NUOVO MODO DI MISURARE LA FORZA ELETTROMOTRICE E LA
RESISTENZA DI UNA COPPIA ELETTRICA; NOTA DEL PROF.
ANDREA NACCARI.

(*Atti del R. Istituto ven. di Scienze, lettere ed arti*, Vol. III, Ser. IV.).

Fin d'allora che il concorso aperto da questo illustre Istituto per nuovi studi intorno alle coppie elettriche attrasse la mia attenzione, mi feci ad indagare qual metodo fosse in generale opportuno per tutte le varie specie di coppie, e desse risultati valevoli nella pratica. Nessuno dei metodi finora applicati soddisfa a queste due condizioni, perchè quello di Ohm non è opportuno per coppie, in cui la forza elettromotrice e la resistenza variano notevolmente al variare della intensità della corrente, e quello di Poggendorff misura la forza elettromotrice in condizioni affatto eccezionali, e ne dà per alcune coppie un valore affatto diverso da quello che importa conoscere nelle pratiche applicazioni. Rispetto ai metodi speciali destinati alla misura delle resistenze interne, il solo metodo di Beetz potrebbe del pari adattarsi a qualsiasi coppia e dar buoni risultati; ma non è facile l'applicarlo, nè si può sempre, nel metterlo in pratica, variare entro limiti abbastanza estesi la intensità della corrente che attraversa la coppia e osservare gli effetti di queste variazioni. Il metodo di Waltenhofen non è atto a misurare la resistenza se non durante il passaggio d'una corrente piccolissima, e, a parer mio, non può dare per le coppie ad un liquido risultati di molta esattezza. Del resto credo inutile trattenermi su questo argomento, tanto più che ho già analizzato i vari metodi nella memoria premiata nell'anzidetto concorso (1).

Nella memoria medesima ho indicato, come, usando sempre il metodo di compensazione, io abbia tentato di appros-

(1) *Atti del R. Istituto Veneto*. (4), II, 195.

simarmi al valore che la forza elettromotrice assume quando la coppia è attiva. Ciascun risultato ottenuto in tal modo richiedeva una lunga serie di tentativi allo scopo di approssimarsi gradatamente al cercato valore, ed imponeva quindi non poca fatica e perdita di tempo. Ho atteso di poi a migliorare la disposizione degli apparecchi, ed anzi in una Nota che presentai nell'anno decorso e che il R. Istituto benignamente accolse nei suoi Atti, feci per incidenza un breve cenno dell'apparecchio allora adottato, e riferii alcuni risultati (1). Non chiamandomi però ancor pago, ripresi i tentativi per migliorar l'apparecchio, ne rinnovai totalmente alcune parti, ed ora, che parmi d'avere ottenuto un grado soddisfacente di precisione, faccio omaggio della descrizione del metodo a questo illustre Istituto.

2. *Principio del metodo e descrizione dell'apparecchio.*

Il principio, su cui il metodo è fondato, è il seguente. Abbiassi una coppia, il cui circuito sia chiuso e si voglia appunto determinare la forza elettromotrice e la resistenza interna di quella coppia nello stato di attività. Ad un dato istante venga interrotto il circuito e subito dopo, per mezzo di adatto commutatore, venga introdotta la coppia nel solito apparecchio di compensazione del Poggendorff. Quand'essa vi sia rimasta un brevissimo istante, la si passi nuovamente nel primitivo circuito. Successivamente operando parecchie di queste commutazioni, si giungerà al punto, in cui la compensazione sarà perfettamente raggiunta, e si avrà così la misura della forza elettromotrice della coppia attiva.

Per porre in pratica questo principio conviene soddisfare ad alcune condizioni importanti. È necessario che il tempo in cui il circuito principale resta interrotto, e quello in cui la coppia sta inserita nell'apparecchio di compensazione (il qual tempo è una certa frazione del primo) sieno brevissimi, perchè il valore della forza elettromotrice nelle coppie soggette a polarizzazione varia rapidissimamente dopo che è interrotta la cor-

(1) *Su alcuni perfezionamenti delle coppie di Grove e Bunsen recentemente proposti.* — *Atti del R. Istituto Veneto.* (4), III, 405.

rente. D'altra parte bisogna che il tempo, in cui la coppia sta nell'apparecchio di compensazione, anche se brevissimo, tuttavia sia tale, che l'ago del galvanometro, anche quando la compensazione è vicina, ne riceva un impulso avvertibile, sicchè si possa stabilire il punto della perfetta compensazione con sufficiente esattezza. È poi assolutamente necessario evitare, che la coppia possa contemporaneamente inviare la corrente, fosse pur per un attimo, nell'uno e nell'altro circuito.

Potei soddisfare a queste condizioni mediante il commutatore, che ora descriverò.

Sopra un asse orizzontale di rame AA (*fig. 1 e 2 Tav. V*), che gira per effetto di un sistema di orologeria con tale velocità da compire 9 giri in un minuto, si immagini infisso un disco BB pure di rame del diametro di 60 millimetri: sull'asse stesso, a 10 millimetri di distanza, sia infisso un altro disco CC eguale al primo, nel quale però sia tagliato via un settore DEF. A ciascun disco sia sottoposto un piccolo truogolo di legno pieno di mercurio, e da ogni truogolo parta un filo di rame che metta ad un bicchierino pieno di mercurio. Se ora da uno dei poli della coppia che si studia, un filo va ad uno di quei bicchierini, e similmente dall'altro polo va un filo all'altro bicchierino, supposto che l'asse giri, il circuito sarà interrotto ogniquale volta il settore DEF trovisi nella sua posizione inferiore e precisamente durante il tempo interposto fra il momento in cui il vertice D abbandona il mercurio e quello in cui il vertice F vi si immerge.

Mediante pezzetti di sovero opportunamente collocati nel truogolo si può dar lunghezza diversa alla superficie superiore del mucchietto di mercurio, in cui la ruota intagliata s'immerge e così regolare la durata della interruzione. Nel mio commutatore l'arco DF del settore è di 12 millimetri, e di 8 mill. è la linea *mn*, cioè la lunghezza della sezione longitudinale del mucchietto di mercurio nel truogolo *c*.

Dall'asse stesso AA, su cui sono infissi i dischi, parte un filo di rame GG (*fig. 2*), il quale è diritto e perpendicolare all'asse medesimo: la sua proiezione sul piano del disco intagliato divide per metà l'angolo DEF. La lunghezza di questo filo fu

assunta di 57 millimetri, vale a dire notevolmente maggiore del raggio dei dischi, e ciò per poter più facilmente regolare la durata del tempo in cui la coppia sta inserita nell'apparecchio di compensazione.

Un terzo truogolo G sta al disotto del filo di rame, e contiene del mercurio, nel quale il detto filo s'immerge ad ogni giro dell'asse. Anche qui mediante pezzi di sovero si può opportunamente limitare la superficie del mercurio; anzi si può far in modo che il mercurio non possa sporgere dal truogolo se non per una fessura larga un millimetro circa, sicchè il contatto del filo, che attraversa il piccolo risalto formato dal mercurio, sia brevissimo e si presenti sempre in eguali condizioni. Ogniquale volta le cose non sieno disposte con queste avvertenze i risultati delle esperienze si fanno discordanti ed incerti.

La figura 3 rappresenta a modo di schema la disposizione dell'intero apparecchio che serve allo studio delle coppie.

X è la coppia che si studia, E la coppia o la pila compensante. Supponiamo che si voglia studiare la coppia X nello stato di attività. Allora da un polo della coppia, per esempio dal negativo, si fa che un filo vada al bicchierino *b*. Da questo un filo va al mercurio contenuto nel truogolo del disco B che è intero; di là può trasmettersi la corrente attraverso l'asse al disco C, al truogolo relativo, al bicchierino *c*, alla bussola *h*, al reostato *k* e tornare per *d* alla coppia.

Se, quando i reofori son disposti nel modo ora indicato, il sistema di orologeria è arrestato, e se l'intaglio del disco C non trovasi nella posizione inferiore, quest'ultimo disco tocca il mercurio e il circuito è chiuso. Il reostato *k* serve a dare alla corrente la intensità che meglio si stima opportuna nelle singole esperienze; esso è un reostato a rocchetti costruito da Siemens ed Halske, e tale che si può averne qualunque numero intero di unità Siemens da 1 a 10000.

La bussola *h* serve a misurare l'intensità della corrente data dalla coppia. È una bussola delle tangenti, la quale venne accuratamente graduata mediante elettrolisi di solfato di rame. Il coefficiente di riduzione trovato in tal modo è

$$4,265,$$

assunta come unità di corrente quella di Jacobi.

Mediante la solita formula, che dà il coefficiente di riduzione di una bussola delle tangenti per il caso di unità elettromagnetica, si trovò invece un valore, che, ridotto alla detta unità Jacobi, risultò eguale a

$$4,271.$$

La concordanza di questi due risultati è molto soddisfacente.

Credo opportuno di notare che nella riduzione del coefficiente ora accennata ho adottato il valore dell'equivalente elettrochimico dell'acqua dato recentemente dal Kohlrausch (1), siccome medio delle migliori esperienze finora eseguite su questo argomento, e che nel calcolo del coefficiente per misure assolute ho assunto, siccome valore della intensità orizzontale del magnetismo terrestre in Padova, quello trovato dal Prof. Rossetti nel 1871, debitamente corretto per il tempo trascorso (2).

Proseguo ora la descrizione dell'apparecchio.

Dal punto *d* parte un filo, che va al galvanometro sensibilissimo *l*, e da questo al punto *m*. Questo punto è congiunto a *p* mediante due reofori distinti, oltre a quello ora considerato. Nel tratto *mnp* sta una bussola graduata *n* e un reostato *o*. La prima fu già da me descritta prima d'ora in questi atti (3), l'altro è un reostato a rocchetti di Siemens ed Halske, congiunto a un reocordo. Ambedue questi strumenti vennero diligentemente studiati allo scopo di poter conoscere con esattezza una resistenza qualunque introdotta con essi; la descrizione del primo trovasi a pagina 213 del volume degli Atti ora citato, quella dell'altro nella Nota presentata l'anno scorso al R. Istituto dal Dott. Bellati e da me (4).

Nel reoforo *mEqp* *v'* ha la pila compensante *E* e un reostato *q*, che è costituito da un vaso cilindrico contenente solfato di rame, nel quale scende un tubo di vetro attraversando un turacciolo di sovero: due fili di rame sono immersi nel liquido,

(1) Kohlrausch. *Pogg. Ann.* CXLIX, 170 (1875).

(2) Rossetti, *Sul magnetismo*. Padova, 1871, p. 71.

(3) *Atti del R. Istituto veneto*, (4) II, 256.

(4) *Della forza elettromotrice dei metalli immersi nell'acido cromico*. — *Atti del R. Istituto veneto*, (4) III.

l'uno semplicemente attraversa il turacciolo, l'altro invece s'addentra nel tubo di vetro. Immergendo di più quest'ultimo filo o sollevandolo, si può diminuire o aumentare la resistenza, la quale del resto non importa menomamente che sia conosciuta.

Dal punto *p* parte un filo che va al bicchierino *g*, congiunto al truogolo *G*. È questo il truogolo, nel cui mercurio s'immerge ad ogni giro per un brevissimo istante il filo di rame *GG*, che è saldato all'asse *AA* del commutatore descritto (*fig. 2*). Quando la punta di questo filo è prossima alla sua posizione inferiore, il disco intagliato *C* cessa ad un dato istante d'essere in contatto col mercurio, perchè anche il settore *DEF* trovasi al basso. Allora il circuito della coppia *X* è per un breve istante interrotto: un momento dopo il filo *GG* (*fig. 2*) s'immerge nel mercurio sottoposto e la coppia trovasi inserita nel circuito *bCgpm d* (*fig. 3*). Il complesso dei reofori *mdp*, *mop*, *mqp*, costituisce, come è chiaro, l'apparecchio di compensazione del Poggendorff, nel quale è necessario che le due coppie *X* ed *E* trovinsi così disposte, che ciascuna di esse possa di per sé inviare una corrente d'egual direzione nel tratto *mnop*.

L'inserzione della coppia *X* nell'apparecchio di compensazione dura un brevissimo istante, il tempo cioè, in cui il filo del commutatore attraversa il mercurio sottoposto; quand'esso se ne stacca, succede una breve interruzione, poi la coppia ritorna nel circuito primitivo.

3. *Modo di sperimentare.*

Supponiamo che il commutatore sia fermo e che il filo di esso non tocchi il mercurio: la coppia *X* da studiarsi trovisi nella posizione prima indicata (*fig. 3*).

Alla bussola *h* è bene applicare un ordinario commutatore per scambiare il senso delle deviazioni nel far le letture: questo strumento medesimo potrà anche servire come interruttore del circuito *XbChkd*. Poniamo appunto che dapprincipio questo circuito sia interrotto. Allora, mettendo in moto il commutatore *M*, si può determinare la forza elettromotrice della coppia *X* prima del passaggio della corrente, come si fa ordinaria-

mente col metodo di compensazione. La sola differenza sta in ciò, che mentre in questo metodo si chiude di tanto in tanto il circuito nel tratto mdp immergendo, ad esempio, un filo in un bicchierino di mercurio, qui, posto in moto il commutatore M , esso produce da sè per un brevissimo istante la continuità del reoforo mdp , nell'atto che il filo di rame tocca il mercurio sottoposto. Osservato il senso della deviazione del galvanometro, si arresta il commutatore, poi si attende che l'ago torni a 0, e fatte le opportune modificazioni nell'apparecchio, si ripete l'operazione, procedendo alla compensazione nel modo che sarà accennato più innanzi, trattando della coppia attiva. Trovato il valore della forza elettromotrice della coppia inattiva, s'immagini che venga chiuso il circuito $dkhC$ di questa mediante il commutatore della bussola h , dopo avervi inserito una resistenza opportuna col mezzo del reostato k . Supposto che il disco intagliato C tocchi il mercurio, il che avviene pressochè sempre, e che il commutatore M sia fermo, la corrente della coppia X passa continuamente per il nominato circuito, mentre passa pure continuamente per il circuito $qponm$ la corrente della coppia E . È questa una corrente assai debole e costante; in p ed in m le tensioni o i potenziali, che dir si voglia, della elettricità avranno un determinato valore, che indicheremo con p ed m .

Se la corrente in mop misurata dalla bussola n è I , se la resistenza in mnp è r' , avremo

$$\frac{m - p}{r'} = I.$$

Facciasi ora girare il commutatore M : quando la punta del suo filo di rame tocca il mercurio del truogolo sottoposto, se sussiste la eguaglianza

$$X = m - p,$$

dove X è l'incognita forza elettromotrice della coppia attiva, non si osserverà deviazione alcuna nel galvanometro; ma se la detta eguaglianza non sussiste, passerà per quell'istante una

corrente attraverso il galvanometro, e la deviazione dell'ago varrà, anche se molto piccola, ad indicare il senso di detta corrente. A seconda di queste indicazioni bisogna modificare la resistenza del tratto *mnop* mediante il reostato *o*, finchè si ottiene che facendo girare il commutatore, nell'atto che avviene il contatto del filo col mercurio, non si scorge alcun spostamento dell'ago. Siccome poi, essendo brevissimo il tempo del contatto, gl'impulsi dati all'ago sono tenuissimi, io operai sempre così.

Osservato, ad esempio, con un primo tentativo che occorreva una diminuzione della resistenza r' , io la diminuiva appunto d'una quantità tale da non oltrepassare il punto della perfetta compensazione, poi tornava a mettere in moto il commutatore *M*, osservava novamente il galvanometro, e così procedeva diminuendo la resistenza r' un po' alla volta, e tanto più lentamente quanto più prossima mi appariva la compensazione. Trovato poi il punto, per il quale non si scorgeva deviazione alcuna dell'ago, io cercava di oltrepassarlo e di ottenere dal galvanometro una deviazione in senso opposto e di grandezza eguale a quella ottenuta immediatamente prima di giungere al punto accennato. Prendendo la media fra i due valori di r' così determinati, si poteva esser sicuri di andar molto prossimi al giusto valore.

Di fatto l'intervallo fra i due limiti, entro i quali si restringeva il valore di r' , corrispondeva nei casi più svantaggiosi a 0,3 (Siemens), e in generale l'error massimo per tal modo introdotto poteva valutarsi di 0,06 all'incirca, sopra una totale resistenza di 40 a 50 unità Siemens almeno.

Per leggere il valore di *I*, si riduceva r' immediatamente al medio valore determinato nel modo anzidetto, e dalla equazione

$$X = I r'$$

si aveva il cercato valore della forza elettromotrice.

4. *Risultati che si possono ottenere con queste esperienze.*

Prendiamo a considerare una coppia qualunque, e, per assumere il caso più generale, ammettiamo che si tratti di una coppia soggetta a polarizzazione. Indichiamo con X_0 la forza elettromotrice determinata col metodo di compensazione innanzi al passaggio della corrente. Se poi si fa passar la corrente e si opera nel modo indicato, si determina la forza elettromotrice X della coppia nello stato di attività, cioè

$$X = X_0 - \phi(i),$$

dove $\phi(i)$ è la forza elettromotrice di polarizzazione, che in generale è funzione della intensità i della corrente.

Per la legge di Ohm si ha poi l'equazione

$$i = \frac{X}{R + r},$$

in cui R è la resistenza interna della coppia ed r la esterna.

Quest'ultima quantità è data dal reostato k , qualora alla resistenza introdotta con esso si aggiunga una quantità costante eguale alla resistenza dei varii reofori del circuito, più quella della bussola. Si può dunque con questo metodo ottenere indirettamente anche il valore di R mediante la relazione

$$R = \frac{X}{i} - r, \quad (1)$$

perchè X vien misurato con l'apparecchio di compensazione e i con la bussola h .

La resistenza interna R della coppia non si può considerare come una quantità costante. In generale essa non è indipendente dal valore di i : lo provano molte esperienze, ad esempio quelle di Waltenhofen. Nel modo di procedere ora descritto si può in qualsiasi caso determinare il valore effettivo di R .

Da quanto fu premesso chiaramente risulta che facendo variare gradatamente il valore di r , e quindi quello di i , si può studiare l'effetto successivamente esercitato dalla corrente sui valori di X e di R , e determinare la legge delle variazioni relative. Naturalmente oltre alla intensità della corrente, altre cause, non facili a determinarsi, possono alterare i valori di quelle due quantità, ma con più serie di esperienze opportunamente coordinate non è difficile di sceverare gli effetti delle cause diverse.

Sopra questo argomento furono già eseguite parecchie esperienze, ma per lo più in casi speciali, e, a quanto mi sembra, con metodi i quali non presentavano una distinzione così netta dei cangiamenti della forza elettromotrice da quelli della resistenza quale essa si presenta nel modo ora descritto.

Un'altra serie di studii, che il metodo permette, ha molta importanza nelle pratiche applicazioni: si può cioè esaminare come in una data coppia, senza alterazione della resistenza esterna, varii col tempo, a circuito sempre chiuso, la forza elettromotrice. V'ha su questo argomento un bel lavoro del Dehms (1) eseguito con lo speciale intendimento di studiare le coppie telegrafiche e nelle condizioni ordinarie della telegrafia. Il processo da me proposto parmi che possa fornire dei risultati più sicuri di quelli dati dal metodo seguito dal Dehms, e si possa adattare al caso di piccole resistenze interne, al quale quel metodo non è applicabile.

5. *Differenza fra i risultati ottenuti con questo metodo e quelli dati dal metodo di Ohm.*

Supponiamo che si determini col metodo sopra descritto il valore X_1 della forza elettromotrice, quando l'intensità della corrente è i_1 e la resistenza esterna r_1 . Si diminuisca dipoi questa resistenza e la si riduca r_2 : l'intensità diventi i_2 : sarà

$$i_2 > i_1.$$

(1) Dehms, *Journal télégraph. de Berne*, 1870.

Determinando allora la forza elettromotrice, si trovi X_2 .
In generale si può ammettere che sia

$$X_2 < X_1.$$

Poniamo

$$X_2 = X_1 - a.$$

Quanto alla resistenza interna, non si può in generale stabilire se essa abbia aumentato o diminuito. Perciò indicheremo con R_1 il valore che essa aveva al momento della prima esperienza, e con $R_1 \pm b$ il suo valore al momento della seconda.

Se le due osservazioni della intensità e della resistenza esterna successivamente eseguite si combinano insieme col solito metodo di Ohm, si ottiene per la forza elettromotrice il valore

$$\varepsilon = \frac{i_1 i_2}{i_2 - i_1} (r_1 - r_2),$$

e per la resistenza interna il valore

$$\rho = \frac{i_1 r_1 - i_2 r_2}{i_2 - i_1}.$$

Effettivamente però le due equazioni, da cui si dovrebbe partire, sono

$$i_1 = \frac{X_1}{R_1 + r_1}$$

$$i_2 = \frac{X_1 - a}{R_1 \pm b + r_2}$$

dalle quali si ricava

$$X_1 = \frac{i_1 i_2}{i_2 - i_1} (r_1 - r_2) - \frac{a i_1 \pm i_1 i_2 b}{i_2 - i_1} \quad (2)$$

$$R_1 = \frac{i_1 r_1 - i_2 r_2}{i_2 - i_1} - \frac{a \pm i_2 b}{i_2 - i_1}, \quad (3)$$

ossia

$$X_1 = \varepsilon - \frac{a i_1 \pm i_1 i_2 b}{i_2 - i_1}$$

$$R_1 = \rho - \frac{a \pm i_2 b}{i_2 - i_1}.$$

Eccettuato dunque il caso, in cui il secondo termine dei valori qui dati di X_1 e di R_1 sia trascurabile, si deve trovare col metodo di Ohm dei valori ε e ρ diversi da quelli che risultano con l'altro processo.

6. Verificazioni dell'apparecchio e del metodo.

Siccome a determinare il valore di X servono la bussola n e il reostato o (fig. 3), mentre a dedurre il valore di R mediante la relazione (1) del § 4 servono le indicazioni della bussola h e del reostato k , così era necessario accertarsi che questi strumenti fossero comparabili l'uno all'altro e dessero risultati concordanti. Questa verificaione aveva speciale importanza per i due reometri. La graduazione dell'uno e la determinazione del coefficiente di riduzione dell'altro erano, a vero dire, state da me eseguite con lo stesso metodo e con eguali cure; tuttavia mi pareva opportuno averne una decisiva conferma.

Presi a tal uopo una coppia Daniell carica da qualche tempo e col solito apparecchio di compensazione determinai la forza elettromotrice della coppia stessa inattiva. In tal caso la forza elettromotrice è data dalla relazione

$$X = I r'.$$

In tre esperienze successive trovai

$I = 0,2663$	$r' = 45,621$	$X = 12,15$
0,2681	45,496	12,18
0,3237	37,375	12,10

e in media

$$X = 12,14 .$$

Sostituì poscia la bussola *h* alla *n* e determinai di nuovo la forza elettromotrice della stessa coppia, che non era stata menomamente spostata o scossa. Avendo cura in ogni determinazione d'invertire la deviazione dell'ago della bussola per eliminare l'errore proveniente da difettosa orientazione, esegui cinque esperienze, delle quali riferisco i risultati

<i>I</i> = 0,2999	<i>r'</i> = 40,382	<i>X</i> = 12,11
1,2560	9,639	12,11
0,8774	13,779	12,09
0,6760	17,874	12,09
0,4668	25,970	12,12

e in media

$$X = 12,10 .$$

La concordanza dei risultati superò la mia aspettazione essendo la bussola ultimamente adoperata assai meno sensibile ed esatta dell'altra.

Restavami tuttavia a verificare il metodo nel suo principio medesimo, perchè, quantunque questo principio sia semplice, e opportuni sembrassero gli apparecchi, potevasi temer tuttavia che il fatto della interruzione, ancorchè brevissima, alterasse il valore della forza elettromotrice, o che qualche altra ignota causa di errore operasse sui risultati.

L'equazione (2) del § 5 porge il modo di una facile verifica.

Se il secondo termine del secondo membro della detta equazione va a zero dev'essere

$$X_1 = \frac{i_1 i_2 (r_1 - r_2)}{i_2 - i_1} = \varepsilon ,$$

cioè il valore ottenuto combinando le due osservazioni mediante il metodo di Ohm è eguale a quello trovato nell'altro modo.

Ecco le condizioni, nelle quali eseguii questa verifica-
zione. Presi una coppia Daniell, che aveva già adoperato più volte nei
giorni precedenti e la lasciai attiva per più ore con una cor-
rente eguale a 0,9 (Jacobi) all'incirca. Indi feci le determina-
zioni che qui riferisco.

$$\begin{array}{lll} r_1 = 30,2 & i_1 = 0,3484 & X_1 = 11,70 \\ r_2 = 0,2 & i_2 = 3,3505 & X_2 = 11,58 \end{array}$$

La quantità

$$\frac{i_1 a}{i_2 - i_1}$$

è, secondo i valori riferiti, eguale a 0,01 all'incirca. Calcolan-
do col metodo di Ohm, dovrebbe dunque risultare

$$\varepsilon = 11,71 ,$$

se non fosse l'influenza della variazione della resistenza inter-
na dall'una all'altra esperienza. In vista della natura della cop-
pia, delle condizioni speciali, in cui essa era stata presa, e dei
valori di i_1 e di i_2 , era presumibile che la quantità

$$\frac{i_1 i_2 b}{i_2 - i_1}$$

fosse assai piccola. In ogni modo, secondo l'esperienza del Wal-
tenhofen e d'altri, la resistenza interna nella coppia Daniell do-
vrebbe diminuire coll'aumentare della corrente. Nella equazio-
ne del § 5 converrebbe dunque applicare il segno — alla quan-
tità $i_1 i_2 b$, di che deriva che il valore di ε dovrebbe riuscire ,
se pur diverso, alquanto minore di X_1 . Calcolando la quanti-
tà ε , si trova

$$11,68 ,$$

il che dà una conferma più che soddisfacente.

Potrei qui riferire un gran numero di esperienze eseguite in modo simile alla precedente, le quali tutte servono a verifica-
zione del metodo. Ne cito altre due prese a caso, parimenti
relative a una coppia Daniell.

$$\begin{array}{lll} r_1 = 50,2 & i_1 = 0,2199 & X_1 = 11,98 \\ r_2 = 0,2 & i_2 = 2,7246 & X_2 = 11,83 \end{array}$$

e col metodo di Ohm 11,97.

$$\begin{array}{lll} r_1 = 10,2 & i_1 = 0,8625 & X_1 = 11,67 \\ r_2 = 0,2 & i_2 = 3,2798 & X_2 = 11,70 \end{array}$$

e col metodo di Ohm 11,70.

In una coppia Daniell caricata da poco tempo e con liqui-
di nuovi la resistenza decresce notevolmente, se, partendo da
piccole correnti, si va successivamente procedendo a correnti
maggiori. Ciò fu verificato da molti, e anch'io me ne sono
accertato con più serie di speciali esperienze. La forza elettro-
motrice va anch'essa in tal caso decrescendo, ma s'accosta
presto ad un limite.

Posto $a=0$ nella (2) del § 5 e assunto il segno — per la
quantità bi_1i_2 , ne deriva che col metodo Ohm si deve trovare

$$\varepsilon = X_1 - \frac{bi_1i_2}{i_2 - i_1}.$$

Se dunque il fattore $\frac{i_1i_2}{i_2 - i_1}$ non è molto piccolo si deve
ottenere col metodo Ohm una quantità più piccola del valore X_1
trovato con l'altro. Ecco due delle molte esperienze eseguite in
queste condizioni.

$$\begin{array}{lll} r_1 = 20 & i_1 = 0,4724 & X_1 = 11,89 \\ r_2 = 10 & i_2 = 0,8296 & X_2 = 11,89 \end{array}$$

e combinando le osservazioni col metodo di Ohm si ha

$$10,98,$$

vale a dire si ottiene una quantità molto minore, come si era previsto.

Questo risultato e altri molti da me ottenuti mostrano, come, senza le opportune avvertenze, il metodo di Ohm possa dare dei risultati assai inesatti anche per coppie a due liquidi. È ben vero che nell'applicar questo metodo si soglion fare tre osservazioni, delle quali le due estreme vengono eseguite a pari resistenza esterna, ma con ciò si elimina soltanto la variazione della resistenza interna che si suppone avvenire regolarmente coll'andare del tempo, non già le variazioni dipendenti dall'azione della corrente o quelle dovute ad altre cause e che non mutano regolarmente di valore col tempo.

7. Saggio dei risultati.

Riferisco qui un piccolo saggio soltanto dei risultati che ho ottenuto sperimentando col metodo descritto su alcune coppie. Mi propongo poi di studiare nel modo stesso tutte le coppie più importanti, sia separate, sia aggruppate in pila, corrispondendo così con quest'ultima ricerca al cortese ed onorifico invito fattomi dagl' illustri membri di questo R. Istituto, che riferirono intorno ai miei studii precedenti.

Nelle tabelle, che seguono, la prima colonna contiene la resistenza esterna del circuito della coppia studiata, la seconda la intensità della corrente data dalla coppia al momento della determinazione della forza elettromotrice segnata nella terza colonna. Infine la quarta colonna contiene la resistenza interna determinata indirettamente nel modo sopra indicato.

*Coppia Daniell appena preparata con liquidi nuovi.*Prima del passaggio della corrente si trovò $X = 12,76$.

<i>r</i>	<i>i</i>	X	R
18,2	0,601	12,69	2,95
12,2	0,863	12,62	2,43
4,2	2,01	12,51	2,12
2,4	2,83	12,34	1,99
1,7	3,54	12,34	1,79
0,9	4,62	12,22	1,74
0,6	5,31	12,09	1,68
0,2	7,00	11,92	1,50

Coppia Bunsen appena preparata con liquidi nuovi.

<i>r</i>	<i>i</i>	X	R
50	0,415	21,35	1,48
20	1,016	21,28	0,95
10	1,984	21,21	0,70
2	8,078	20,86	0,58

*Coppia Smee con acqua acidulata nelle proporzioni di 1 a 20 in volume.*Prima della corrente si trovò $X = 13,40$.

<i>r</i>	<i>i</i>	X	R
100	0,068	7,46	9,20
30	0,227	7,34	2,20
20	0,330	7,27	2,06
17	0,387	7,25	1,73
15	0,427	7,22	1,89
8	0,736	6,98	1,49
4	1,136	6,12	1,39
2	1,777	6,10	1,37