

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA NAZIONALE  
DEI LINCEI

ANNO CCCXIX.

1922

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1922

Fisica. — *Sulle condizioni elettriche di formazione della grandine.* Nota di ALESSANDRO ARTOM, presentata dal Corrisp. L. PALAZZO.

1. Le moderne teorie dell'elettricità, le osservazioni sperimentali eseguite nelle regioni elevate dell'atmosfera rese possibili dallo sviluppo della aeronautica ed alcuni fenomeni constatati nelle comunicazioni radiotelegrafiche permettono, a mio avviso, di chiarire notevolmente la genesi della formazione della grandine.

Mi propongo di riassumere queste recenti osservazioni e soprattutto di esporre, come, secondo il mio modo di considerare il fenomeno della grandine, esso possa frequentemente attribuirsi alla ionizzazione dei raggi ultravioletti contenuti nella luce solare ed alle particolari condizioni della conducibilità elettrica dell'ambiente in cui si forma.

A conferma di tali concetti ricorderò pure una serie di esperienze da me eseguite e pubblicate da oltre un ventennio (1) e che credo possano dimostrare la funzione dell'elettricità atmosferica nella formazione della grandine.

Queste esperienze mi hanno condotto a ritenere che, in qualche speciale caso, negli istanti in cui la grandine si forma, le forze elettriche possono intervenire provocando sul primo nucleo centrale del chicco di grandine delle impulsi di carattere rotatorio le quali sono appunto spiegabili basandosi sul fatto che l'ambiente in cui si forma la grandine è costituito da un mezzo reso debolmente conduttore dalla ionizzazione ed in cui si trovano immersi dei corpi isolanti cioè dei nuclei di ghiaccio.

\* \* \*

Per studiare la genesi della grandine credo opportuno ricordare alcune recenti osservazioni sulla ionizzazione atmosferica ossia sulla esistenza di masse di elettricità positiva o negativa moventesi liberamente nell'atmosfera stessa. Seguendo un mio modo di considerare il campo elettrico atmosferico ritengo che esso si possa paragonare, nelle sue linee generali, al campo elettroionico di un immenso tubo termoionico in cui il sole rappresenti il filamento di lampada incandescente costituita da carbone o di altra materia disgregabile a temperatura elevatissima e la terra funzioni da piastra negativa.

(1) Alessandro Artom, *La formazione della grandine*, Torino, 1900.

Il campo elettroionico atmosferico essendo però naturalmente soggetto alle variazioni dovute al moto di rivoluzione della terra attorno al sole e di quello che la terra compie seguendo l'eclittica, non che delle variazioni di temperatura e pressione il paragone da me fatto sussiste tenendo conto delle dette condizioni di variabilità e di altre a cui non è qui il caso di accennare.

A conferma di tal modo di considerare il campo elettroionico terrestre ricorderò che è generalmente ammesso che la ionizzazione atmosferica debba attribuirsi alle seguenti cause:

1°) Emissione dovuta al sole considerato in quanto è un corpo incandescente a temperatura elevatissima di corpuscoli elettrizzati negativamente.

2°) Azione ionizzante dei raggi ultravioletti della luce solare.

Inoltre la ionizzazione è attribuita alla emanazione radioattiva nell'aria dovuta alle sostanze radioattive contenute nella scorza terrestre e ad altre cause il cui carattere è probabilmente in minor relazione col fenomeno della grandine.

Per lo scopo di questo studio conviene per ragioni intuitive soffermarsi sulla azione ionizzante dei raggi ultravioletti della luce solare. È notorio come il Lénard abbia dimostrato che i raggi ultravioletti hanno, come i raggi Bécquérél, la proprietà di far apparire cariche libere in seno ai gas da essi attraversati. La luce solare contiene le radiazioni di Schumann le quali essendo di piccolissima lunghezza d'onda sono capaci di ionizzare l'atmosfera. Ma è necessario osservare che, appunto per la loro minima lunghezza d'onda, queste radiazioni si arrestano prevalentemente nelle regioni elevate dell'atmosfera ed al livello del suolo i loro effetti ionizzanti sono molto attenuati.

Orbene è essenziale insistere sulla coincidenza, non certo fortuita, che le cadute di grandine si verificano più generalmente nell'estate, non solo ma nelle ore più calde del giorno, cioè dopo il mezzogiorno, ore in cui precisamente la ionizzazione dovuta ai raggi ultravioletti solari è fortissima.

È pure importante osservare che, reciprocamente, nelle ore seguenti alla mezzanotte in cui la ionizzazione atmosferica è quasi nulla, raramente si hanno temporali grandiniferi. Le osservazioni esposte fanno già intuire la probabile connessione della ionizzazione atmosferica dovuta ai raggi ultravioletti solari con le cadute di grandine.

L'azione ionizzante della luce solare è inoltre chiaramente confermata per altra parte dai fenomeni osservati nelle comunicazioni radiotelegrafiche a grandi distanze.

È notorio infatti che durante il giorno le trasmissioni radiotelegrafiche a distanze notevoli sono enormemente ridotte di intensità; invece, a parità di energia trasmessa, le stesse trasmissioni sono sentite assai più fortemente durante la notte. Questi fatti sono verosimilmente da attribuirsi all'assorbimento della energia delle onde elettromagnetiche radiotelegrafiche, per parte

di ioni di diverso segno esistenti nell'atmosfera in quantità enormemente maggiore durante il giorno che non durante la notte.

È ben noto inoltre che l'osservatore radiotelegrafico constata al levare del sole il progressivo indebolimento della ricezione radiotelegrafica, mentre al tramonto riconosce il progressivo accrescimento della intensità di ricezione.

È pure notorio che nel periodo del levare e del tramonto del sole si osservano con maggiore intensità i cosiddetti « atmosferici » cioè quei disturbi che spesso rendono la ricezione radiotelegrafica confusa e generalmente indecifrabile.

Ricordo ancora, siccome avente relazione colla ionizzazione solare, il fatto che durante gli eclissi solari si è notato il rinforzo della ricezione radiotelegrafica tra grandi distanze precisamente come accade durante la notte.

È opportuno tener presente, che, esaminati i chicchi di grandine mediante elettroscopi od elettrometri, si riconosce sempre, come ebbi anche ad osservare io stesso, in essi una notevole elettrizzazione.

Questo fatto messo in relazione con tutto quanto si è esposto relativamente alla ionizzazione dovuta ai raggi solari, dimostra già chiaramente come un intimo nesso possa esistere fra ionizzazione solare e la formazione della grandine.

2. La relazione che verosimilmente può esistere fra la ionizzazione solare e la grandine è confermata dalle seguenti considerazioni.

Nelle giornate piuttosto calde si formano delle intense correnti d'aria dal basso intense all'alto e che sono quindi capaci di trasportare ad altezze molto elevate il vapor acqueo prodotto dalla evaporazione terrestre. È appunto a queste correnti d'aria che si deve il fatto che i nembo-cumuli (cumul-nimbus) d'onde proviene quasi sempre la grandine, confinano nelle loro regioni superiori cogli strati freddissimi dell'atmosfera.

Se questi nembo-cumuli sono attraversati dalle radiazioni solari di piccolissima lunghezza d'onda, come quelle dette di Schumann (da 2000 a 1000 angström) le quali stanno alla estremità dello spettro dell'ultravioletto e che sono capaci di ionizzare il vapor d'acqua, la nucleazione ionica può compiersi in modo particolare.

Essa può dar luogo alla trasformazione improvvisa del vapor d'acqua, la cui temperatura si sia repentinamente abbassata per effetto di espansione adiabatica, in granuli di ghiaccio amorfo, i quali costituiscono verosimilmente i primi nuclei del chicco di grandine.

È notorio infatti che il primo nucleo del chicco è caratterizzato dall'aspetto spugnoso in causa delle minute bollicine d'aria imprigionate nel globulo di ghiaccio al momento della sua improvvisa formazione.

La nucleazione ionica e la trasformazione in ghiaccio, è favorita, oltrechè dalla bassa temperatura dell'ambiente, anche dall'abbassarsi della pressione.

Ora, precisamente, l'avvicinarsi dei temporali grandiniferi è accompagna-

gnato dall'abbassamento della pressione atmosferica, come è notorio dalle comuni osservazioni barometriche.

3. Si può quindi spiegare coi fenomeni esposti la formazione del primo nucleo del chicco di grandine

Ma, come è notorio, qualunque sia la loro forma e grandezza, i chicchi di grandine sono caratterizzati da una struttura a strati concentrici attorno al primo nucleo.

La formazione degli strati è molto verosimilmente da attribuirsi alla solidificazione istantanea di gocce d'acqua in stato di sopraffusione che si depositano attorno ai primi nuclei durante la loro caduta.

Occorre ancora osservare che le grandinate tipiche a grossi chicchi sono accompagnate dal sopravvenire di fatti eventuali temporaleschi cioè dallo stabilirsi di campi elettrici elevatissimi localizzati tra nube e nube o fra nubi e terra in direzioni varie e di tale intensità da « polarizzare » lo spazio da essi attraversato.

Onde si avrà a considerare, dal punto di vista elettrico, la sovrapposizione dell'effetto normale della ionizzazione solare a quelli, accidentali, degli intensi campi elettrici costituitisi fra nubi temporalesche.

L'accrescimento del chicco dipende poi dalla natura dell'ambiente su cui agiscono i campi elettrici.

Se, ad esempio, l'ambiente è costituito da goccioline d'acqua in cui si trovino ad essere immersi, per effetto della loro caduta, i primi nuclei dei chicchi, si possono verificare dei particolari fenomeni dovuti alla conducibilità elettrica del mezzo.

È notorio che l'acqua ed il vapor acqueo umido, di fronte al ghiaccio che è ottimo isolante, hanno proprietà di debole conducibilità elettrica.

Se il campo elettrico è piuttosto elevato si può avere trasporto di cariche per convezione attraverso alle goccioline liquide così da accumulare notevoli quantità di elettricità sui primi nuclei dei chicchi.

Ora vi sono dimostrazioni sperimentali che fanno ritenere che, in queste condizioni, il campo elettrico ha l'effetto di dar luogo a coppie di rotazione le quali tendono ad imprimere ai ghiaccioli dei moti rotatori attorno ad assi passanti pel loro interno.

Si possono, in questi casi, verificare condizioni elettriche analoghe a quelle dei fenomeni ben noti ai fisici, sotto il nome di « Rotazioni elettrostatiche dei corpi dielettrici immersi in mezzi debolmente conduttori » studiati da parecchi scienziati specialmente stranieri (1).

Queste rotazioni erano così messe in evidenza: dentro a recipienti contenenti, benzolo, solfuro di carbonio, etere o trementina, era stabilito un campo elettrico di parecchie migliaia di volt fra lastre metalliche immerse nel liquido.

(1) G. Quincke, Wied. Annalen, 1896.

Sospendendo in seno agli isolanti liquidi dei corpi solidi di potere isolante più elevato di quello del liquido, come paraffina, zolfo, cristalli di aragonite, quarzo, tormalina, si osservano rapide rotazioni di questi corpi solidi attorno all'asse di sospensione.

Più tardi Graetz <sup>(1)</sup> sostituì al filo di sospensione due punte attorno alle quali la rotazione poteva compiersi in modo durevole: essa si manteneva finchè durava il campo elettrico.

Anzi, come caso particolare, il Graetz, confermò l'esperienza sostituendo ai liquidi isolanti lo spazio di tubi di media rarefazione ed in cui l'aria era ionizzata dal campo elettrico da cui era attraversata.

Il fenomeno fu studiato da parecchi autori e fu anche ricavata da H. Hertz l'espressione matematica del momento di rotazione di una sfera isolante, in funzione della intensità del campo e della differenza fra la conduttività elettrica del mezzo ambiente e quella della sostanza dielettrica soggetta a rotazione.

Nel 1900 ho eseguito una serie di esperimenti, i quali, a parer mio, presentano molta analogia colle condizioni elettriche delle grandinate più violente, cioè quelle in cui è lecito fare l'ipotesi che i chicchi siano soggetti per virtù del campo elettrico a delle « impulsi rotatorie ».

Sospeso, ad esempio, nel bezzolo, la cui conduttività elettrica può ritenersi non molto diversa da quella del vapor d'acqua, un pezzo di ghiaccio od un pizzico di neve alquanto compressa, se il campo è elevato, questi corpi sospesi prendono rapidamente a rotare, mantenendo lo stesso senso finchè la torsione del filo di sospensione lo permette.

Dopo pochi istanti, il corpo per l'effetto meccanico di rotazione assume nettamente forma di solido di rivoluzione.

È appunto la forma di solido di rivoluzione quella che presentano i chicchi di grandine nelle tipiche grandinate.

Questo aspetto risulta chiaro spesso alla superficie, ma più evidentemente ancora osservando il chicco nelle sue sezioni, nelle quali si notano non raramente stratificazioni elicoidali dovute alla composizione del moto rotatorio coll'azione della gravità.

I movimenti rotatori hanno la loro interpretazione fisica nel fatto che i ghiaccioli o primi nuclei si trovano in un mezzo reso debolmente conduttore dalla ionizzazione preesistente.

4. Le ipotesi da me avanzate danno ragione della possibilità che si formino dei chicchi di grossa mole ed è notorio invero che se ne osservarono alcuni anche del peso di molte centinaia di grammi.

Può accadere infatti che, l'azione rotatoria del campo elettrico operando su qualche casuale forma del primo nucleo ad esempio quella di un fascio

<sup>(1)</sup> L. Graetz, Wied. Annalen, 1900.

di aghetti disposti in direzioni inclinate, venga questo nucleo di forma particolare ad essere sollecitato da una componente verticale od inclinata diretta dal basso all'alto, così da permettere opponendosi alla gravità, a questo particolare nucleo, di soggiornare maggior tempo nel suo ambiente di formazione.

In queste condizioni il chicco può naturalmente caricarsi molto di nevischio o di ghiaccioli e raggiunto un peso tale da sorpassare la componente dal basso all'alto creata dalle azioni elettriche, cadere poi al suolo.

\*  
\* \*

Le condizioni fisiche perchè i chicchi di grandine abbiano a costituirsi sono quindi caratterizzate dalla necessità che, nell'ambiente di formazione, possano sussistere contemporaneamente del vapor acqueo, allo stato di sopra-fusione e dei globuli di ghiaccio: in altri termini, è necessario si verifichi la coincidenza che del materiale sospeso allo stato liquido, venga a contatto con del materiale allo stato solido.

Tali condizioni devono avvenire nelle regioni dell'atmosfera prossime alle linee isoterme della temperatura dello zero gradi, le quali determinano appunto la zona di formazione della grandine.

Orbene è chiaro che quelle condizioni termiche sono eccezionalmente realizzabili tanto nei climi a temperature eccessivamente alte, quanto nei climi a temperature eccessivamente basse.

Si constata, infatti, che nei climi tropicali e nei climi polari le precipitazioni grandinifere si manifestano assai raramente. Con maggior frequenza la grandine si produce, invece, nelle regioni a climi temperati, perchè in quelle latitudini le condizioni fisiche sopra esposte, si possono assai sovente verificare.

**Fisiologia.** — *La glicosuria nell'uomo sottoposto a rarefazione atmosferica* (1). Nota I del dott. A. AGGAZZOTTI, presentata dal Socio P. FOÀ.

P. Bert (2) aveva osservato che gli animali tenuti per qualche ora ad una bassa pressione avevano talora glicosuria; il fenomeno si presentava in modo irregolare e non poteva essere riprodotto a volontà. Le analisi del sangue fatte sui cani da Dastre (3) nelle stesse condizioni sperimentali rilevarono anche una notevole iperglicemia, se la rarefazione era stata forte

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisiologia della R. Università di Torino.

(2) Bert P., *La pression barométrique*. Paris, G. Masson, 1878.

(3) Dastre A., *De la glycémie asphyxique*. C. R. Acad. de Scienc, LXXXIX, 669, 1879.