

4.7. Il fulmine

Il fulmine, vale a dire il bagliore del lungo «condotto» che noi osserviamo tra la nube e il suolo è in realtà un fenomeno caratterizzato da diversi eventi luminosi successivi che il nostro occhio non è in grado di risolvere (⁶).

Per osservare la struttura luminosa «fine» del fulmine viene usata una camera fotografica speciale inventata da Charles Boys. Le sue caratteristiche sono illustrate in figura 14.

Per comprenderne l'utilità per lo studio di fenomeni luminosi «irrisolvibili» è sufficiente considerare che un dispositivo fotografico atto a risolvere la serie temporale di eventi luminosi in uno spazio a due dimensioni deve distorcere la successione delle immagini in modo tale che gli eventi più

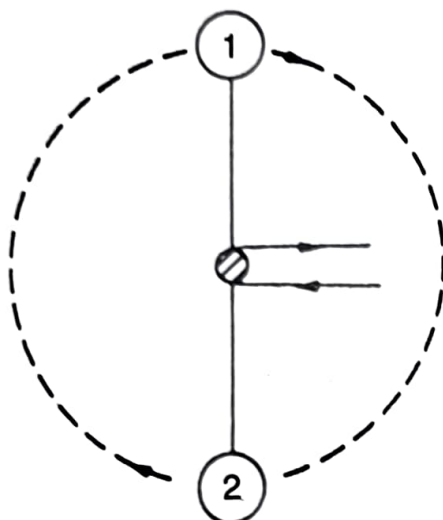


Figura 14. Le lenti 1 e 2 ruotano davanti alla lastra fotografica. Si ottiene una doppia immagine dello stesso fenomeno. Tuttavia l'andamento della luminosità di un fulmine sarà spostato verso destra nell'immagine corrispondente da una lente e verso sinistra dall'altra. Ciò permette di ricostruire la direzione e la velocità dello spostamento del fronte luminoso che accompagna il fulmine.

recenti vengano progressivamente spostati in posizione rispetto ai precedenti. Una semplice camera fotografica mobile (oscillante) potrebbe, a prima vista, soddisfare allo scopo. Tuttavia le registrazioni non darebbero la «direzione» del movimento della «luce» di ciascun evento della serie. La camera di Boys fornisce la prestazione richiesta. Il tempo di risoluzione della camera di Boys è di $1\ \mu\text{s}$. Dalla ricostruzione delle immagini registrate sulla pellicola fotografica è possibile ricavare la struttura fine del fulmine. Essa è in breve la seguente.

Inizia con una scarica «guida» intermittente che, nella maggioranza dei casi, parte dalla nube e avanza verso il suolo compiendo un percorso costituito da una serie di tratti luminosi di circa 100 m di lunghezza ciascuno. Ciascun tratto si diparte dalla fine del precedente. La luminosità che accompagna il passaggio della corrente impiega circa $2\ \mu\text{s}$ a percorrere ciascun tratto. Effettuato il primo tratto la luminosità relativa svanisce. Dopo una pausa buia di $100\ \mu\text{s}$ parte,

dall'interno della nube, una nuova luminosità che ripercorre il tratto precedente e ne inizia un altro. Nuova pausa, nuovo buio e così via. La scarica «guida» intermittente prepara un canale ionizzato caratterizzato da diverse ramificazioni e da un cammino molto tortuoso. La luminosità della scarica «guida» intermittente si avvicina al suolo alla velocità media di circa $6 \cdot 10^4$ m/s. Una volta giunta a circa 50 m dal suolo, da questo parte il *lampo principale*. Questa scarica di ritorno, fortemente luminosa, viaggia nel canale preparato dalla «guida» intermittente e lo ripercorre in senso inverso (cioè la luminosità del lampo si muove dal basso verso l'alto).

Le diramazioni formate dalla «guida» intermittente vengono nuovamente illuminate. La velocità con cui la luminosità del lampo si sposta dal suolo alla nube è di circa $3 \cdot 10^5$ m/s. Le misure mostrano che la luminosità del lampo impiega circa $40 \mu\text{s}$ per raggiungere la nube, ma il canale rimane illuminato debolmente per un periodo più lungo. Dopo questo primo lampo di massima intensità luminosa, dalla nube si diparte una scarica detta «guida» veloce: questa scarica ripercorre il condotto formato dalla prima scarica «guida» intermittente ma senza interessare le diramazioni. La sua luminosità (molto debole) si sposta con continuità lungo il condotto e impiega per raggiungere il suolo un tempo più breve di quello impiegato dalla «guida» intermittente. Non appena la «guida» veloce si approssima al suolo, da questo parte un secondo «lampo», simile al lampo principale, ma di intensità luminosa molto minore. Ripercorre in senso inverso il condotto senza interessare le diramazioni. La velocità con cui la sua luminosità si sposta è dell'ordine di grandezza di quella del primo.

Con tale meccanismo si possono produrre dopo il «lampo principale» molti lampi ciascuno preceduto da una «guida veloce» a intervallo l'uno dall'altro dell'ordine di alcuni centesimi di secondo. La luminosità di ciascun lampo è inferiore a quella del precedente (figura 15).

La durata del «fulmine», termine qui usato per indicare l'insieme delle scariche descritte precedentemente, è in media dell'ordine dei $0,1 \div 0,25$ s ma può raggiungere anche $2 \div 3$ s (⁷).

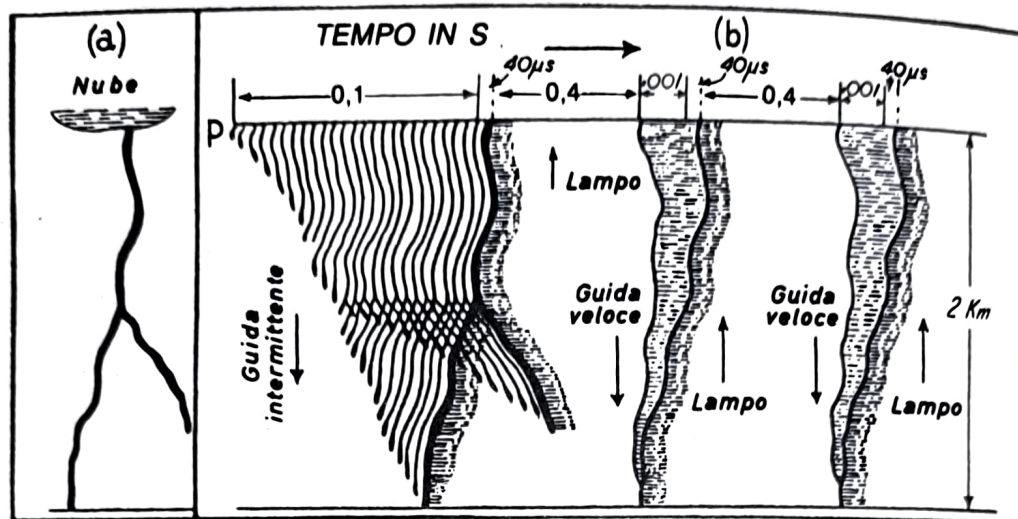


Figura 15. a) Il fulmine fotografato da una macchina fotografica normale. b) La struttura fine del fulmine ricostruita attraverso le immagini registrate nella camera di Boys.

La corrente del fulmine, vale a dire la carica complessiva trasportata nel condotto nell'unità di tempo, è di circa 20 000 A. La corrente di picco, quella del lampo principale, è dell'ordine di 250 000 A.

Sono valori elevatissimi. Tuttavia, contrariamente a quanto ritenuto da molti, il contributo dei fulmini al mantenimento della carica negativa della Terra è relativamente poco importante. La grande maggioranza dei fulmini fornisce ciascuno alla superficie terrestre una carica elettrica il cui valore medio è dell'ordine dei 20 C. Una cella temporalesca attiva può produrre in media circa 3 fulmini al minuto in un intervallo di tempo di 20 min (la vita media della cella). La corrente effettiva di una cella è quindi dell'ordine di 1 A.

L'attività temporalesca globale (vale a dire presente contemporaneamente su tutta la Terra) è stata stimata dell'ordine di 100 fulmini/s. Si è inoltre stimato che soltanto il 10% di essi trasporta carica negativa alla Terra ⁽⁸⁾. In definitiva la corrente totale «utile» fornita dall'insieme dei fulmini su scala globale è dell'ordine di 200 A. Ciò rappresenta soltanto 1/9 della corrente elettrica che fluisce nell'atmosfera in «tempo buono» (1800 A).