**SULLE CORRENTI DOVUTE ALL'EFFETTO VOLTA E SULLA SEDE DELLA F. E. M.
DI CONTATTO.**

Nota di O. M. CORBINO ¹⁾.

Avvicinando e allontanando due dischi di metalli eterogenei, riuniti con un filo metallico, e tra i quali, per l'effetto Volta, esiste una differenza di potenziale costante V , essi si caricano di quantità variabili di elettricità, dipendentemente dalla capacità C del sistema dei due dischi. E perciò se i dischi si portano da una distanza alle quale quella capacità è trascurabile, a una distanza molto piccola, cui corrisponde la capacità C , il filo che li mette in comunicazione sarà traversato dalla quantità di elettricità

$$Q = C V$$

e una quantità eguale passerà in senso opposto all'atto dell'allontanamento dei dischi.

Producendo delle variazioni periodiche di capacità il filo sarà così percorso da correnti alternate, che si potranno rad-drizzare con un opportuno commutatore solidale col moto dei dischi.

Fu appunto con questo metodo che il Majorana ²⁾ riuscì a produrre correnti dell'ordine di grandezza di circa 10^{-9} ampere.

Con un dispositivo molto semplice sono riuscito a produrre correnti un milione di volte più intense, dell'ordine di un milliampere. L'entità degli effetti ottenuti mi ha indotto a pubblicare la presente Nota, anche perchè la considerazione delle notevoli quantità di energia messe in giuoco mi ha suggerito un'obbiezione molto grave, contro l'idea così dibattuta

1) Dall'Istituto fisico della R. Università di Messina.

2) Q. Majorana. Nuovo Cim. serie IV, anno IX, pag. 341, 1899.

che l'effetto Volta abbia origine al contatto dei due metalli, e non sia dovuto invece all'azione chimica del mezzo.

* * *

Come ebbi a dimostrare in un precedente lavoro¹⁾, una lamina d'alluminio funzionante da anodo in un elettrolito opportuno, si ricopre di un duplice strato, di cui il primo, in contatto col metallo, e di estrema sottigliezza, funziona come da strato isolante, e l'esterno di spessore alquanto più grande è parzialmente conduttore. Lo spessore dello strato esterno, misurato con metodi ottici speciali, risultò a pari durata di carica proporzionale alla tensione di formazione cui è sottoposto il voltmetro, e, per una tensione di 10 volt, è dell'ordine di grandezza di 0,02 micron. Lo spessore dello strato dielettrico è circa 10 volte minore. Inoltre la lamina così formata lavata con cura e dissecata, conserva il suo involucro isolante²⁾, cosicchè immergendola nel mercurio si viene a costituire un vero condensatore, di cui l'alluminio è l'armatura interna, e il mercurio o meglio lo strato parzialmente conduttore è l'armatura esterna. La capacità del condensatore così formato è enorme a causa della sottigliezza del dielettrico (per una formazione a 10 volt una laminetta speculare di 6×6 cm. ha la capacità di circa 30 microfarad). Il dielettrico si perfora appena la differenza di potenziale tra le armature supera un certo limite inferiore alla tensione di formazione.

Ora se si costituisce un circuito come nella figura, ove L è la lamina, G un galvanometro balistico e M un bicchiere

1) O. M. Corbino. Nuovo Cim. serie V. vol. XII, fasc. settembre 1906.

2) O. M. Corbino e S. Maresca. Nuovo Cim., serie V, vol. XII, fasc. luglio-agosto 1906; § 6.

con mercurio, e si introduce nel mercurio bruscamente la laminetta, si nota nel galvanometro una forte deviazione impulsiva che dura finchè dura l'atto dell'immersione.

Lasciando in quiete la lamina, o muovendola in seno al mercurio, il galvanometro resta sensibilmente a zero. Invece estraendo la lamina, si ottiene una brusca deviazione quasi uguale ma di senso opposto a quella avuta nell'immersione. Il fenomeno si può riprodurre indefinitamente, finchè l'involucro isolante che circonda la lamina è integro; cessa del tutto alla rottura dell'involucro.

È evidente che le quantità di elettricità che traversano il circuito nei due sensi sono appunto quelle corrispondenti alla carica e scarica del condensatore alla tensione dovuta all'effetto Volta, sia questo dovuto al contatto della catena di metalli alluminio, rame (circuito del galvanometro), platino (che pesca nel mercurio) e mercurio; o all'azione chimica diversa esercitata dall'involucro sui due metalli propicienti.

Ricorrendo a una lamina di maggiore superficie (5×40 cm) avvolta a spirale cilindrica, immergendola ed emergendola circa 10 volte al secondo, con un motorino elettrico capace di imprimere un moto alternativo a un'asta metallica reggente la lamina, e raddrizzando con un commutatore sincrono le correnti ottenute, queste raggiunsero l'ordine di grandezza di 1 milliampere anche introducendo nel circuito una resistenza di parecchie centinaia di ohm.

* * *

Una quistione difficile a risolvere e che richiede nuove indagini, riguarda la funzione dello strato esterno semiconduttore. Ci si può chiedere difatti: le cariche messe in moto nell'immersione e nell'emersione, si accumulano nell'alluminio e nel mercurio (sulle superficie) o sull'alluminio e l'involucro salino sottilissimo parzialmente conduttore?

E quindi la capacità del sistema va considerata come corrispondente alla distanza tra le armature metalliche, e quindi allo spessore del duplice involucro o come relativa al solo strato interno veramente isolante? In realtà sono presenti e a distanza piccolissima, la superficie di contatto tra alluminio

e strato interno, quello tra lo strato interno e l'esterno che è un semiconduttore di seconda classe, e infine quella tra lo strato esterno e il mercurio. E la previsione sicura di quel che dovrebbe avvenire in simili casi è tutt'altro che facile, per quanto non disperi di venirne a capo. Posso segnalare sin da ora che le correnti ottenute all'immersione e all'emersione sono di tal senso da invertire l'ordine dell'alluminio e del mercurio nella nota serie delle tensioni di Volta; e solo alla prima immersione (subito dopo la formazione e il prosciugamento della lamina) si ha una corrente opposta, per una volta, sola, a quelle ottenute in tutte le successive immersioni.

* * *

Le correnti ottenute in queste condizioni, o meglio le notevoli quantità di energia messe in giuoco, suggeriscono una grave obiezione, a mio parere, contro l'ordine di idee di Lord Kelvin relativo all'origine della f. e. m. di Volta.

Cominciamo col considerare due dischi metallici omogenei, messi in comunicazione tra loro, attraverso una pila invertibile di f. e. m. V , con un filo di resistenza trascurabile. Portando i dischi a una piccolissima distanza cui corrisponde la capacità C del sistema, una quantità di elettricità $Q = CV$ traversa la pila, nel senso per cui essa fornisce energia. La pila compie il lavoro QV , e di questo una metà rappresenta l'energia elettrostatica del condensatore carico, l'altra metà il lavoro meccanico utilizzabile durante l'avvicinamento dei dischi, in virtù della loro attrazione.

Se adesso noi distacciamo i dischi fino alla primitiva distanza, dovremo eseguire un lavoro meccanico $\frac{1}{2} QV$, di allontanamento, il quale sommato col lavoro $\frac{1}{2} QV$ reso dal condensatore che si va scaricando, costituisce il lavoro QV *integralmente* restituito alla pila, poichè questa viene traversata, in senso inverso al primitivo, dalla medesima quantità di elettricità.

Se il circuito comprende una resistenza r , all'avvicinamento la pila continuerà a svolgere la stessa energia QV ; di

questa, metà sarà ancora accumulata elettrostaticamente nel condensatore, e l'altra metà si svolgerà in parte come lavoro meccanico di attrazione, e per il resto in effetto Joule nella resistenza r ; all'allontanamento noi dovremo eseguire un lavoro *maggiore* di quello eseguito quando la resistenza non esisteva¹⁾, e l'eccesso rappresenterà appunto il lavoro Joule sviluppato nel filo.

In ogni caso, adunque, la pila non cede nè guadagna energia in una serie completa di avvicinamenti e allontanamenti, e il lavoro che si manifesta nel filo è eseguito meccanicamente da noi. Ma la pila ha tuttavia una funzione *importantissima*, quella cioè di accumulare nell'allontanamento e restituire nell'avvicinamento l'energia QV .

Ricorriamo adesso a due dischi costituiti da metalli eterogenei, tra i quali esista un effetto Volta V ; mettiamoli in comunicazione con due fili sottili del metallo corrispondente, e ripetiamo le manovre di prima. Otterremo in ciascuna fase di allontanamento o di avvicinamento gli stessi fenomeni; in un ciclo completo il calore Joule svolto nel filo sarà ancora l'equivalente del lavoro eseguito da noi; e si conferma così il risultato del calcolo di Pellat e Sacerdote²⁾. Ma considerando *separatamente* le due fasi del ciclo, ci si rivela la necessità che in qualche posto del sistema si compia la funzione essenziale esercitata dalla pila nell'esempio di sopra, di cedere e assorbire alternativamente la quantità di energia QV .

Si potrebbe pensare a un'energia potenziale di attrazione tra i metalli eterogenei, che potrebbe appunto compiere una funzione analoga. Ma se così fosse anche interrompendo la comunicazione metallica tra i due piatti dovrebbero sussistere le azioni attrattive il che non è, come è facile dimostrare. Si potrebbe ancora ritenere che il passaggio delle quantità di elettricità nei due sensi determini, al contatto dei due metalli, delle azioni elettro-chimiche invertibili. Or se queste azioni chimiche potevano essere invocate per spiegare la minima quantità di

1) Per la presenza della resistenza ohmica r la forza attrattiva dei piatti è minore durante l'avvicinamento, maggiore durante l'allontanamento, poichè la differenza di potenziale fra i dischi è uguale a $V - r\dot{t}$ nel primo caso e a $V + r\dot{t}$ nel secondo.

2) Pellat e Sacerdote. Journ. de Physique, t. VII, p. 24; 1898.

energia elettrica assunta per il contatto da una lamina bimetallica, non è altrettanto facile farle intervenire nel caso presente, in cui la quantità di energia periodicamente assorbita e ceduta è dell'ordine di mille ergon. E del resto se tali azioni chimiche potessero essere prodotte (nel posto del contatto) dal passaggio di una corrente, esse ci si sarebbero ben rivelate da tempo nelle condutture industriali eterogenee percorse per tempi lunghissimi da correnti tanto intense; ed è noto che una esperienza eseguita in proposito dal Riecke ¹⁾ diede esito negativo.

Nè, infine, si può pensare a processi termici, nel posto del contatto, capaci di assorbire e restituire a ogni spostamento dei piatti e quindi a ogni passaggio di corrente, l'energia $Q V$, poichè ciò porterebbe a ritenere che la sola differenza di potenziale esistente al di qua e al di là del contatto sia quella rivelata dall'effetto Peltier, tanto più piccola dell'effetto Volta.

Adunque solo nell'azione del mezzo può essere ricercata l'origine dei processi energetici reversibili *cui è indissolubilmente legata per l'esperienza surriferita l'esistenza dell'effetto Volta*.

E perciò, se l'azione del mezzo fosse assolutamente eliminata, nell'esperienza precedente le azioni attrattive dei dischi sarebbero di gran lunga minori e l'effetto Volta si ridurrebbe alla f. e. m. calcolata con l'effetto Peltier, con la quale s'identifica appunto la differenza di potenziale al contatto, secondo la teoria elettronica dei metalli ²⁾.

1) Riecke. Physik. Leitschr. T. II, p. 639, 1900-1901.

2) Drude. Annalen der Physik. B. 1, p. 595, § 10, 1900.