

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCXCVI.

1899

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME VIII.

1° SEMESTRE



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1899

di massima variazione della dissociazione presentino un po' di divergenza, sono del resto in abbastanza notevole accordo. Quelle divergenze potranno attribuirsi o ad una leggiera deviazione dalle leggi di cui abbiamo precedentemente parlato, o forse ad una dissociazione temporanea parziale prodotta nel gas dal propagarsi stesso delle onde sonore. Ad ogni modo potremo concludere che l'andamento del valore di k al crescere della temperatura, e la piccolezza delle divergenze fra i valori di k osservati e calcolati, sono da considerarsi come una riprova che nell'ipozotide avviene realmente una dissociazione nel modo previsto da Gibbs, ossia una scissione successiva delle molecole della forma N_2O_4 in molecole della forma NO_2 , scissione svelata dalle grandi variazioni di densità, e che quindi queste, come giustamente osservano E. ed L. Natanson, non devono attribuirsi come molti hanno creduto a una eccezionale deviazione di questo gas dalle leggi di Boyle e Gay-Lussac.

Fisica. — *Sulla teoria del contatto*. Nota I di QUIRINO MAJORANA, presentata dal Socio BLASERNA.

L'esperienza fondamentale di Volta, quella cioè che dimostra che due metalli eterogenei, posti in contatto metallico, si caricano a potenziali differenti, viene insegnata ordinariamente col dire: Si abbia un condensatore formato da due dischi piani isolati, l'uno di zinco e l'altro di rame; pongansi i due dischi in comunicazione metallica, e si renda la capacità del condensatore massima, avvicinando i due dischi; si interrompa la comunicazione metallica; allontanando lo zinco dal rame si trova quello carico positivamente, questo negativamente. La spiegazione, che si dà del fenomeno, si fonda sull'ammettere che, al punto di contatto dei due metalli, esiste una *forza elettromotrice di contatto*, la quale ha per effetto di tenere i due dischi sempre agli stessi potenziali elettrici, indipendentemente dalla loro capacità; capacità che nell'esperienza predetta si fa prima crescere, coll'avvicinare, poi decrescere, coll'allontanare i due metalli.

Tutti i metalli possono disporsi secondo un ordine ben determinato, in guisa che un termine della serie sia sempre positivo rispetto ad un termine seguente.

Helmholtz, nella sua *Erhaltung der Kraft* (1), fa una considerazione che io ripeto con altre parole: Si suppongano pezzi metallici di qualsiasi forma, natura e numero in comunicazione col suolo, e in determinate posizioni. Essi sono allora elettricamente, nel cosiddetto *stato neutro*. Per il principio della conservazione dell'energia, quando si pongano in comunicazione diretta due qualunque di essi pezzi metallici, dopo aver soppresso le relative comunica-

(1) H. Helmholtz, *Ueber die Erhaltung der Kraft*, Ostwald's Klassiker der exak. Wiss., p. 34.

zioni col suolo, non si può generare alcun movimento di elettricità, a meno di cambiare la posizione di quei pezzi, alterando così le due capacità elettriche. Infatti, se così non fosse, basterebbe porre alternativamente in comunicazione metallica due di quei pezzi metallici fra di loro e col suolo, ed avere ogni volta un moto di elettricità, il che non è possibile perchè lo stabilire comunicazioni metalliche non costituisce *lavoro*.

Sviluppando l'idea di Helmholtz si arriva quindi alla conseguenza che anche i metalli, posti in comunicazione col suolo, sono ricoperti da uno strato elettrico di potenziale differente da metallo a metallo. Infatti anche ponendo una comunicazione metallica tra due qualunque di essi non si altera la distribuzione elettrica del sistema, e, secondo l'enunciato di Volta, due metalli riuniti metallicamente sono a potenziali differenti.

Sperimentalmente si ha dunque:

a) Un elettrometro (che è anch'esso costituito da pezzi metallici) non accusa alcuna carica elettrica se, dopo essere stato posto al suolo, vien legato con uno degli elementi di una coppia secca rame-zinco. Ciò se non si producono in questa operazione, dei cambiamenti nei valori delle capacità di ciascun conduttore.

b) Se si vuole studiare l'elettricità liberata dalla forza elettromotrice di contatto, occorre produrre delle variazioni di capacità nel sistema dei due metalli eterogenei.

Le precedenti considerazioni fanno vedere che per solito, didatticamente, non si espone chiaro e semplice il concetto fondamentale del fenomeno scoperto da Volta. Si pone il fatto della riunione metallica dei due metalli come essenziale, e il principiante crede spesso che, qualora questa non sia stata fatta, i due metalli, dopo essere stati posti al suolo, posseggono lo stesso potenziale.

Benchè sia certo che metalli posti in comunicazione, siano a differenti potenziali elettrici, pure l'idea che questa differenza sia dovuta ad una reale forza elettromotrice al contatto, non è ammessa con accordo generale dai fisici moderni. Anzi ancor stando coi più, coloro cioè che ammettono quella forza, devesi riconoscere che essa è qualcosa di diverso dalla forza elettromotrice che esiste in una coppia voltaica. Da questa può, quando che si voglia, raccogliersi elettricità libera, e ciò senza compiere lavoro esteriore, ma lasciando che avvenga l'azione chimica; una coppia metallica non può fornire elettricità che quando si alteri la capacità del sistema; e a far ciò occorre del lavoro per vincere le attrazioni elettriche dei vari strati che ricoprono i metalli.

Per legge naturale non esiste alcun corpo che, posto in comunicazione con uno degli elementi di una coppia secca rame-zinco, possa togliergli la più piccola quantità di elettricità; ciò è dovuto al fatto che la nuova forza

elettromotrice di contatto che si aggiunge è tale da soddisfare a questa condizione. E questo fatto, espresso in altre parole, dà la legge fissata da Volta, dei *contatti successivi*.

Che i fenomeni elettrici che si osservano toccando due pezzi metallici e variandone la mutua capacità, non si possano con assoluta certezza attribuire completamente alla ammessa forza elettromotrice di contatto, è stato riconosciuto dai più abili sperimentatori. Pellat (1), ad esempio, che ci ha fornito le misure più precise, servendosi del solito artificio di variar la capacità dei due conduttori eterogenei, al fine di generare delle cariche mobili, misura quale sarebbe la f. e. m. al contatto, che, ammesso che esista, darebbe luogo alla formazione di quelle cariche. Ma quando si tratta di affermare se veramente il contatto è sede di quella forza, è preoccupato dalla esistenza del mezzo atmosferico in cui le esperienze son fatte, e così si esprime:

« Due metalli differenti riuniti metallicamente (2), sono ricoperti nello stato di equilibrio, da strati elettrici a potenziali ineguali . . . È estremamente probabile che la differenza di potenziale osservata tra gli strati elettrici che ricoprono due metalli riuniti metallicamente, rappresenti anche la differenza di potenziale che esiste tra quei metalli ». È estremamente probabile, e cioè non è assolutamente certo. L'osservazione dunque di cariche elettriche alle superficie dei metalli, potrebbe avere altra spiegazione all'infuori di quella della forza elettromotrice di contatto.

Non intendo rifar qui la storia dei sostenitori della teoria chimica; ma mi pare interessante rilevare che anche oggi vi è qualcuno che ammette qualcosa di simile. Voglio parlare del Lodge (3). Secondo questo fisico il fenomeno sarebbe molto complicato, e terrebbe alle seguenti proposizioni:

Una sostanza immersa in un mezzo qualunque tende ad esercitare sopra di esso un'azione chimica (meno che essa ne sia effettivamente attaccata). Questa tendenza porta la sostanza ad un potenziale differente dal mezzo in cui essa è immersa. Questo potenziale è positivo se l'elemento attivo (4) del mezzo è elettropositivo, negativo nel caso contrario. In aggiunta a questa forza di contatto tra la sostanza e il mezzo, dovuta all'azione chimica potenziale, ve ne è un'altra che è indipendente dalle proprietà chimiche, che risiede al contatto di due metalli, e che, sovrapposta alla prima, costituisce complessivamente ciò che si chiama *effetto Volta*.

(1) H. Pellat, *Différences de potentiel des couches électriques qui recouvrent deux métaux en contact*. Ann. de Chimie et de Physique, V, 24, p. 1-136, 1881.

(2) Basterebbe dire che sono stati scaricati al suolo.

(3) O. Lodge, *On the Seat of the Electrom. Forces in the Voltaic Cell*. Report of the British Association, Montreal, august-september 1884, p. 464-529. Vedi anche Phil. Magazine, 1885 e seg.

(4) Nel caso ordinario questo elemento attivo sarebbe l'ossigeno.

È facile rilevare da quale idea sia stato dominato Lodge nel dare questa spiegazione. Maxwell pel primo ha affermato che la sola via diretta per misurare la f. e. m. di contatto è l'effetto Peltier. Se A e B sono i due metalli, tra di essi esiste la f. e. m. A/B. Una corrente elettrica di intensità I che passa da A in B, e in una seconda esperienza da B in A sviluppa, in tempi eguali, quantità diverse di calore Q_1 e Q_2 . E si ha

$$Q_1 - Q_2 = 2KI (A/B)$$

dove K è l'inverso dell'eq. meccanico del calore. Con questa relazione si possono ricavare i valori di A/B per i diversi metalli. Ma essi sono completamente in disaccordo con quelli che si misurano elettrostaticamente, sia per la loro grandezza che per l'ordine (1). Se dunque le f. e. m. al contatto di due metalli fosse simile a quella che si ha in una pila, si dovrebbe ottenere l'effetto Peltier nel caso del contatto secco, in una misura ben diversa. E Pellat conclude dal suo importante lavoro, che non esiste alcun rapporto tra la differenza di potenziale al contatto di due metalli e la f. e. m. misurata dall'effetto Peltier. Non volendo uscir troppo dall'oggetto di questa pubblicazione, non insisto su ciò, e non rifaccio quindi i ragionamenti che Clausius ed altri autorevoli, hanno fatto per conciliare quell'enorme divergenza sperimentale. Del resto con tali ragionamenti si resta solo nel campo delle ipotesi, e non vi è alcun fatto sperimentale che li confermi (2).

Ritornando a Lodge, questi ha voluto ammettere che realmente esista la f. e. m. termoelettrica al contatto di due metalli, come la si calcola dal fenomeno Peltier, e sostiene che la differenza con i valori elettrostatici è dovuta alla *tendenza a combinazione chimica* dei metalli, con l'ossigeno circostante. Ma l'ipotesi di Lodge viene combattuta da lord Kelvin (3). In opposizione ad essa, questi domanda: Quale è l'efficacia dell'ossigeno nel caso in cui le lastre del condensatore sono completamente verniciate? Quale

(1) Pellat, lavoro citato.

(2) Non voglio lasciare l'argomento senza riportare le seguenti autorevoli parole di lord Kelvin (Phil. Mag., luglio 1898, p. 102).

« Molti scrittori recenti (forse seguendo Maxwell, forse indipendentemente).... hanno assunto che l'effetto Peltier è l'equivalente termico della f. e. m. alla giunzione di due metalli. In conseguenza è nata molta confusione sul riguardo della elettricità di contatto e della sua relazione colle correnti termoelettriche, che ha offuscato le idee di professori e studenti. In fatto si sa che la f. e. m. termoelettrica è enormemente più piccola dell'elettrostatica. Il vero è che la f. e. m. di Volta si trova o si misura in metalli alla stessa temperatura, ed è rappresentata in volt senza riguardo alla temperatura. Se essa varia con la temperatura le sue *variazioni* sono indicate in *frazione di volt per grado*. D'altro canto la f. e. m. termoelettrica dipende essenzialmente dalla differenza di temperatura, e viene essenzialmente riferita al *grado termometrico* come p. e. in *frazione di volt per grado* ».

(3) Kelvin, lavoro citato.

l'efficacia negli esperimenti di Erskine-Murray (1) nei quali i dischi di zinco e di rame vengono graffiati e puliti dentro la paraffina fusa, in guisa da toglier loro qualsiasi traccia di atmosfera aderente? E nel caso degli esperimenti di Bottomley ed altri, nei quali le lastre di zinco e di rame sono tenute nel vuoto più alto che si possa raggiungere?

L'ipotesi di Lodge non è dunque accettata generalmente, ma in ogni modo essa fa vedere che, sull'interpretazione del fenomeno Volta, non esiste ancora grande accordo.

Per le ricerche che esporrò in seguito mi occorre ricordare i lavori di Exner (2). Le idee di questo fisico che è un fautore di una teoria chimica dei fenomeni di elettricità di contatto, non hanno trovato sostenitori come al tempo di De La Rive, forse anche perchè egli, con troppa vivacità, confutava le ricerche di Volta, asserendo l'esistenza di fatti che, contrariano la giustezza della teoria del contatto. Realmente molte delle affermazioni di Exner, sono fondate sopra esperienze che appoggiano la teoria del contatto, la qualcosa non era riconosciuta dall'autore. La teoria di Exner si basa esclusivamente sull'ammettere che i metalli si ricoprono, se immersi nell'aria, di strati sottilissimi di ossidi. Questi strati sarebbero, per il fatto stesso della loro formazione, elettrizzati, e manterrebbero le loro cariche permanentemente perchè isolanti. Tutti i fenomeni che si osservano e che sono spiegati dalla teoria del contatto sarebbero semplici effetti di induzione elettrostatica dovuta ai detti strati.

Numerose sono state le critiche che si sono fatte a tale asserto; ma ciò non pertanto si debbono ad Exner delle esperienze che, rettamente interpretate, oltre ad appoggiare la teoria del contatto fanno vedere che il suolo si debba ritenere come un corpo della serie di Volta (3).

In conseguenza della generale ostilità con cui sono state accolte le idee di Exner, talune interessanti esperienze da lui esposte, non sono state prese in grande considerazione. Una di esse diversamente condotta si ritroverà nelle pagine seguenti.

Lo scopo di questa Nota e di altre che presenterò in seguito, è di esporre talune esperienze che illustrano la teoria del contatto, e che si basano prin-

(1) Erskine Murray, *On Volta Electricity of Metals*. Phil. Mag., v. 45, p. 398, 1898.

(2) Tutti i lavori di F. Exner sono nei Sitzb. der Wien. Akad. der Wissensch., e sono riportati sopra il Carl's repert. e sui Wied. Ann. tra gli anni 1877 e 1887.

(3) Per la critica delle esperienze di Exner vedi: Beetz, W. A. v. 12, pag. 290; Hoorweg, W. A. v. 11, pag. 133 e v. 12, pag. 90; Julius, W. A. v. 13, pag. 276; Schulze-Berge W. A. v. 15, pag. 440, e v. 12, pag. 307; Von Zahn, *Untersuch. üb. Contact. elek.*, Lipsia, Teubner, 1882; Ayrton e Perry, Phil. Mag. 1881, pag. 43; Lodge, lavoro citato; Stoletow, Journ. de Physique, II, v. 1, pag. 57; Uljanin, W. A. v. 30, pag. 699; Hallwachs W. A. v. 32, pag. 64; Wiedemann, *Elektricität*, vol. II, ult. ediz., pag. 990 e seg.

cialmente sulla estensione del principio di Volta, estensione che ho esposto precedentemente.

Consideriamo due dischi, uno di rame e l'altro di zinco. Poniamoli in comunicazione col suolo e successivamente isoliamoli. Essi assumono per quel che si è visto, una determinata differenza di potenziale. Questa differenza secondo recenti determinazioni può variare con lo stato superficiale dei due metalli tra 0,7 e 1,02 volt; ed il rame è negativo rispetto allo zinco.

I due dischi sieno ad una distanza tale, che tra di essi non possa esercitarsi alcuna sensibile induzione. Si avvicinino allora di molto, tenendoli paralleli e coassiali. A causa della mutua induzione che viene così ad agire, la densità elettrica delle loro superficie affacciate viene ad essere accresciuta, e sulle facce esterne si formano due strati di elettricità libera, positiva sul rame, negativa sullo zinco. Ora se stabiliamo di nuovo le comunicazioni dei due dischi col suolo, questi strati esterni di elettricità si disperderanno attraverso i conduttori adoperati.

Se riportiamo i due dischi nelle primitive posizioni, la densità elettrica superficiale delle facce interne, tornerà a diminuire, e una quantità di elettricità (da ciascun disco) al disopra di quella che tollererebbe qualsiasi forza elettromotrice di contatto, sfuggirà attraverso i conduttori nel suolo. Questa quantità di elettricità è esattamente eguale, ma di segno contrario, a quella che si è liberata nell'atto dell'avvicinamento. Se dopo aver avvicinato i due dischi, anzichè scaricarli al suolo, si pongono in comunicazione metallica, si ottiene ancora lo stesso risultato, perchè la f. e. m. di contatto impedisce la neutralizzazione delle cariche positive dello zinco e delle negative del rame, ma non ostacola che le cariche libere formatesi all'atto dell'avvicinamento si annullino. E solo ciò avviene anche quando si pongono i dischi al suolo, perchè anche così ai punti di contatto esistono forze elettromotrici.

Tutto ciò costituisce semplici conseguenze della teoria del contatto e si può enunciare colle seguenti leggi:

a) Conduttori eterogenei (non elettrolitici) posti in comunicazione col suolo, assumono potenziali differenti e dipendenti dalla natura di ciascun conduttore.

b) Tutte le volte che due conduttori eterogenei, dopo essere stati scaricati al suolo vengono avvicinati, senza essere portati al contatto, acquistano cariche libere di elettricità, che possono essere tolte mediante un conduttore qualsiasi (non elettrolitico) posto in comunicazione col suolo, o isolato, ma in questo caso di capacità grandissima rispetto a quella dei conduttori su cui si sperimenta.

Queste *cariche di avvicinamento* sono di segno contrario a quelle che si ottengono nella ordinaria esperienza di Volta; talchè zinco che si avvicina

a rame si carica *negativamente*, rame che si avvicina a zinco si carica *positivamente* (1).

c) Tutte le volte che due conduttori eterogenei (abbastanza vicini fra di loro) si allontanano, dopo di essere stati scaricati al suolo, acquistano delle cariche per le quali vale anche ciò che è stato detto in b).

Le *cariche di allontanamento* sono quelle che si ottengono nella ordinaria esperienza di Volta, e sono esattamente eguali e di segno contrario a quelle di avvicinamento precedentemente studiate, qualora gli spostamenti dei dischi, nelle due esperienze, sieno gli stessi ma fatti in senso inverso.

La verifica delle asserzioni suesposte, si può a rigore ricavare da talune esperienze di Exner; benchè questo fisico concludesse dai fenomeni da lui osservati, per la inesattezza della teoria del contatto, e da essi togliesse criteri in appoggio alla sua teoria degli *strati superficiali di ossidi elettrizzati*.

Io ho voluto procedere mediante le seguenti esperienze alla detta verifica. In esse adopero un elettrometro di Hankel modificato (2). La foglia d'oro è sostituita da un sottilissimo filo di quarzo argentato. Con ciò si hanno vari vantaggi: a) L'istrumento ha una capacità elettrica assolutamente trascurabile; b) col microscopio si punta molto meglio il filo di quarzo che la foglia d'oro; c) si può avere una maggiore stabilità del punto zero, e nello stesso tempo una maggiore sensibilità.

Due dischi paralleli ed isolati, uno di ottone dorato e l'altro di zinco, scrupolosamente spianati e puliti al tornio, di circa 15 cm. di diametro sono posti alla distanza di pochi centimetri. Mediante un movimento a vite possono avvicinarsi l'uno all'altro sino a $\frac{1}{2}$ millimetro circa, senza che avvenga alcun contatto. Pongasi il disco di ottone dorato in comunicazione col suolo e il disco di zinco in comunicazione col suolo e col filo di quarzo argentato dell'elettrometro, che è caricato da 50 elementi Daniell. Togliendo la comunicazione dello zinco col suolo, non si osserva alcuna deviazione se non esistono cause perturbatrici. E allora, avvicinando lentamente, per mezzo delle vite, lo zinco al disco dorato, si osserva una piccola deviazione che va crescendo, durante il movimento dei due dischi, specie quando essi si sono di molto avvicinati. Quando essi sono ad $\frac{1}{2}$ mm. di distanza,

(1) Avverto che ho adottato questo linguaggio per brevità, ma a rigore non è esatto. Infatti: una lastra di zinco che si avvicina ad una di rame, se è unita con un elettrometro dà indicazione di carica negativa; e quindi per brevità si può dire che lo zinco si viene a caricare negativamente, ma realmente non si è formata solo la carica negativa; un eguale strato positivo resta vincolato al disco fintanto che rimane nella sua posizione. Col dire dunque: zinco carico negativamente, intendo: zinco unito con un elettrometro, dà indicazione negativa.

(2) M. E. Mallby, *Meth. zur Bestimm. grosser elektrolytischer Widerstände*. Zeitsch. für Physik. Chemie, v. 18, pag. 133.

il filo di quarzo si è spostato nella scala del microscopio per — 2,5 divisioni (la sensibilità dell'istrumento è di circa 3,5 divisioni per volt). Rimanendo i due dischi in questa posizione, il filo di quarzo rimane anch'esso permanentemente deviato dallo zero. Ma se scostiamo di nuovo i due dischi esso vi ritorna esattamente. Basta all'uopo che la loro distanza sia divenuta solo 2 o 3 centimetri. Se, dopo aver avvicinato i due dischi, tocchiamo per un istante lo zinco con un filo comunicante col suolo o con una grossa capacità isolata, l'elettrometro ritorna a zero, e allontanando i due dischi si ottiene una larga deviazione positiva del filo di quarzo, talvolta sino a 22 parti della scala. Le due cariche che così si sono ottenute, negativa nel primo caso, positiva nel secondo, sono eguali, perchè se non si ha cura di riportare a zero il filo di quarzo, annullando la piccola deviazione di — 2,5 divisioni, non si ottiene alcuna deviazione positiva. La spiegazione del fatto che la carica di avvicinamento viene accusata da una piccola deviazione, e quella di allontanamento da una molto più grande, benchè esse sieno eguali, deve ricercarsi nella considerazione dei differenti valori che ha la capacità del sistema nei due casi. La carica di avvicinamento si ottiene al crescere delle capacità, giacchè il disco di zinco si avvicina al disco di rame che è ad un potenziale differente. La carica di allontanamento si ottiene nel moto inverso, quando cioè la capacità diminuisce. Le due cariche dunque, benchè eguali, sono indicate dall'elettrometro da deviazioni molto differenti, perchè essendo distribuite sopra capacità di diverso valore, sono a potenziali differenti.

È chiaro che le deviazioni osservate cambiano solo di segno ma non di valore assoluto se invece di porre al suolo il disco dorato, si pone al suolo lo zinco e si lega il primo con l'elettrometro, ripetendo le stesse operazioni.

Chi ripete l'esperimento di Volta non osserva per solito la carica di avvicinamento o perchè essa produce solo una piccola deviazione dell'ago dell'elettrometro, o perchè la comunicazione di uno dei metalli con l'elettrometro viene stabilita solo dopo averlo portato in contatto con l'altro metallo. L'esperienza di Exner di scaricare alternativamente i dischi di zinco e di rame dopo averli avvicinati, si riporta a quella che ho indicato, e la dimostrazione che essa sia contraria alla teoria del contatto, non ha valore come hanno fatto notare Julius, Pellat, Ayrton e Perry, ecc.

Noterò infine che nel fare l'esperienza descritta, mi sono assicurato della inesistenza di cause perturbatrici che potessero mascherare il fenomeno. Così se nelle condizioni in cui mi son posto, si ripete l'esperienza con dischi di egual natura, non si ottiene alcuna sensibile deviazione, perchè allora, benchè ciascuno di essi sia carico a determinato potenziale, essendo i due potenziali eguali la variazione di capacità del sistema è piccola (al massimo da 1 a 2).

Ripetendo l'esperienza con dischi di egual natura, ma portando uno di essi ad un potenziale più elevato dell'altro che resta unito con l'elettrometro, (mediante uno shunt fatto sul circuito di una pila), si ottengono le stesse deviazioni dell'ago dell'elettrometro, se la differenza di potenziale dei due dischi è di 0,8 — 0,9 volt. Questo valore rappresenta dunque la forza elettromotrice di contatto della coppia zinco-oro adoperata.

Fisica. — *Verifica del principio dell'equivalenza termodinamica per un conduttore bimetallico.* Nota di PAOLO STRANEO, presentata dal Socio BLASERNA.

In due Note precedenti (1) ho dedotte le espressioni delle temperature stazionaria e variabile di un conduttore lineare composto di due metalli, le cui estremità sono mantenute costantemente alla temperatura assunta come zero. Ora farò uso dell'espressione della temperatura stazionaria per dedurre un metodo di verifica del principio dell'equivalenza. Mi pare che questa ricerca possa presentare qualche interesse, non solo perchè è desiderabile che un principio sperimentale, quale è quello dell'equivalenza, venga verificato per tutte le forme di trasformazione di energia in calore, ma anche perchè dimostra che i fenomeni termoelettrici procedono con tale regolarità da poter venire studiati sperimentalmente sulla base dei risultati analitici.

Ricordiamo che nel caso speciale in cui le variazioni delle temperature che intervengono nel conduttore si limitino a pochi gradi, noi potremo assumere come costanti i coefficienti di conducibilità interna ed esterna e di resistenza elettrica relativi ai due metalli, che come precedentemente indicheremo con k_1, h_1, ω_1 e k_2, h_2, ω_2 ; e che inoltre noi potremo trascurare l'effetto Thomson. Poniamo nell'asse del conduttore composto dei due fili di lunghezza l_1 ed l_2 l'asse delle ascisse x_1 e x_2 , ed assumiamo come origine delle x_1 l'estremità del primo filo e come origine delle x_2 il punto di contatto dei due fili. Allora le temperature stazionarie U_1 ed U_2 saranno date dalle formule:

$$U_1 = C_1 + A_1 e^{\lambda_1 x_1} + B_1 e^{-\lambda_1 x_1}, \quad U_2 = C_2 + A_2 e^{\lambda_2 x_2} + B_2 e^{-\lambda_2 x_2};$$

ove si pose:

$$C_1 = i^2 \frac{\omega_1}{J q h_1 p}, \quad C_2 = i^2 \frac{\omega_2}{J q h_2 p}$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{h_1 p}{k_1 q}}, \quad \lambda_2 = \sqrt{\frac{h_2 p}{k_2 q}},$$

indicando con i l'intensità della corrente che attraversa il conduttore, con p e q il perimetro e la sezione uguale per i due fili, con P il coefficiente del-

(1) Vedi questi Rendiconti, vol. VII, 1° sem., pag. 346; 2° sem., pag. 206.