
SULLA INVERSIONE DELLE CORRENTI NEI DUE ELETTROMOTORI
DI *HOLTZ* E NELL' ELETTROMOTORE DOPPIO DEL *POGGEN-*
DORFF ; NOTA DEL PROF. F. ROSSETTI, S. C. DEL R. ISTI-
TUTO VEN. DI SCIENZE LETT. ED ARTI.

Nell' adunanza del 1. Maggio 1873, il Prof. Rinaldo Ferrini comunicava all' Istituto lombardo il risultato delle sue indagini fatte intorno a questo fenomeno, col mezzo della macchina elettrica di Holtz, di seconda specie, vale a dire, coll'elettromotore a due dischi girevoli in senso inverso.

Trovò egli, che le inversioni venivano provocate per l'azione dei condensatori aggiunti all'elettromotore, e si succedevano a periodi determinati e dipendenti dalle varie circostanze che possono influire sull'efficacia dell'elettromotore e su quella del condensatore.

Nelle sue ricerche il Ferrini, che usò il metodo da me indicato in un precedente lavoro (1), dovette limitarsi all'elettromotore di seconda specie, non avendone a sua disposizione uno della prima specie abbastanza efficace.

Il gabinetto di fisica, che ho l'onore di dirigere venne da me provvisto di due buonissimi elettromotori di Holtz, di am-

(1) Uso della macchina di Holtz in alcune ricerche elettrometriche. *Rivista dell' Accademia di Padova*, 1872. *Nuovo Cimento*, Vol. V-VI, fascicolo di Giugno 1872.

bedue le specie, ed anche del doppio elettromotore di Poggen-dorff, coi quali ho fatto molte esperienze negli anni decorsi ed anche di recente, e molte di esse formarono già argomento di alcune mie pubblicazioni.

Fra quelle esperienze che ho registrate, e non ancora rese note, ve ne sono parecchie che si riferiscono appunto al fenomeno delle inversioni, e credo non vi dispiacerà ch'io venga qui ad esporvele brevemente.

§ 1.

Inversioni nell'elettromotore di Holtz della prima specie.

Comincerò coll'elettromotore di Holtz della prima specie, cioè con quello ad un solo disco girevole a piccola distanza da un disco fisso munito di aperture e di armature di carta, che finiscono con una o più linguette protendenti nel vano delle aperture.

L'esemplare di cui mi sono servito è stato costruito dal Ruhmkorff, e riuscì eccellente. Il disco girevole ha il diametro di 55 centim., il disco fisso ha due finestre e quindi due armature. Ad ogni rotazione della manovella corrispondono 5,4 giri del disco.

Questo elettromotore comincia a funzionare con sufficiente efficacia, quando l'igrometro a capello segna 80 gradi, che corrispondono a 0,56, e diventa attivissimo se l'igrometro indica 70 gradi (0,42), o meno.

Quando è munito delle due bottiglie, che Ruhmkorff suole fornire assieme all'elettromotore, si ottengono scariche allo spin-terometro, della lunghezza di 18 centimetri.

Le prime esperienze vennero eseguite senza che fosse stata introdotta alcuna modificazione all'elettromotore, il quale in origine non era munito di conduttore diametrale, e aveva le armature di carta, che occupavano uno spazio angolare di circa 15 gradi. Ma più tardi le armature furono prolungate, fino ad occupare ognuna di esse circa 60 gradi; inoltre, si aggiun-

se il conduttore diametrale, girevole in guisa, che poteva occupare qualunque posizione, rispetto al diametro che passa per i pettini principali, e formare quindi con questo diametro un angolo qualsiasi, a partire da 5° fino a 175° . Questo conduttore diametrale si poteva con facilità allontanare dalla macchina; e per conseguenza si potevano fare e si fecero delle esperienze coll'elettromotore munito di armature estese fino a 60° , ma privo di conduttore diametrale; ed altre se ne fecero coll'elettromotore completo, cioè munito di conduttore diametrale e di armature estese fino a 60° .

I Caso. — Elettromotore senza condensatore e con armature piccole, e senza conduttore diametrale.

Allorchè la macchina è attiva, se le palline degli elettrodi restano a contatto o sono a piccola distanza, tutto procede regolarmente, vale a dire ha luogo un efflusso di elettricità dai due pettini di segno opposto a quelle, onde sono cariche le armature respicienti, e contemporaneamente lungo i due conduttori un flusso elettrico eteronimo a quello dei pettini corrispondenti, e questo doppio efflusso continua indefinitamente senza mutare di segno. Ma allorchè la distanza fra le palline degli elettrodi si faccia tanto grande che non possa più aver luogo il salto della scintilla, e quindi la neutralizzazione dei due stati elettrici opposti delle due palline, allora succede il più delle volte che cessa di esser attivo l'elettromotore; ma talora, specialmente nelle giornate asciutte, avviene la inversione della corrente, cioè mutano di segno gli stati elettrici delle armature, dei pettini, delle palline. Queste inversioni *non si succedono con periodo regolare*: a una inversione talvolta tiene dietro la cessazione di attività dell'elettromotore, che ha allora bisogno di esser attuato nuovamente.

II Caso. — Elettromotore con armature estese fino a 60° , senza conduttore diametrale e senza condensatore.

In questo caso allorchè la macchina è attuata, e le palline dello spinterometro sono allontanate di tanto, che non rie-

sca possibile il salto delle scintille fra le medesime, *non avviene mai la inversione*, ma o l'elettromotore cessa di agire affatto, e ciò succede nelle giornate poco asciutte, oppure cessa di agire solo momentaneamente ed in apparenza, perchè portate nuovamente a contatto le palline, viene a rianimarsi l'attività dell'elettromotore, senza bisogno di una eccitazione esterna. Si vede che le parti dell'armatura di carta più lontane dai pettini, e meglio ancora quelle del disco fisso, ad esse determinanti, conservano per qualche tempo una tensione bastevole a riattivare l'elettromotore, tosto che il circuito dei conduttori venga chiuso.

III Caso. — *Elettromotore con armature piccole e con condensatore, senza conduttore diametrale.*

Qui si manifestano ininancabilmente *le inversioni con periodo regolare* tostochè la distanza fra le palline abbia superato il limite massimo, oltre il quale non ha più luogo la scarica esplosiva fra le medesime. Basta una sola bottiglia di non grande capacità a provocare siffatte inversioni, se l'aria non è troppo umida; altrimenti occorrono due o tre bottiglie disposte per tensione (batteria di Franklin). I periodi delle inversioni seguono quanto alla loro frequenza le leggi verificate dal Prof. Ferrini col mezzo dell'elettromotore di seconda specie.

Se le palline degli elettrodi sono *molto piccole*, si manifesta periodicamente, e alternativamente sull'una e sull'altra di esse *il fiocco caratteristico dello stato positivo*. Questo fenomeno si ottiene facilmente nelle giornate in cui l'aria è abbastanza asciutta, facendo uso di due o tre bottiglie disposte per tensione.

Allora la distanza a cui convien portare le palline, perchè non avvenga la scarica esplosiva e si manifesti invece l'inversione è piuttosto grande.

Importa molto di notare che l'apparizione del fiocco su una o sull'altra pallina, *non è contemporanea* alla inversione, *ma la precede di alquanto*, e sembra corrispondere all'istante in cui per l'azione concordante dell'elettromotore e del condensatore (come si vedrà in appresso), le palline raggiungono quella mas-

sima tensione che darebbe origine alla scarica esplosiva, se la distanza fra le palline non fosse soverchia.

IV Caso. — *Elettromotore con armature estese fino a 60°, con condensatore, senza conduttore diametrale.*

In questo caso le inversioni avvengono *meno facilmente* che nel caso precedente, e per provarle allorchè l'igrometro segnava 62°, occorsero tre o quattro bottiglie disposte per tensione, mentre non bastarono a produrre tale effetto tre o quattro bottiglie disposte per quantità. Ottenute le inversioni, queste continuano a ripetersi periodicamente, e se le palline dello spinterometro sono *piccole*, si manifesta alternativamente sull'una e l'altra di esse il solito fiocco che precede l'inversione. Devesi notare, che questo fiocco non si estende che a breve distanza attorno alla pallina, e non è da confondersi colla scarica a fiocco, che si estende da una pallina all'altra, la quale scarica sostituisce la scintilla e non dà luogo alla inversione.

V Caso. — *Elettromotore con armature estese fino a 60°, con condensatore e con conduttore diametrale.*

Quando l'elettromotore è munito del conduttore diametrale, *non si hanno mai le inversioni periodiche*, nemmeno ricorrendo a parecchie bottiglie di Leyda disposte per tensione.

Per rendersi ragione del modo di agire del conduttore diametrale, basta sperimentare nelle tenebre. Si attiva l'elettromotore (al quale scopo gioverà di tenere il conduttore diametrale inclinato di piccolo angolo, rispetto al diametro orizzontale che passa pel pettini principali, o meglio ancora, di muovere il conduttore diametrale dalla posizione verticale, fino quasi alla orizzontale, in senso inverso al moto del disco, mentre questo ruota e mentre l'armatura di carta è resa attiva mediante una lamina di ebanite, o col contatto del bottone-dell'armatura interna d'una bottiglia di Leyda) e poscia si colloca il conduttore diametrale a circa 60 gradi, in modo che i suoi pettini prospettino l'estremo lembo dell'armatura di carta.

Allora si noterà, che mentre le palline dello spinterometro sono a contatto, i soli pettini principali si appalesano attivi; i diametrali o sono inattivi, oppure hanno una debole tensione opposta a quella dei principali, e ciò succede specialmente se l'aria è secca: appena staccate le palline, cominciano a farsi attivi anche i pettini diametrali, in senso concorde a quello dei pettini principali, e di mano in mano che si allontanano le dette palline, va aumentando l'azione dei pettini diametrali, e scemando quella dei pettini principali, e quando fra le palline dello spinterometro non scoccano le scintille, sembra che i pettini principali siano inoperosi, e invece si manifesta massima l'attività dei conduttori diametrali.

Se però si esperimenta con aria molto secca riesce bensì molto grande l'attività dei pettini diametrali, ma si conservano abbastanza attivi eziandio i principali, anche quando le palline dello spinterometro sono tanto distanti da non consentire la scarica esplosiva.

La linguetta dell'armatura segue le vicende del pettine principale che le sta contro; agisce colla massima efficacia allorchè le palline dello spinterometro sono a contatto o poco discoste, e possiede una piccola tensione quando le palline sono molto discoste, ed il pettine principale ha una tensione minima. Però anche quando i pettini principali sembrano inoperosi, ed i diametrali possiedono la massima attività, le linguette conservano una qualche benchè piccola azione.

L'elettromotore munito di armature estese e di conduttore diametrale, si comporta nel modo ora descritto, sia che lo si faccia agire senza condensatore, o sia che vi si uniscano una o più bottiglie di Leyda; cioè, come si è già detto, quando l'elettromotore è munito di conduttore diametrale, non si ottengono mai le inversioni periodiche, si agisca senza condensatore, ed anche col condensatore a forte tensione. (batteria di Franklin).

§ 2.

Attivazione dell'elettromotore di Holtz della prima specie mediante le bottiglie di Leyda.

È già noto, che un elettromotore di Holtz può essere messo in azione coi seguenti maneggi:

1.º Col tenere in prossimità dell'armatura di carta una lamina di ebanite strofinata, oppure col tenere a contatto della detta armatura il bottone di una boccia di Leyda carica. In questo caso è necessario, che le palline dello spinterometro siano a contatto, ossia il circuito dei conduttori principali deve esser chiuso.

2.º Col trasmettere, mediante reofori, la corrente di un altro elettromotore, ai due pettini dell'elettromotore che si vuol attuare: allora le palline dello spinterometro di ognuna delle due macchine, attuante ed attuata, devono essere discoste.

3.º Col mettere in comunicazione coi due pettini principali le due armature di una boccia o di una batteria di Leyda, mantenendo staccate le palline dello spinterometro, intanto che viene messo in giro il disco dell'elettromotore.

In quest'ultimo caso l'elettromotore, se è privo di conduttore diametrale, si carica in *modo affatto opposto* a quello che si verifica allorchè esso ne è munito.

Questo terzo caso è della massima importanza, e merita di essere studiato, perchè dà qualche indizio circa il modo di comportarsi del conduttore diametrale, nello impedire le inversioni, e può mettere sulla via di spiegare l'efficacia dei condensatori nella produzione di quel fenomeno.

I Esperienza. — Elettromotore senza conduttore diametrale.

Vennero caricate colla macchina ordinaria, o con altro elettromotore di Holtz, due grosse bottiglie, in modo che l'armatura interna di una era carica di elettricità positiva, e l'interna dell'altra di elettricità negativa. Riunite con arco metallico le due armature esterne, si ebbero così due boccie disposte

per tensione, e cariche in modo che i bottoni delle due armature interne presentavano opposte tensioni. Mediante due reofori, si fecero comunicare quei due bottoni cogli elettrodi dell'elettromotore, tenendo staccate le palline dello spinterometro. Allora si cominciò a girare il disco, e si osservò che ognuno dei pettini presentava alle punte lo stato elettrico omonimo a quello dell'armatura della boccia colla quale comunicava mediante il reoforo: cioè, quel pettine che comunicava coll'armatura della positiva, mandava fuori dalle sue punte i fiocchi caratteristici della elettricità positiva, e si presentavano invece le stellette alle punte dell'altro pettine, che comunicava coll'armatura negativa.

Insomma le due armature della batteria si scaricano per mezzo dei pettini sul disco in movimento, e se l'aria è molto umida, in breve tempo la carica si è dileguata senza alcun prò; ma se l'aria è abbastanza secca, l'elettromotore viene caricato nel senso suindicato.

Però se si continua la rotazione del disco, mentre le palline dello spinterometro sono molto discoste (in modo che non scocchi la scintilla), le bottiglie, dopo aver ceduta la loro carica all'elettromotore, vengono da questo caricate inversamente allo stato di prima, e quando la loro nuova carica ha raggiunto il limite massimo, consentito dallo stato igrometrico attuale, si scaricano di nuovo sul disco mobile, producendo la inversione, che si ripete poscia periodicamente.

II Esperienza. — *Elettromotore munito di conduttore diametricale.*

Disposte le cose come nella precedente esperienza, si collochi il conduttore diametricale in modo da formar un piccolo angolo col diametro dei pettini principali se l'aria è umida (10° o 15°) ed un angolo di 40 o 50 gradi se l'aria è secca. Appena è messo in rotazione il disco, vedrannosi sulle punte dei pettini principali i segni elettrici omonimi a quelli delle armature con esse comunicanti; ma questi segni durano un istante, perchè subito dopo appaiono i segni opposti prima sul vicino pettine diametricale, e poscia anche sul pettine principale, e allora l'elet-

tromotore rimane attuato in senso opposto a quello della I Esperienza, e le bottiglie invece di scaricarsi totalmente per riprendere una carica opposta, e dar poscia luogo alle inversioni, continuano *a caricarsi sempre più nel senso primitivo*: e raggiunto il limite massimo di carica lo conservano inalterato, perchè le perdite subite per l'azione dei corpi vicini e dell'aria circostante vengono compensate dall'elettromotore, nel quale la presenza del conduttore diametrale conserva l'attività e impedisce le inversioni.

§ 3.

Interpretazione delle precedenti esperienze.

Da che dipende il diverso modo di caricarsi dell'elettromotore nei due casi suindicati, e il fatto delle inversioni che si hanno nel primo caso, e non si manifestano in alcun modo nel secondo?

Evidentemente quei fenomeni sono collegati fra di loro, e spiegando l'uno riesce spiegato anche l'altro.

Quando la macchina è priva di conduttore diametrale, e la si carica nel modo indicato nella I esperienza, è chiaro che l'armatura positiva della bottiglia cedendo la propria elettricità al pettine col quale comunica (il quale intanto, se le condizioni igrometriche sono favorevoli, provoca la carica sul disco mobile, e sull'armatura di carta che gli sta di fronte) giunge ad avere la tensione nulla, e poscia comincia ad avere la tensione negativa, la quale per l'azione continua dell'elettromotore va crescendo fino a raggiungere il limite massimo compatibile collo stato igroscopico dell'aria circostante: a principiare da quell'istante l'elettromotore continua ancora per poco a funzionare; intanto la tensione negativa va aumentando lungo il conduttore principale, finchè divenuta massima anche sul pettine, viene annullata per un istante l'azione dell'armatura di carta, cessa per un attimo di esser carico di elettricità anche il disco girevole, e in quel momento il complesso dell'elettromotore ed accessori si trova nelle stesse condizioni in cui si trovava al principio

della esperienza: la batteria quindi si scarica per mezzo dei pettini sul disco girevole, e siccome dallo stesso elettromotore era stata caricata inversamente, perciò questo rimane attivato in modo inverso, e così hanno luogo le inversioni periodiche.

Nella seconda esperienza invece, appena si incomincia a girare il disco, quelle parti di esso che passano dinanzi al pettine principale che comunica coll'armatura positiva della batteria, si caricano effettivamente di elettricità positiva; ma passando poscia dinanzi al pettine del conduttore diametrale provocano da questo una scarica negativa a cui corrisponde una scarica positiva per parte dell'altro pettine appartenente al conduttore diametrale: quest'ultima scarica provvede le parti allora respicienti del disco girevole di una carica positiva, sicchè quando queste vengono a passare pel suddetto conduttore principale provocano da esso la scarica negativa, che poi continua.

Lo stesso ragionamento può ripetersi rispetto all'altro pettine principale che comunica coll'armatura negativa della batteria, e al successivo pettine del conduttore diametrale: gli effetti sono concordanti, e per conseguenza si rinforzano. La energica scarica negativa del primo pettine diametrale, e la contemporanea positiva del secondo rendono attive le due armature di carta, e dopo il primo giro la macchina è attivata, le bottiglie hanno ceduto una piccolissima parte della loro elettricità, che riacquistano subito per caricarsi sempre più nello stesso senso.

Raggiunto il massimo limite di carica della batteria, non ha tuttavia luogo la inversione, poichè sebbene la tensione vada continuamente aumentandosi sul conduttore principale fino a raggiungere il limite massimo anche sui pettini principali (tanto che nei giorni in cui l'aria è poco secca, riesce quasi annullato il loro effetto) pure continuano ad esser attivi i pettini diametrali, anzi allora spiegano la massima attività, e provvedono la faccia respiciente del disco girevole delle due elettricità necessarie a mantenere costante la direzione della corrente. La quale, anche quando è massima la tensione della batteria, si divide in due parti: la parte minore passa nei condut-

tori principali (i quali, bisogna ricordarlo, sono staccati), e reintegra le perdite che gli stessi conduttori, i reofori, e le armature subiscono per la vicinanza dell'aria e dei corpi circostanti; la maggior parte della corrente si neutralizza lungo il conduttore diametrale che unisce metallicamente i due pettini diametrali, i quali appunto per ciò possono mantenersi così tanto attivi. Colla loro efficacia questi pettini conservano poi lo stato elettrico opposto alle prospicienti armature di carta, ed alle relative linguette.

I conduttori diametrali soddisfano completamente al loro ufficio; mantengono carica per qualche tempo la macchina anche quando essa riposi, e conservano costante la direzione della corrente perfino quando all'elettromotore sia aggiunta una batteria, la quale senza l'esistenza del conduttore diametrale provocherebbe immancabilmente le inversioni periodiche.

Qualche inversione accidentale potrebbe talvolta aversi anche in un elettromotore munito del conduttore diametrale: ma allora si dovrà cercarne la causa nella vicinanza accidentale di qualche corpo conduttore che agisca per influenza, e turbi l'azione regolare della macchina.

§ 4.

Inversione dell'elettromotore di Holtz della seconda specie.

L'esemplare da me usato esce dall'officina del Tecnomasio italiano, ed è probabilmente identico a quello di cui si è servito il professore Ferrini nelle sue esperienze.

Esso consta di due dischi girevoli in senso inverso intorno ad un asse verticale: porta quattro pettini, due al di sotto colle punte rivolte all'insù verso la faccia del disco inferiore, e situati lungo un diametro, gli altri due posti superiormente colle punte rivolte all'ingiù verso il disco superiore, e disposti nella direzione d'un diametro perpendicolare a quello che passa per gli altri due pettini. Questi pettini sono accoppiati metallicamente, per modo che un pettine inferiore comunica col succes-

sivo superiore. Un'asticciuola metallica scorrevole e terminata con una sfera, comunica con una coppia di pettini, e ne costituisce un elettrodo, un'altra asticciuola simile e comunicante coll'altra coppia di pettini forma l'altro elettrodo, e quando l'elettromotore è attivo le scintille scoccano fra le palle dei due elettrodi che fanno quindi l'ufficio di spinterometro.

Per attivare questo elettromotore, basta mantenere per breve tempo una lamina di ebanite strofinata di fronte all'uno o l'altro dei quattro pettini (collocandola sopra il disco superiore, se vuolsi rendere attivo uno dei pettini inferiori e viceversa), e far girare i dischi in senso tale, che le parti di ogni disco che passano di fronte alle punte di un pettine prima di giungere al pettine diametrale situato dalla stessa banda, debbano prospettare nel loro passaggio quello degli altri due pettini, che non trovasi metallicamente congiunto col primo.

Così facendo, una coppia di pettini coniugati riesce elettrizzata positivamente, l'altra coppia negativamente, e fra le palline dello spinterometro scoccano le scintille.

Se i due dischi si facessero ruotare in senso inverso, allora ogni coppia di pettini coniugati riescirebbe elettrizzata in modo discorde; uno dei pettini accoppiati presenterebbe i fiocchi, l'altro le stellette; la corrente si avrebbe nell'arco metallico che congiunge i due pettini; un'altra corrente si avrebbe nell'arco metallico che congiunge gli altri due: invece gli elettrodi sarebbero privi di tensione.

Si potrebbero utilizzare le due correnti interrompendo i due archi di congiunzione; ma si preferisce di far girare i dischi nel senso prima indicato, con che si ottiene agli elettrodi una corrente che risulta dalla somma delle due.

Attuato in questo modo l'elettromotore fornisce una grande copia di elettricità, la quale nelle giornate secche può acquistare una notevole tensione, ove si aggiunga all'elettromotore un condensatore formato da una, o meglio da due bottiglie di Leyda disposte in batteria all'uso di Franklin (1). Però la ten-

(1) Il Tecnomasio suole aggiungere all'elettromotore una sola bottiglia a pareti piuttosto sottili, che facilmente viene forata. Acquisterebbe

sione non può superare un certo limite dipendente dallo stato igrometrico dell'aria. Raggiunto quel limite si manifesta il fenomeno delle inversioni periodiche, come ora si vedrà, e come ha già dimostrato il Prof. Ferrini.

Questo fenomeno non può essere scongiurato in nessun modo, mancando in questo elettromotore le armature, ed il conduttore diametrale che si mostrò tanto efficace nell'elettromotore della I specie (1).

La mancanza di armature fa sì che la macchina cessa di esser carica tosto che sia cessato il movimento dei dischi. Invece essa si carica assai facilmente in causa della grande velocità con cui si spostano le parti dei due dischi mercè la rotazione in senso inverso.

Ho ottenuto le inversioni periodiche con questo elettromotore in due modi:

- I Mediante condensatori completi;
- II Col mezzo d'un condensatore incompleto.

I Caso. — *Inversioni ottenute mediante i condensatori.*

Se si faccian comunicare coi due elettrodi di questo elettromotore, le due armature di un quadro di Franklin, o di una boccia di Leyda, o di una batteria, e si allontanino le due palline dello spinterometro di tanto che non possa più scoccare la scintilla fra le medesime, avrannosi immancabilmente le inversioni periodiche. Basterà una sola boccia o un quadro di Franklin anche sottile, se l'aria è secca; occorreranno due o tre bottiglie disposte per tensione, o un quadro molto grosso se l'aria è umida: altrimenti la macchina si scarica.

Credo inutile di riferire le molte esperienze fatte per indagare l'influenza che esercitano sulla frequenza delle inversioni la grossezza del condensatore, la grandezza delle armature, e

maggior pregio la macchina se fosse munita di due bottiglie accoppiate all'uso di Franklin, o almeno di un condensatore cilindrico a pareti grosso. Le scintille riescirebbero più lunghe.

(1) Holtz ha aggiunto il conduttore diametrale anche all'elettromotore della seconda specie.

le altre circostanze che influiscono sulla efficacia dell'elettromotore: i risultati da me ottenuti concordano in generale con quelli indicati dal Prof. Ferrini.

Noterò qui solamente, che se alle due sfere piuttosto grosse dello spinterometro si sostituiscono due piccole palline, allorchè queste sono tanto discoste, che non possa succedere la scarica esplosiva, hanno luogo le inversioni periodiche, e un istante prima che avvenga l'inversione, or l'una or l'altra delle palline manifesta il fiocco positivo in modo affatto analogo a quanto venne descritto al § I, III caso e IV.

Io ritengo che il Riess, parlando di inversioni, intendesse di accennare a questo fiocco, non alla scarica a fiocco; poichè questa impedisce le inversioni.

A me non fu possibile di trovare il passo delle memorie del Riess, nel quale, a quanto riferisce il Prof. Ferrini, quell'illustre fisico dichiara di non aver mai potuto ottenere le inversioni coll'intervento del condensatore.

Le mie esperienze mi conducono alla conclusione opposta, e posso dire che in ambidue gli elettromotori non si hanno inversioni periodiche, senza l'intervento di condensatori.

II Caso. — *Inversioni provocate da un condensatore incompleto.*

Chiamo condensatore incompleto una lamina di vetro munita di una sola armatura di stagnola. Mi sono servito di un siffatto condensatore per produrre sulla faccia nuda della lamina le figure luminose caratteristiche dei due stati elettrici, che ho descritte in una Nota pubblicata lo scorso anno (1). A tal uopo si fa comunicare l'armatura di stagnola con uno degli elettrodi dell'elettromotore di Holtz mediante un reoforo di cui un capo è fissato all'elettrodo, e l'altro capo ad un'asticciola che tocca il centro dell'armatura. Un altro reoforo fa comunicare

(1) Di una curiosa ed elegante esperienza elettrica. — *Atti della Società Veneto-Trentina di Scienze Naturali*. Vol. I. 1872. — *Nuovo Cimento*. Vol. V-VI, fascicolo di Luglio 1872.

l'altro elettrodo con una seconda asticciuola che tocca il centro della faccia nuda del vetro.

Allorchè l'elettromotore è in attività si staccano alquanto le palline dello spinterometro: fra queste scoccano le scintille, e contemporaneamente vedonsi le figure elettriche luminose sulla faccia nuda del vetro.

Si allontanino ancora più le palline dello spinterometro, sicchè non possa più aver luogo la scarica fra di esse: allora si avranno le inversioni e contemporaneamente le figure elettriche luminose che sono identiche per forma a quelle che si appalesavano prima simultaneamente alla scarica esplosiva.

Nella citata Nota ho descritto l'apparato di cui mi sono servito per il miglior isolamento, ed ho anche indicato le dimensioni più opportune della lamina e dell'armatura. Sarà utile di avere a disposizione tre lamine non più grosse di un millimetro, munite ciascuna di una sola armatura circolare, del diametro di otto o dieci centimetri una, la seconda del diametro di circa 13, la terza del diametro di circa 16 centimetri. Si farà uso dell'una o dell'altra a seconda dell'efficacia dell'elettromotore e dello stato igrometrico dell'aria, e l'esperienza riuscirà senza dubbio.

§ 5.

Inversioni delle correnti nel doppio elettromotore di Poggendorff.

Se due elettromotori di Holtz della prima specie vengano posti uno di fronte all'altro, in modo che i dischi mobili riescano interni, e siano girevoli intorno al medesimo asse, e che ognuno dei due pettini principali di uno degli elettromotori sia congiunto metallicamente con quello principale che è situato dalla stessa parte nell'altro elettromotore; se inoltre le due macchine abbiano comuni gli elettrodi che sono formati da due bastoni metallici terminati in sfera, i quali formano un ponte di congiunzione tra i cilindri metallici, che servono a tenere appaiati

i pettini dei due elettromotori, si avrà da questa combinazione il doppio elettromotore di Poggendorff dotato di una mirabile efficacia.

La descrizione minuta di questo elettromotore, e dei singolari fenomeni che esso presenta, fu data dallo stesso Poggendorff nei suoi *Annali* (1), ed io ebbi agio di verificarne pienamente l'esattezza.

Ambedue le macchine componenti il doppio elettromotore sono munite del conduttore diametrico girevole ed amovibile.

Le armature di carta sono fatte a T; cioè vi ha una striscia di carta della larghezza di circa 3 centimetri di fronte al pettine principale, di cui l'appendice fatta a linguetta si protende nel vano della finestra; poi alla distanza di circa 50° in direzione opposta a quella della linguetta, evvi una seconda striscia di carta uguale alla precedente, che costituisce l'armatura del pettine diametrico, e le due striscie di carta sono riunite da una terza striscia fatta ad arco. I pettini diametrici occupano adunque in generale la posizione segnata dalle armature, cioè formano un angolo di circa 50 gradi coi pettini principali.

Il doppio elettromotore quando è munito dei pettini diametrici presenta il fenomeno singolare, che i pettini accoppiati hanno sempre lo stesso segno elettrico, ed inoltre che per caricare le due macchine basta attuare una, tenendo staccate le palline dello spinterometro: se invece si tengono a contatto le due palline, riesce carica solamente quella macchina che subisce la induzione della lamina di ebanite strofinata.

La grande efficacia di questo elettromotore deve essere attribuita alla circostanza che i pettini diametrici mantengono costante la direzione delle correnti, e che queste in ambedue le macchine sono concordj, per modo che la scarica fra le palline dello spinterometro riesce uguale alla somma delle scariche parziali, che si avrebbero dalle due macchine tenute separate. Oltre a ciò gli elettrodi sono molto grossi e bene isolati, sicchè

(1) Poggendorff, *Annalen*. Vol. 141. *Annuario scientifico ed industriale*. — Anno settimo, 1870, pag. 114.

la dispersione dell'elettricità è minore di quella che si manifesta negli altri elettromotori.

Inversioni periodiche non mi riuscì di ottenerne, se non ricorrendo alla combinazione seguente.

Si fanno girare ambedue i dischi; le due macchine si caricano concordemen^t: poscia si toglie il conduttore diametrale ad una delle macchine, e si continua la rotazione dei dischi, avvertendo che l'*elettromotore sia fornito di condensatore*; finchè fra gli elettrodi scoccano le scintille, le due macchine continuano ad esser cariche concordemente, ma appena le palline vengono allontanate di tanto da non aver più scintille, succede che la macchina priva di conduttore diametrale cambia la sua polarità, sicchè le due macchine continuano per pochi istanti a funzionare in senso discorde, e poi avviene una inversione contemporanea in ambedue le macchine, la quale è susseguita da una nuova doppia inversione; insomma si hanno contemporaneamente le inversioni periodiche in ambedue le macchine, che continuano a funzionare in senso discorde. Avvicinando nuovamente gli elettrodi fino ad aver scintille, le macchine funzionano allora concordemente nel senso stesso di quella munita di conduttori diametrali; e allontanando di nuovo gli elettrodi si ripetono gli stessi fatti, cominciando prima l'inversione nella macchina senza conduttore diametrale, indi simultaneamente e periodicamente in ambedue.

Avverto, che per ottenere questo fenomeno in una giornata di mediocre secchezza, bastò che l'elettromotore fosse fornito di due piccole boccie di Leyda disposte per tensione: in un altro giorno in cui l'aria era molto secca dovetti far uso di quattro bottiglie disposte per tensione aventi ognuna le armature di circa 5 decimetri quadrati.

In nessun altro caso il doppio elettro-motore consente le inversioni periodiche.

§ 6.

Interpretazione del fenomeno.

L'interpretazione che è stata data nel § 3 per le due esperienze descritte nel § 2 trova la sua applicazione nel caso attuale. Si è visto che un condensatore, e meglio una batteria alla Franklin, provoca immancabilmente le inversioni in un elettromotore privo di conduttore diametrale; ma se l'elettromotore è munito del conduttore diametrale, allora il condensatore o la batteria non producono altro effetto che quello di *scemare l'efficacia dei pettini principali*, e di render massima l'attività dei pettini diametrali.

All'istante adunque in cui la batteria ha raggiunto la massima tensione nell'esperienza ora citata, avviene che essa si scarichi sull'elettromotore privo di conduttore diametrale, provocando così l'inversione della carica di questo elettromotore, i cui pettini comunicando coi pettini principali dell'altro elettromotore (i quali appunto allora agiscono con poca efficacia) fanno succedere in questi, e quindi anche nei diametrali la inversione: intanto la batteria si carica in senso inverso, raggiunge il limite massimo, si scarica di nuovo per la via dei pettini di quell'elettromotore che manca di conduttore diametrale, e vi provoca una nuova inversione che è accompagnata dalla simultanea inversione degli stati elettrici nei pettini principali e diametrali dell'altro elettromotore; e così si ripetono le inversioni ad uguali intervalli di tempo.

§ 7.

Inversione della polarità del coibente invocata dal Prof. Ferrini a spiegare il fenomeno delle inversioni. Non è ammissibile siffatta spiegazione.

Siccome nel fenomeno delle inversioni anche le armature del condensatore mutano alternativamente lo stato elettrico, così

è certo, che anche la massa coibente interposta fra le armature dovrà mutare alternativamente la sua polarità. Ora il Ferrini ritiene, che l'inversione della corrente nell'elettromotore sia preceduta dalla scarica del condensatore, la quale, secondo il suo modo di vedere, neutralizzerebbe gli stati elettrici dei due dischi girevoli, e provocherebbe un'inversione nella polarità del coibente: e questo agendo poscia per induzione sulle armature, provocherebbe finalmente la inversione sull'elettromotore.

Che dopo la scarica le armature di un condensatore possano trovarsi in istato elettrico opposto a quello di prima, risulta anche dalle esperienze di Feddersen (1) sulla scarica oscillatoria delle batterie, e dalle posteriori di Oettingen (2) e di Paalzow (3): e lo dimostrò teoricamente il Kirchhoff (4).

Io stesso ne darò più sotto una prova.

Ma non mi sembra che le esperienze del Ferrini provino che l'inversione di polarità del coibente preceda l'inversione dell'elettromotore, e ritengo invece, che le inversioni siano propriamente dovute alla scarica del condensatore per la via dei pettini sui dischi girevoli.

Le esperienze citate dal Ferrini in appoggio del suo assunto non mi sembrano concludenti. Quando si considera in qual modo una bottiglia di Leyda carica possa attuare un elettromotore privo di conduttore diametrico (V. § 2, esperienza I), non recherà sorpresa il vedere che mettendo in comunicazione col pettine fino allora negativo (ove è prossima ad annullarsi la tensione) l'armatura della bottiglia carica di elettricità negativa, il pettine riprenda la sua primiera attività.

Se fosse vero che basta la scarica per provocare prima l'inversione del coibente, poscia quella dell'elettromotore, basterebbe mediante uno scaricatore, mettere in comunicazione le due armature del condensatore: ma ciò facendo si vedrà che non ha luogo la inversione dell'elettromotore.

(1) Feddersen, *Pogg. Ann.* CIII e CXIII.

(2) Oettingen, *Pogg. Ann.* CXV.

(3) Paalzow, *Pogg. Ann.* CXII.

(4) Kirchhoff, *Pogg. Ann.* CXXI, pag. 554.

Ove si faccia l'esperienza atta a provocare le inversioni in ambedue le specie di elettromotori, dai segni elettrici luminosi lungo i reofori, ed anche da quelli sulle palline dello spinterometro, si potrà concludere che l'inversione è provocata dalla scarica dell'elettricità delle due armature per la via dei reofori e dei pettini.

Più evidente riesce ancora il fenomeno, se si faccia uso di un tubo di Geissler interposto fra un pettine e l'armatura del condensatore, od anche avvicinato con uno dei suoi estremi al reoforo che li congiunge.

Allora i segni luminosi del tubo, o i fiocchi del reoforo renderanno palese come dapprima la corrente p.e. della elettricità positiva, vada dal pettine (se questo è negativo) verso l'armatura, e quando questa ha raggiunto il massimo livello potenziale compatibile collo stato igrometrico dell'aria e coll'efficacia dell'elettromotore, allora comincia a diffondersi lo stesso stato elettrico lungo il reoforo, mantenendosi alla medesima altezza di livello, e progredendo dall'armatura verso i pettini, fino che qui neutralizzando l'azione dei dischi girevoli trova modo di elettrizzarli in senso inverso effluendo dalle punte dei pettini.

Che le faccie del coibente all'atto della scarica si trovino in istato elettrico opposto a quello che posseggono durante la carica, parmi una conseguenza necessaria della direzione che assume la corrente di carica e quella di scarica.

Il galvanometro già dimostra il senso opposto di queste due correnti; e sappiamo che tenendo conto della direzione della corrente positiva, un punto qualunque del circuito vuolsi riguardare come dotato di tensione positiva rispetto ai punti del circuito che lo seguono nel senso di detta corrente; e si comporta come se fosse dotato di tensione negativa rispetto a quelli che lo precedono. Dunque l'elettrodo, che porta la carica positiva all'armatura del condensatore, sarà dotato di tensione positiva durante la carica in confronto dell'armatura, e questa si mostrerà pure positiva in confronto della faccia del coibente: quando ha luogo la scarica, succede il movimento elettrico opposto, e allora il reoforo si comporterà rispetto all'armatura ed al coibente, come se fosse dotato di tensione negativa.

Le seguenti esperienze dimostrano luminosamente questo fatto.

Esperienza I. — Facendo uso di uno o l'altro degli elettromotrici di Holtz, si dispongono le cose in modo da ottenere le figure elettriche luminose quali vennero da me descritte nella Nota citata al § 4, Il Caso.

Per concretare le idee, sia il reoforo positivo che trovasi a contatto della faccia nuda del condensatore incompleto, mentre il reoforo negativo comunica coll'armatura metallica, di cui è munita la faccia opposta del vetro. Tenendo staccate le palline dello spinterometro, non tanto da impedire il salto della scintilla fra le medesime, è noto che ogni volta che scocca la scintilla allo spinterometro, sulla faccia nuda del vetro all'ingiro del reoforo, si manifesta la figura elettrica luminosa, che io ho rappresentato nelle fig. 1 e 2 della tavola annessa alla più volte citata Nota. Sono linee luminose incurvate, talvolta rientranti in se stesse, e poco ramificate. Siccome si ottengono col reoforo positivo, si avrebbe potuto chiamarle figure caratteristiche della elettricità positiva: ma io mi sono ben guardato dal chiamarle così, e le nominai semplicemente figure *caratteristiche dell'elettrodo positivo*, come dissi *caratteristiche dell'elettrodo negativo* le figure 3 e 4 che si ottengono quando è il reoforo negativo che trovasi a contatto della faccia nuda del vetro, e che si distinguono dalle altre per le molte ed esilissime ramificazioni. La ragione della riserva da me usata allora, sta nella somiglianza ch'io ebbi tosto a notare fra le figure luminose ottenute col *reoforo positivo* al momento in cui ha luogo la scarica esplosiva tra le palline dello spinterometro e le figure elettriche, che il Lichtemberg ottenne facendo scoccare sulla faccia nuda d'un coibente la scintilla da un corpo carico di *elettricità negativa*, e cospargendo poscia la detta faccia con polvere di lycopodio e minio; come pure trovai perfetta la somiglianza tra la forma delle figure luminose ottenute coll'elettrodo *negativo*, e le figure che il Lichtemberg chiamò *positive*, perchè le aveva ottenute col fare scoccare sul coibente una scintilla da un corpo elettrizzato positivamente.

Pensai fino d'allora, che le diverse figure potessero dipen-

dere dal diverso modo di propagazione del movimento elettrico. Ora sono in grado di offrirne una prova nella seguente esperienza.

Esperienza II. — Si prendano due bottiglie grosse, ed abbastanza grandi, e si dispongano in batteria al modo di Franklin.

Con un reoforo si metta l'armatura positiva di questa batteria in comunicazione colla lamina di stagnola, che forma l'armatura del condensatore incompleto.

Poi mediante uno scaricatore si metta in comunicazione l'armatura *negativa* della batteria con un asticciola che tocca il centro della faccia nuda del suddetto condensatore incompleto, facendo in tal guisa scoccare delle scintille di elettricità *negativa* dallo scaricatore sull'asticciuola metallica. Si otterrà, ogni volta che scocca la scintilla, una figura elettrica luminosa sulla faccia nuda del condensatore incompleto all'ingiro dell'asticciola che funge dal reoforo; e le figure luminose ottenute da queste scintille di elettricità *negativa* appariranno identiche a quelle che si hanno col reoforo *positivo* dell'elettromotore di Holtz al momento della scarica fra le palline dello spinterometro.

Dunque l'estremità del *reoforo positivo* dell'elettromotore di Holtz, si trova al momento *della scarica* nello stesso stato elettrico che presenta il bottone dell'armatura *negativa* di una bottiglia al momento in cui con quel bottone si toccasse la faccia d' un coibente per *caricarlo*.

Per conseguenza al momento in cui scocca la scintilla fra le palline dello spinterometro, il pettine e l'estremità del reoforo che comunicano colla stessa pallina hanno tensioni omonime fra loro ed eteronime a quella della pallina, e perciò non può aver luogo la inversione della corrente dell'elettromotore, la quale trova aperta la via dello spinterometro, che viene percorsa anche dalla corrente di scarica del condensatore. Ma quando in causa della soverchia distanza fra le palline, quella via rimane chiusa, allora la corrente che proviene dal condensatore contrasta con quella fornita dall'elettromotore, e siccome quella è un effetto dell'accumulamento, ha maggior efficacia dell'altra, la vince e si apre la via dei pettini che servono di

sfogo alla scarica del condensatore, e in pari tempo provoca l'attuazione dell'elettromotore in senso inverso al precedente.

Padova, 19 Luglio 1873.



**MODO DI UTILIZZARE IL CALORICO DELL' AMBIENTE PER PRODURRE
UN PICCOLO LAVORO ; NOTA DEL PROF. ENRICO BER-
NARDI.**

1. Aveva pensato più volte al modo col quale si potesse approfittare del calorico dell'ambiente, per produrre facilmente un lavoro fosse pure così piccolo quanto è necessario per mantenere il moto ad un orologio. Prima però di ricercare un sistema operante qualunque adatto alla trasformazione del detto calorico in lavoro, era mestieri mi procurassi un corpo che naturalmente si mantenesse più freddo dell'ambiente. Per operare infatti una trasformazione di calorico in lavoro non basta avere del primo in quantità, ma è necessario poter disporre d'una caduta di temperatura.

2. Stabilitomi così questo problema di principio mi fermai alquanto sopra questa sua soluzione: se una forte massa d'acqua viene chiusa in un recipiente rivestito con grossi e ripetuti strati di materia poco conduttrice del calorico, dessa resta molto inerte nel seguire i naturali cangiamenti di temperatura dell'ambiente, e la sua temperie quindi si trova talvolta più alta e talvolta più bassa di quella dell'aria circostante. — Nulla però ho mai tentato in addietro per approfittare di queste differenze a produr lavoro, e ciò perchè essendo generalmente piccole, non aveva fiducia si potesse trovare un mezzo semplice e sicuro da trarne quanto basta per mantenere il moto ad un