

IL TEMPORALE

IN METEOROLOGIA

- la termica
- origine e formazione di un temporale
- il fulmine

NELLA FISICA

- conducibilità elettrica nei gas
- la d.d.p.
- la scarica a scintilla
- l'Arco Voltaico (esperienza in laboratorio)

Collegamento con:

Giovanni Pascoli, le poesie:

- il temporale
- il lampo

Il **temporale** viene definito come un violento fenomeno, che si sviluppa nell'atmosfera, associato a violente precipitazioni raffiche di vento e una forte attività elettrica ed acustica.

In meteorologia il temporale si differisce dal termine 'tempesta' proprio perché, durante il periodo della manifestazione meteo (in genere di circa 3h), esiste la presenza di una forte o moderata attività elettrica, caratterizzata da lampi e fulmini, ed acustica, con la conseguente presenza di tuoni.

A seconda della causa che li genera, vengono definiti Orografici, Frontali o di Calore. I più rappresentati sono senza dubbio questi ultimi, che molto spesso si formano durante i pomeriggi o le serate estive in conseguenza a giornate molto calde, umide e soleggiate.

Prima di tutto, per spiegare la formazione di questo fenomeno, è importante introdurre un elemento principale alla base del processo di formazione: **la termica**.

Con questo termine i meteorologi indicano i moti ascendenti dell'aria che si sviluppano, come suggerisce il nome stesso, a causa del riscaldamento di una superficie. Se, per qualsiasi motivo una certa porzione di aria diviene più calda dell'aria circostante, essa può iniziare a sollevarsi dando luogo alla termica.

Le termiche originano là dove i suoli sono particolarmente caldi come le zone più aride, oppure le colline e le dorsali montuose esposte al sole, ma anche l'asfalto di grandi parcheggi, che si scaldano rapidamente e, in poco tempo, la temperatura dell'aria a contatto diviene molto più alta a quella circostante.

Una volta formata, l'evoluzione della termica dipende da più fattori e il suo andamento può venire alterato dai venti che soffiano alle quote più alte, oppure dagli ostacoli e dalle discontinuità fisiche presenti sulla superficie. In condizioni di bel tempo asciutto le bolle di aria calda che si sollevano dal terreno si innalzano solamente per 1-2 km. Se l'aria è abbastanza umida la bolla d'aria, giunta alla fine della salita, può dare luogo a dei piccoli cumuli e in tal caso la termica diviene facilmente individuabile, i volovelisti, ad esempio, possono dirigersi sotto queste nubi, sicuri di trovare le desiderate correnti ascensionali.

Con venti molto forti le termiche non riescono ad organizzarsi, ma se il vento medio ha un'intensità medio bassa, 5-10 nodi, le celle convettive sono trasportate dal vento; dalla stessa collina, per esempio, si staccano più termiche e si formano magari file di cumuli allineati (la strada dei cumuli); oppure si può osservare un campo di grano che viene piegato a intervalli regolari dalla corrente discendente presente a lato della termica, ogni volta che una di queste passa sopra la coltivazione.

Quando la spinta ascensionale si esaurisce, l'aria diverge lateralmente, inizia a scendere e l'eventuale nube si dissolve. Le zone circostanti la termica sono quindi pericolose per chi pratica il volo a vela proprio perché qui l'aria si muove dall'alto verso il basso (l'aria che scende va a rimpiazzare quella che si è sollevata chiudendo la circolazione nella cella convettiva).

Se l'atmosfera è instabile (ad esempio aria calda e umida nei bassi strati, aria fredda in quota) la termica può evolvere fino a dare luogo ai **cumulonembi**, cioè le nubi responsabili dei temporali.

Il fenomeno del temporale è scatenato da **diversi fattori** che porteranno appunto alla sua formazione.

Fattori fondamentali sono: **instabilità dell'atmosfera** ed un'elevata **umidità**.

Si ha instabilità dell'atmosfera quando masse d'aria a quote differenti tendono a rimescolarsi. Solitamente l'aria più calda rispetto a quella circostante tende a sollevarsi, lasciando così spazio ad aria più fredda in discesa dagli strati superiori. Perché possa verificarsi questo fenomeno è però necessaria una certa differenza di temperatura tra gli strati d'aria più bassi e quelli più alti. Quanto più è calda l'aria negli strati inferiori rispetto a quella in quota, tanto maggiore sarà l'instabilità che si crea. Questa instabilità è propria delle termiche, che abbiamo precedentemente analizzato.

Altro fattore fondamentale è l'umidità, infatti è grazie ad essa che l'aria delle termiche, risalendo perché instabile e condensando perché ricca di umidità, da origine alla nube temporalesca. Perché ciò accada è necessario avere un'umidità relativa al suolo intorno al 50%, in modo da facilitare la termica nel raggiungimento del punto di condensazione.

Se la quantità di calore e di umidità è molto elevata, durante il processo di condensazione si libererà di nuovo una grande quantità di calore (calore latente di condensazione), che non farà altro che alimentare di nuovo l'ascesa del cumulo. Se le condizioni atmosferiche lo permetteranno, il processo continuerà a ripetersi fin quando la nuvola raggiungerà il limite della troposfera cioè a circa 10-12.000 metri d'altezza, dove la temperatura sarà talmente bassa (-60°C) da impedire alla massa di salire ancora.

Tornando al temporale, dal punto strettamente meteorologico esso altro non è che una **termica sovra-sviluppata**.

Anche il temporale come ogni cosa sulla Terra, ha un proprio **ciclo di vita** o stati di evoluzione; si tende ad associare ad un temporale tre momenti o stadi di evoluzione, ovvero "*lo stato di formazione (o cumulo), lo stato di maturità, lo stato di dissolvimento*".

Nel **primo caso o stadio**, abbiamo la formazione delle termiche, che come detto si sviluppano in verticale e non in orizzontale e ciò indica che non esistono alle diverse quote, strati di aria calda (stabile) e quindi di strati di inversione termica. La nube che si viene a creare, funziona a mo di pompa che tende a risucchiare aria calda dal basso verso la sua sommità che poi per effetto della rarefazione tende a ricadere in basso; questo crea una sorta di correnti ascendenti via via sempre più forti, mentre ai lati, le correnti fredde di caduta tendono ad "*appiattare*" (inibire) la nascita di nuove termiche.

Nella **fase o stadio di maturità**, la nube ha raggiunto la troposfera dove incrociando le forti correnti a getto, fanno assumere alla nube la classica forma ad incudine

(caratteristica delle nubi temporalesche). Questo crea un brusco raffreddamento della nube (ricordiamoci che la nube è condensazione di vapore acqueo, umidità) che può portarla a superare anche il punto di congelamento, e quindi alla formazione di cristalli di ghiaccio che aggregandosi con il pulviscolo formano la grandine, che viene trasportata dalle correnti discendenti verso il basso e dalle correnti ascendenti nuovamente verso l'alto della nube fintantoché i chicchi riescono a vincere la forza delle correnti ascendenti precipitando verso il suolo (creando non pochi danni). Lo stesso avviene per le goccioline d'acqua che si formano se la temperatura non è troppo bassa.

Durante la fase di maturità si ha la massima intensità di un temporale in tutti i suoi aspetti, compresa l'intensa attività elettrica ed acustica.

Nella **fase di dissolvimento**, accade che le correnti discendenti continuano a trasportare aria fredda dalla sommità della nube verso il suolo quindi arrestando il processo di riscaldamento dello stesso, il quale a questo punto non riesce più a fornire il "*volano termico*" per permettere la formazione di correnti ascendenti e quindi tutto il sistema collassa ed il temporale si dissolve.

Il ciclo d'evoluzione di un temporale è sempre lo stesso per tutti i tipi, la differenza sta solamente nel modo in cui si forma la nube temporalesca.

Il processo appena descritto è quello che porta alla formazione dei **temporali di calore**, in genere estesi solo su una zona piuttosto ridotta e specialmente nelle ore serali durante l'estate. Era il cosiddetto 'temporale estivo'.

I **temporali orografici** si formano invece quando una massa d'aria calda ed umida incontra un rilievo montuoso per cui è costretta a salire di quota, così facendo l'aria, trovandosi a temperature più basse, condensa e si ha la formazione della nube temporalesca.

Nei **temporali frontali** il processo di formazione del cumulonembo avviene in seguito allo scontro tra un fronte freddo di alta pressione ed un fronte caldo e umido caratterizzato da bassa pressione, in cui il primo si insinua sotto il secondo alzando l'aria calda ed umida a quote più elevate. Da qui, sempre per il medesimo processo di condensazione si ha la formazione della nube temporalesca che inizierà da qui il suo ciclo.

Tutti questi imponenti movimenti di masse d'aria appena descritti possono benissimo essere percepiti a terra sotto forma di venti più o meno forti.

I **venti associati** ai temporali altro non sono che quelli provocati dalla salita e dalla discesa dell'aria all'interno della nuvola. Quando un temporale si trova a circa 10-20 Km di distanza e si dirige verso di noi, il primo vento che avvertiremo sarà in direzione della nuvola. Questi sono i venti d'aspirazione, cioè quelli che si erano inizialmente generati dalle termiche e rispetto al temporale si trovano in posizione avanzata.

Quando saremo a pochi chilometri di distanza dal cumulonembo noteremo invece che il vento tenderà prima a fermarsi ("la calma prima della tempesta !") e poi a invertire la propria direzione (per cui verrà verso di noi); questo vento deriva dalle correnti che discendono dall'apice della nuvola ed è più forte e freddo dei precedenti infatti, può raggiungere perfino gli 80 Km/h di velocità ed avere una temperatura di circa 5-

10 °C inferiore rispetto all'aria presente a terra.

Insieme ad esso, scenderanno naturalmente le precipitazioni che potranno anche essere di forte intensità.

Una volta passato il temporale, la direzione del vento si invertirà nuovamente. Questo perché i venti discendenti, quando toccano terra, si aprono a ventaglio.

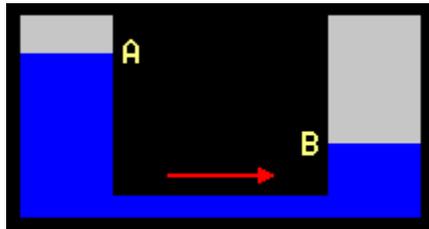
Come detto all'inizio, l'attività temporalesca è associata ad una forte attività elettrica ed acustica, propria dei **fulmini** e dei **tuoni** che si producono.

IL FULMINE

Prima di passare a descrivere il fenomeno sarebbe utile approfondire alcuni concetti di fisica come la **differenza di potenziale** e la **conduzione nei gas**

la D.D.P.

Per spiegare il significato di **differenza di potenziale** usiamo un semplice esempio: due serbatoi di acqua sono collegati con un tubo. Se il **livello A** nel primo serbatoio è identico al **livello B** del secondo, non si ottiene alcun movimento, mentre una differente altezza (in figura) provoca il passaggio di acqua dal serbatoio col livello più alto a quello col livello più basso. Quindi per ottenere il movimento si ha bisogno di una **differenza** di altezza.



Negli impianti elettrici al posto del tubo abbiamo il **cavo elettrico** e al posto dell'acqua abbiamo la **corrente elettrica**. La differenza non è più di altezza, ma di *potenziale elettrico*. Questa **differenza di potenziale** (d.d.p.) prende il nome di **tensione**.

Se aumentiamo la differenza di altezza, l'acqua scorre con più velocità. Allo stesso modo se aumentiamo la tensione aumenta l'intensità di corrente.

La differenza di altezza si misura in metri, mentre la differenza di potenziale (*tensione*) si misura in **volt (V)** e la indichiamo con la lettera **V**. La *corrente* si misura in **ampere (A)** e si indica con la lettera **I**.

la Conduzione nei Gas

Oltre alla "conduzione forzata" si può stabilire nei gas una conduzione spontanea (o indipendente) senza un apposito agente ionizzante: basta applicare campi elettrici molto intensi, prodotti da elevate d.d.p.. In tali condizioni, la conduzione spontanea nei gas si manifesta con un fenomeno, detto generalmente scarica, accompagnato da effetti luminosi più o meno vistosi (se la pressione del gas non è troppo intensa la zona della scarica diventa una sorgente luminosa piuttosto intensa e si ha una scarica a bagliore); in alcuni casi la scarica è intermittente, in altri continua (scintilla).

elettrica, luminosità di effluvio, arco elettrico, ecc.). Nell'aria, in assenza di agenti ionizzanti, la produzione di ioni necessari alla conduzione va dunque attribuita in gran parte allo stesso campo elettrico. Infatti nell'aria esistono sempre alcuni ioni (quelli generati da raggi cosmici o da tracce di sostanze radioattive diffuse un po' dovunque) che vengono accelerati dal campo elettrico e con la velocità che assumono urtano contro molecole neutre, provocando la espulsione di elettroni con produzione di nuovi ioni (ionizzazione per urto); questi ultimi, accelerati a loro volta dal campo elettrico, generano per urto altri ioni: così si produce rapidamente una valanga di ioni, che rende conduttrice l'aria (moltiplicazione ionica di TOWNSEND, dal nome di John Sealy Townsend che per primo la studiò intorno al 1900).

La corrente che si stabilisce, detta scarica disruptiva, si manifesta allora con la scintilla che attraversa l'aria, con una intensità tale da abbassare, per caduta ohmica, la d.d.p. eccitatrice, così da rendere per qualche istante il campo elettrico insufficiente a mantenere viva la produzione di ioni. La scarica risulta perciò intermittente, con scintille di brevissima durata (milionesimi di secondo). La ionizzazione per urto dipende dall'energia degli urti fra ioni accelerati e molecole urtate: questa energia dipende dal potenziale acceleratore che imprime la velocità agli ioni.

La d.d.p. minima, necessaria a produrre la scarica disruptiva, si dice potenziale esplosivo: esso dipende, oltre che dalle condizioni dell'aria, anche dalla distanza e dalla forma dei due elettrodi. Viceversa, fissata una d.d.p. fra due elettrodi avvicinati di forma data si può gradatamente raggiungere la distanza occorrente a far scoccare la scintilla (distanza esplosiva). Anche la distanza esplosiva dipende, oltre che dalla d.d.p. applicata, dalle condizioni del gas e dalla forma degli elettrodi (sfere di ugual raggio, lamine parallele, due punte, o combinazioni varie di lamine, sfere, punte).

Possiamo ora passare alla descrizione della formazione e della dinamica di un fulmine.

Via via che una nube temporalesca si forma, si crea al suo interno una frizione tra le particelle di ghiaccio che risalgono e quelle che la discendono che, in genere, sono quelle più grosse attratte verso il basso proprio perché più pesanti. Queste ultime strappano alle particelle più piccole una variabile quantità di elettroni, creando così, all'interno della nube, una differenza elettrostatica in quanto le particelle caricate positivamente, quelle che hanno ceduto elettroni, risalgono la nube, mentre quelle cariche negativamente la discendono. Di conseguenza la parte sommatiale della nube è positiva mentre quella più vicina alla terra è negativa e crea quindi, per induzione, una zona d'ombra positiva sulla superficie terrestre.

Quando la differenza di carica tra la nuvola, che raggiungerà una carica molto elevata, e la terra diventerà sufficientemente grande (una ddp di circa 80milioni di Volt) partirà allora la scarica elettrica (il fulmine vero e proprio) che cercherà di ristabilire l'equilibrio scaricando a terra l'energia della nube.

Fasi di un tipico fulmine nube-terra

- 1) **Scarica Leader** (o scarica iniziale): gli elettroni (carica negativa) cominciano a scendere a zig-zag dalla nube. Questo processo richiede un centesimo di secondo, e forma un canale ionizzato lungo anche 8 km.
- 2) Come la scarica leader scende, da terra parte una **scarica di richiamo** costituita da cariche positive, normalmente dal punto più alto, dalle punte, dove vi è una maggiore concentrazione di cariche
- 3) Quando le due si incontrano (ad un'altezza media di 30-50 metri) si forma un **canale**, poco più largo di una matita, caratterizzato da una forte corrente elettrica.
- 4) A questo punto una potente **scarica di ritorno** permette alla nube di scaricare l'energia immagazzinata e porta momentaneamente l'equilibrio tra terra e nube.

Esistono diversi tipi di fulmine:

Fulmini all'interno della nuvola, tra la zona caricata negativamente alla base e quella positiva sulla sommità.

Fulmini tra nuvole, ovvero tra la zona negativa di una nuvola e quella positiva di una vicina o viceversa.

Fulmini tra nube ed aria, in casi in cui la nuvola si trovi nelle vicinanze di porzioni di atmosfera particolarmente cariche elettricamente. (red spirites)

Altro aspetto caratteristico di un temporale è la forte attività acustica provocata dai **tuoni**.

Il processo di formazione di un tuono è molto semplice:

- 1) il fulmine scalda l'aria fino a 33300°C , provocando una rapida espansione dell'aria
- 2) l'aria scaldata si dilata e successivamente, raffreddandosi, si contrae rapidamente
- 3) la rapida espansione e contrazione dell'aria crea un movimento 'avanti-indietro' delle molecole.

Da qui l'intensa onda sonora percepibile anche a parecchi chilometri di distanza. Poiché il suono si propaga a circa 340 metri al secondo, velocità molto inferiore a quella della luce pari a 300.000 chilometri al secondo, passa un certo intervallo di tempo tra la visione del fulmine e la percezione acustica del tuono.

E' per questo che, per calcolare la distanza in metri tra noi e il fulmine, è sufficiente moltiplicare per 340 i secondi che passano tra il lampo e il tuono.