leader*, confermando le precedenti misurazioni dell'NMT. Inoltre, i raggi X arrivano in rapide raffiche esattamente negli istanti in cui il *leader* avanza, il che dimostra che la scarica disruptiva rapida è coinvolta nel processo di avanzamento per passi, determinando dove andrà a colpire il fulmine e in che modo si ramificherà. Un meccanismo simile è anche operante durante le fasi di *dart leader* dei colpi successivi.

In breve, le emissioni di raggi X dai fulmini naturali sono molto simili a quelle dei fulmini innescati artificialmente. Sta diventando chiaro che la scarica disruptiva rapida è un fenomeno comune nella

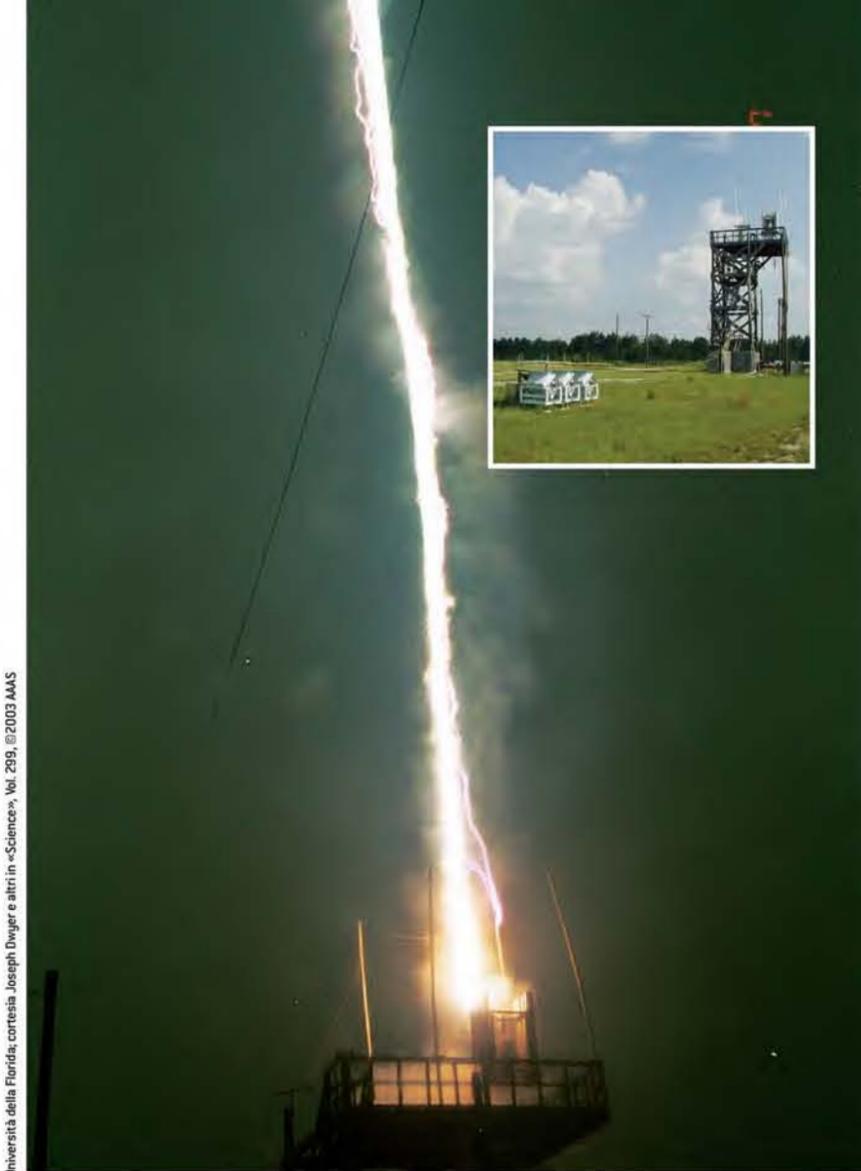
nostra atmosfera. A dispetto del fatto che le molecole dell'aria impediscono l'accelerazione degli elettroni veloci, abbiamo evidenze di scarica disruptiva rapida anche in prossimità del suolo, dove la densità dell'aria è massima. Pertanto, a quote di temporale la scarica disruptiva rapida può verificarsi anche più frequentemente.

### Dentro il temporale

Come si innescano i fulmini all'interno delle nubi temporalesche? Negli ultimi anni, sono stati costruiti modelli che mostrano in che modo gli sciami di particelle creati dagli impatti dei raggi cosmici sull'atmosfera potrebbero dare inizio alla scarica disruptiva rapida. Dato che grandi valanghe di elettroni rapidi possono prodursi a partire anche da un solo elettrone «seme» di alta energia, la scarica innescata da un grande sciame di raggi cosmici, dove milioni di particelle di alta energia arrivano simultaneamente, deve essere enorme. Una tale scarica potrebbe generare un incremento localizzato del campo elettrico in corrispondenza del fronte della valanga, dato il grande incremento della carica elettrica in quella sede. Questo incremento può svolgere lo stesso ruolo del dito che sfiora la maniglia, aumentando brevemente il campo elettrico fino al punto in cui può avere luogo una scarica disruptiva convenzionale.

Un'affascinante prova a conferma dell'ipotesi di scarica disruptiva rapida all'interno delle nubi temporalesche è venuta dagli esperimenti condotti la scorsa estate. Durante l'ultimo lancio di razzo della stagione, abbiamo colto casualmente un enorme scoppio di radiazioni a energia molto alta - raggi gamma, non raggi X - usando tre rivelatori collocati a 650 metri dal canale del fulmine. Le energie dei singoli fotoni di raggi gamma arrivavano a oltre 10 milioni di elettronvolt: circa 40 volte le energie dei raggi X precedentemente osservati dai fulmini guida.

In base alle misurazioni della corrente



Università della Florida; cortesia Joseph Dwyer e altri in «Science», Vol. 299, ©2003 AAAS

L'INNESCO ARTIFICIALE DI UN FULMINE all'ICLRT, in Florida, avviene lanciando un piccolo razzo da una torre in legno (nel riquadro) durante un temporale. Salendo, il razzo srotola un filo che conduce corrente dal suolo, creando un percorso per il fulmine. Strumenti collocati nelle vicinanze misurano l'energia e l'intensità dei raggi X emessi.

### L'AUTORE

JOSEPH R. DWYER è professore associato di fisica e scienze dello spazio al Florida Institute of Technology. Dopo aver conseguito il dottorato in fisica all'Università di Chicago nel 1994, ha lavorato come ricercatore alla Columbia University e all'Università del Maryland per poi trasferirsi in Florida nel 2000. Ha lavorato nel campo della fisica dei raggi cosmici, dell'astronomia a raggi X e raggi gamma e della fisica spaziale.

### PER APPROFONDIRE

MACGORMAN D.R. e RUST W.D., *The Electrical Nature of Storms*, Oxford University Press, Oxford, 1998.

UMAN M.A., *The Lightning Discharge*, Dover Publications, 2001.

DWYER J.R. e altri, *Energetic Radiation Produced during Rocket-Triggered Lightning*, in «Science», Vol. 299, pp. 694-697, 31 gennaio 2003.

RAKOV V.A. e UMAN M.A., *Lightning: Physics and Effects*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

del canale del fulmine, dei campi elettrici e alle proprietà dei raggi gamma, abbiamo dedotto che la sorgente delle emissioni fosse probabilmente a molti chilometri di quota nella nube temporalesca. Non ci aspettavamo di osservare raggi gamma da quell'altitudine in quanto l'atmosfera assorbe tali radiazioni, ma a quanto pare l'intensità alla sorgente era così grande che alcuni fotoni erano in grado di farsi strada fino al suolo.

Questa scoperta suggerisce che possa essersi verificata entro la nube temporalesca una imponente scarica disruptiva rapida, in un processo correlato all'innescato del fulmine artificiale. Le nostre osservazioni dimostrano che è possibile studiare questo fenomeno al suolo, il che è molto più semplice che inviare in quota rivelatori su aerei o palloni sonda. Inoltre, alcuni ricercatori hanno recentemente riferito che la sonda spaziale Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI) ha rilevato simili scoppi di raggi gamma associati a temporali da un'orbita alta 600 chilometri!

Grazie al finanziamento extra concesso dalla National Science Foundation, stiamo ora aumentando il numero di strumenti a raggi X dell'ICLRT da cinque a più di 36, coprendo un chilometro quadrato del sito di Camp Blanding. Questo dovrebbe migliorare la nostra capacità di studiare i fulmini naturali e anche quelli innescati artificialmente e aumentare le probabilità di rilevare più scoppi di raggi gamma dalle nubi temporalesche. Le emissioni di raggi X e di raggi gamma possono servire da sondaggio per aiutare a determinare i campi elettrici in regioni che sono altrimenti molto difficili da misurare. I risultati dovrebbero consentirci di capire meglio il processo di scarica disruptiva che dà inizio al fulmine e ne facilita la propagazione.

L'uso di raggi X per studiare i fulmini è ancora ai primi passi, e ogni volta che effettuiamo un esperimento scopriamo qualcosa di nuovo. Abbiamo già capito che il fulmine non è una semplice scintilla come quella che scocca quando si sfiora una maniglia, ma comporta un tipo più insolito di scarica che produce elettroni rapidi e raggi X. E poiché i raggi X ci consentono di guardare al fulmine in modo inedito, questa ricerca potrebbe finalmente aiutarci a risolvere il rompicapo affrontato da Benjamin Franklin 250 anni fa. ■