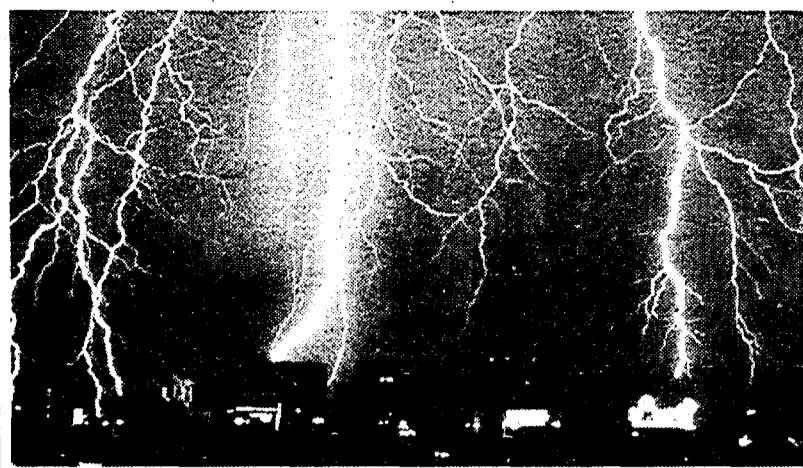




### Laser e medicina Per non russare più una nuova cura dagli Stati Uniti

Una cura dagli Usa per chi russa: il laser è stato applicato con successo per eliminare le cause del fastidioso rumore. L'intervento consiste nella bruciatura di alcuni tessuti nei condotti che collegano naso e bocca e la ricostruzione dei canali per consentire un più libero flusso d'aria. Ci vogliono quattro o cinque sedute di 10 minuti ciascuna, in anestesia locale, e l'operazione non provoca che un leggero mal di gola per alcuni giorni. Nel 90 per cento dei casi, l'eliminazione dei tessuti eccessivi nell'ugola e nel palato molle mette a tacere anche i più irriducibili. La tecnica è stata sviluppata dai ricercatori della Vanderbilt University a Nashville (Tennessee) e del St. Luke's Roosevelt Hospital di New York. I risultati sono stati presentati al convegno dell'Accademia americana di otorinolaringoiatria, in corso a Minneapolis.

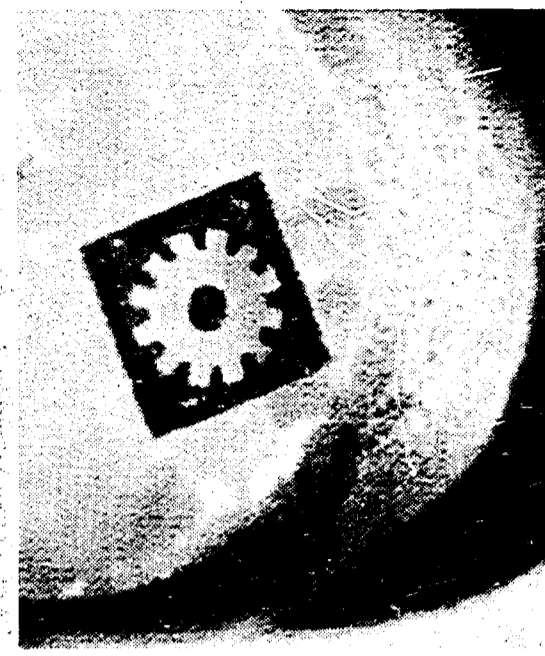


### Fulmini e saette, che caldo!

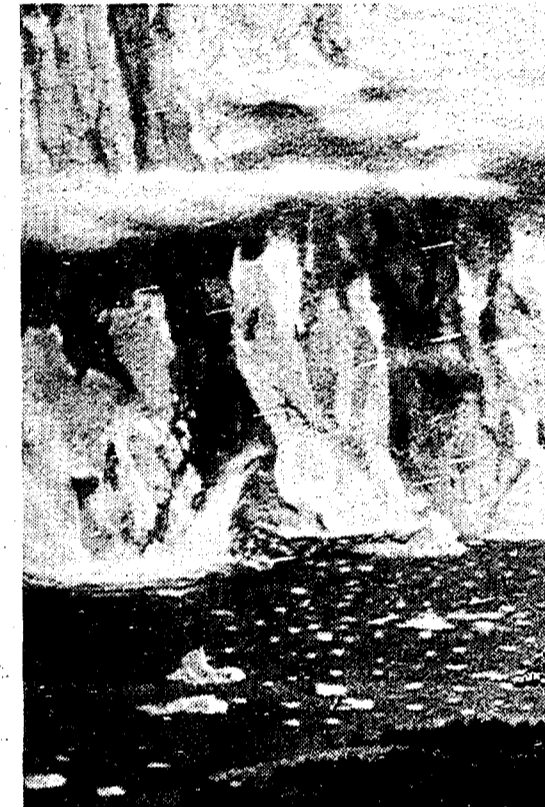
La quantità di lampi dipende dalla temperatura media globale della Terra. Il legame tra l'attività elettrica e la temperatura della superficie terrestre avviene attraverso una corrente di convezione. Maggiore è la temperatura, con più forza la corrente di convezione attraversa l'atmosfera e maggiore è il numero di lampi che si sprigiona.

### Macchine Micro robot costruito in diamante

Una macchina microscopica, grande non più della sezione di un capello? Perché no? Ma allora, perché non costruirla in diamante? Ci ha pensato Paul Christensen, presidente del Potomac Photonics Inc. di Lanham nel Maryland. E con un raggio laser ha inciso in un diamante una rotella che ha un diametro di 300 micron. Il vantaggio rispetto alle macchine microscopiche (le nanomacchine) costruite finora è nella maggiore resistenza del diamante. Un micro robot costruito in questo modo potrebbe essere utilizzato in situazioni estreme e lavorare senza problemi di resistenza alle pressioni o agli urti.



## Ere glaciali ed effetto serra: le variazioni climatiche nel mondo



# Una Terra dal tempo incerto

Il problema di che cosa provochi l'inizio e la fine delle ere glaciali ha una grande importanza per la comprensione del nostro passato e forse anche per prepararci al futuro. Tra le ipotesi la più probabile è quella che cerca una risposta nelle sottili variazioni del moto di rotazione della Terra e della sua orbita intorno al Sole. Il clima terrestre in bilico tra il freddo glaciale e il calore dell'effetto serra.

PAOLO FARINELLA

Tutta la storia della Terra sembra attraversata da un succedersi di periodi climatici molto diversi fra loro: in particolare, il nostro pianeta ha attraversato molte epoche di "grande freddo", con una gran parte della sua superficie stretta nella morsa di coltri di ghiaccio perenne. Ottomila anni fa, la fine dell'ultima era glaciale ha marcato l'inizio di quella che oggi chiamiamo "civiltà": l'affermarsi dell'agricoltura e dell'allevamento come mezzi principali di sostentamento, il sorgere delle prime grandi città, l'invenzione della scrittura... Il problema di che cosa provochi l'inizio e la fine delle ere glaciali ha quindi una grande importanza per la comprensione del nostro passato e forse anche per prepa-

se le continue variazioni del clima terrestre che sono evidenti nella storia del nostro pianeta e della biosfera non abbiano in ultima analisi delle cause di tipo astronomico. Come vedremo, la risposta a questa domanda è quasi certamente positiva: ma questa scoperta, più che risolvere un problema, ne ha aperti altri di estremamente complessi.

La Terra si muove nel punto della sua orbita più vicino al Sole (perielio) all'inizio di gennaio, e si potrebbe pensare che ciò causi un'asimmetria fra l'emisfero Nord e quello Sud, nel senso che gli inverni dell'emisfero Nord sarebbero un po' più caldi e le estati un po' più fresche. Ma quest'effetto è quasi esattamente bilanciato da quello dovuto alla velocità variabile della Terra, prevista dalla seconda legge di Keplero: poiché la Terra si muove più rapidamente vicino al perielio, l'inverno nell'emisfero Nord è (dal punto di vista astronomico) un po' più corto che nell'emisfero Sud. Nel 1840 il matematico francese J. Adhemar aveva ipotizzato che l'eccentricità dell'orbita terrestre potesse spiegare come mai la regione artica si trova ricoperta da ghiacci perenni

mentre l'emisfero settentrionale gode di condizioni relativamente più miti, quelle che i climatologi associano ai periodi interglaciali (cioè agli intervalli più caldi fra una glaciazione e l'altra). Ma la situazione è più complicata.

A causa dell'attrazione del Sole e della Luna e della forma non sferica (leggermente appiattita ai poli) del nostro pianeta, il suo asse di rotazione non rimane fisso nello spazio, ma si muove in modo abbastanza complesso: da una parte

gira intorno a un asse perpendicolare all'orbita terrestre, descrivendo un cono completo in un periodo di circa 25.000 anni (si tratta della cosiddetta "precessione degli equinozi"). Dall'altra parte la sua inclinazione rispetto a quest'asse - l'"obliquità" - fra i 21,8 e i 24,1 gradi (il valore attuale dell'obliquità è 23,5 gradi). Dato che il ciclo stagionale è ovviamente il risultato dell'obliquità, in quanto i raggi solari incidono con angoli diversi sui due emisferi nelle varie sta-

zioni, le variazioni di obliquità "modulano" l'ampiezza delle variazioni di temperatura fra l'inverno e l'estate: maggiore è l'obliquità, più le differenze fra le stagioni si fanno sentire. Inoltre, come noto nella seconda metà del secolo scorso lo scozzese J. Croll, l'attrazione dei pianeti causa delle variazioni continue dell'eccentricità dell'orbita della Terra: oggi essa è solo dell'1,7%, ma come avevano mostrato i calcoli di U. Leverrier essa può raggiungere quasi il 6%, e un ciclo

completo dura decine di migliaia di anni, ossia un tempo comparabile con l'intervallo fra due ere glaciali. Allo stesso tempo, l'orientazione dell'asse maggiore dell'orbita ellittica gradualmente si sposta, e quindi il passaggio al perielio può capitare in momenti diversi del ciclo stagionale controllato dall'obliquità. Il primo astronomo che elaborò una teoria completa di tutti questi effetti, calcolando (senza l'aiuto dei calcolatori) come varia nel tempo l'esposizione media alla luce solare alle diverse latitudini fu lo jugoslavo M. Milankovitch, nel 1930.

Recentemente, le conclusioni di Milankovitch sull'origine astronomica dei cicli glaciali hanno ricevuto importanti conferme: l'analisi di "carote" di materiale tratte dai sedimenti depositatisi lentamente nei fondali oceanici e dai ghiacci artici ha permesso di risalire alla temperatura media del nostro pianeta su un periodo che si spinge fino a diverse centinaia di migliaia di anni nel passato: le periodicità che si osservano nella curva che dà la variazione della temperatura nel tempo sono esattamente quelle previste dalla teoria di

Milankovitch, e quindi è logico pensare che le variazioni climatiche siano provocate dall'evoluzione dell'orbita e del moto di rotazione terrestre.

Ma come possono variazioni dell'input di luce solare che non superano i pochi punti in percentuale provocare effetti così drammatici come quelli che caratterizzano le ere glaciali - in particolare, l'avanzata imponente della calotta polare settentrionale? Croll per primo suggerì che fosse all'opera un meccanismo di "feedback", o retroazione positiva: egli osservò che, quando un inverno è più freddo della media, la neve si accumula su regioni più estese, e dato che la neve è bianca e riflettente, in questo modo cresce la frazione di luce solare che non viene assorbita dal nostro pianeta, ma riflessa nello spazio; ciò causa un'ulteriore diminuzione di temperatura, e quindi l'aumento della superficie innevata, così via. Milankovitch propose un altro meccanismo dello stesso tipo, che probabilmente è ancora più importante nella realtà: ciò che innesca un'era glaciale non sarebbero tanto gli inverni particolarmente rigidi, quanto le estati fresche: infatti se le nevi in estate resistono senza sciogliersi su vaste regioni, col passare degli anni si accumulano sulla terraferma strati di ghiaccio sempre più spessi. Questo è in accordo con il fatto che circa 10.000 anni fa, verso la fine dell'ultima glaciazione, i meccanismi astronomici stavano produ-

cendo nell'emisfero settentrionale una differenza sempre meno sensibile fra le stagioni, e quindi estati sempre più calde.

Ma recentemente è emerso un altro importante possibile meccanismo di "feedback": quello legato all'abbondanza dell'anidride carbonica nell'aria. Le "carote" estratte dalle profondità dei ghiacci artici hanno mostrato una chiarissima correlazione fra quest'abbondanza e la temperatura media: per esempio, durante l'ultima era glaciale l'atmosfera conteneva soltanto circa 200 parti per milione di anidride carbonica, frazione salita a 270 parti per milione all'inizio del periodo interglaciale (e poi a 350 nel corso dell'ultimo secolo, a causa delle attività umane). È ben noto che l'anidride carbonica riscalda la superficie terrestre attraverso l'effetto serra; ma sembra sicuro che esistano dei complessi meccanismi biochimici (la cui efficacia è ancora difficile da determinare), attraverso i quali un piccolo aumento di temperatura si traduce in una maggiore quantità di anidride carbonica che si trasferisce dai depositi di sedimenti sui fondali oceanici ai gas atmosferici. Il clima terrestre sembra dunque pericolosamente instabile, in bilico fra il freddo delle ere glaciali legate all'evoluzione dell'orbita e della rotazione terrestre, e il calore dell'effetto serra.

\* astrofisico, Università di Pisa e Osservatorio di Nizza

## Il pianeta nato dalla polvere quattro miliardi di anni fa

Uno dei più grandi successi della scienza astronomica è stato senz'altro la datazione accurata di uno degli eventi chiave nella storia del nostro mondo: la formazione della Terra e dell'intero sistema solare. Il risultato è stato un altro colpo alle visioni filosofico-religiose di tipo antropocentrico: la Terra risulta esser più vecchia del genere umano di un fattore mille (100.000 se si considera la specie homo sapiens), e solo per una frazione della sua storia del 10% circa la superficie del nostro pianeta ha ospitato forme di vita che oggi definiremmo evolute. Fino al Settecento, l'età della Terra (e dell'intero universo) veniva dedotta da una lettura letterale della Bibbia, e comunemente veniva stimata in meno di 10.000 anni. Solo nel 1778, il naturalista francese Buffon propose di interpretare liberamente i sei giorni della creazione come epoche di durata non determinata, e tentò di stimarne la lunghezza calcolando il tempo impiegato dalla Terra a raffreddarsi, supponendo che il nostro pianeta fosse nato da un pezzo di Sole staccatosi in

seguito al passaggio di una cometa (una teoria che sfortunatamente non aveva alcun rapporto con la realtà, come fu chiaro in seguito).

Nell'Ottocento, gli indizi a favore di una storia della Terra lunga e complessa cominciarono ad accumularsi: lo studio dei fossili e la formulazione delle teorie evoluzionistiche in campo biologico, e la nuova geologia "uniformentaria" di Lyell in campo geologico suggerivano entrambe che il nostro mondo attuale fosse il risultato di un processo lento e graduale, che doveva richiedere tempi assai più lunghi di quelli della storia umana. Alla fine del secolo scorso, poi, i fisici dimostrarono che il Sole aveva una riserva di energia gravitazionale in grado di alimentare la luminosità per alcune decine di milioni di anni; un tempo che si allungò di parecchie centinaia di volte quando vennero scoperte le reazioni termonucleari che avvengono all'interno delle stelle.

La svolta venne però da una direzione inat-

tesa. Nel 1896 il fisico francese Becquerel aveva scoperto la radioattività naturale, cioè la capacità di alcuni nuclei atomici di trasformarsi in altri più stabili emettendo radiazioni. Presto divenne chiaro che questi processi di "decadimento radioattivo" avvengono ciascuno con un suo ritmo caratteristico, costante e misurabile in laboratorio. Per esempio, il nucleo instabile dell'uranio 238 decade in una catena di nuclei "figli", che sfocia alla fine nel nucleo stabile del piombo 206, con un tempo di dimezzamento (ossia un tempo dopo il quale la quantità iniziale di nuclei radioattivi si è dimezzata) di 4,51 miliardi di anni.

Supponiamo ora di avere un campione di materiale nel quale a un certo istante iniziale fosse presente un campione di un certo elemento radioattivo "genitore": se dopo un certo tempo misurassimo il rapporto fra le quantità di nuclei "genitori" e "figli", conoscendo il tempo di dimezzamento potremmo facilmente risalire all'età del campione. Per esempio, un rapporto 1:1 darebbe un'età pari

al tempo di dimezzamento. Naturalmente, perché questo metodo sia applicabile a campioni di roccia reali, bisogna che siano soddisfatte diverse condizioni che non sempre sono assicurate in pratica: che l'età del campione non sia né molto più lunga né molto più breve del tempo di dimezzamento dell'elemento precursore; che i nuclei "figli" fossero sicuramente assenti dal campione all'istante zero, o almeno che la loro abbondanza iniziale possa venir stimata in modo attendibile; e che il campione sia rimasto nel corso della sua intera vita isolato chimicamente dall'ambiente esterno, per evitare la perdita o l'ingresso nel sistema di nuclei "genitori" o "figli", che falserebbero la stima dell'età. Questi problemi sono stati risolti in modo sempre più raffinato e affidabile negli ultimi decenni, ed in metodi di datazione radioattiva sono diventati molto comuni in diversi settori, dall'archeologia alla paleontologia. Applicati alle rocce terrestri, i metodi di datazione hanno mostrato che l'età della maggior parte di esse si misura in milioni di anni. Ciò è dovuto al

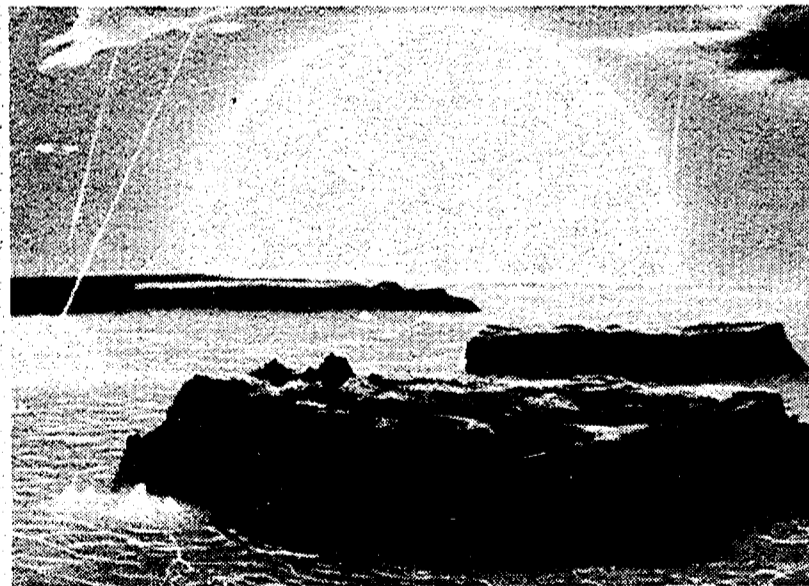
fatto che il nostro pianeta è chimicamente e geologicamente assai dinamico e attivo, grazie a processi come l'erosione atmosferica, le eruzioni vulcaniche, i moti delle "zolle" che formano la crosta terrestre. Ma vi sono eccezioni. Alcune rocce trovate in Groenlandia hanno dato un'età di ben 3,75 miliardi di anni, che rappresenta il record attuale: un record difficile da battere, in quanto è probabile che prima di 3,8-4 miliardi di anni fa la crosta terrestre fosse soggetta a un'evoluzione così rapida e intensa che nulla della crosta primordiale abbia potuto sopravvivere fino ai nostri giorni.

Più vecchie delle rocce terrestri si sono rivelate la maggioranza delle meteoriti, in particolare quelle che sembrano non esser mai state fuse, scaldate o alterate chimicamente all'interno di corpi celesti di dimensioni superiori alle poche centinaia di km. A partire dagli anni 50, molte misure effettuate con diversi metodi di datazione (ossia sfruttando le proprietà di diversi nuclei radioattivi) e appli-

cate a un gran numero di meteoriti trovate in luoghi e tempi diversi hanno dato concordemente età comprese fra i 4,5 e i 4,6 miliardi di anni.

Nel 1969, poi, gli astronauti delle missioni Apollo cominciarono a riportare sulla Terra i campioni di rocce lunari. Data la relativa "inerzia geologica" del nostro satellite e l'assenza di un'atmosfera lunare, ci si aspettava che questi campioni fossero in media molto più vecchi delle rocce terrestri. In effetti, tutte le rocce lunari hanno dato età superiori ai 3,2 miliardi di anni e alcune - in particolare quelle rinvenute sugli altipiani lunari, dove si è preservata la crosta primitiva del nostro satellite - raggiungono i 4,6 miliardi di anni. Tutto indica che questa sia l'età della Luna, della Terra e di tutto il sistema solare: l'età di un'epoca primitiva in cui intorno al giovane Sole orbitava una grande nube di gas e di polvere, nella quale andavano via via aggregandosi corpi solidi sempre più grandi. Erano questi gli "embrioni" dei futuri pianeti e satelliti.

□ P.F.



A sinistra e in alto alcune ricostruzioni sull'origine della Terra, tratte da «Il mondo in cui viviamo» (Epoca-Mondadori) e dall'Enciclopedia Britannica