SULLA

TEORIA DEGLI ELETTROMOTORI

MEMORIA IV.

ESAME DI ALCUNE SPERIENZE ADDOTTE DAL SIGNOR FARADAY PER PROVARE CHE L' ELETTRICITÀ VOLTAICA NASCE DALL'AZIONE CHIMICA DEI LIQUIDI SUI METALLI. CON UN APPENDICE SOPRA UN' ANOMALIA CHE PRESENTANO ALCUNI METALLI NELLA DECOMPOSINE DELL' IODURO DI POTASSIO OPERATA DALL' ELETTRICITÀ.

DEL PROFESSOR STEFANO MARIANINI

Ricevuta li 22. *Luglio* 1836.

In una interessante Memoria sull' origine dell' elettricità voltaica il sig. Faraday descrive parecchie sperienze, dalle quali egli è condotto a conchiudere che l' elettricità la quale circola negli elettromotori del Volta non nasce menomamente dal contatto di metalli eterogenei, ma bensì dall' azione chimica esercitata dai liquidi sui metalli stessi. La teoria sostenuta qui dal celebre scopritore delle correnti per induzione concorda in alcuni punti con quella del sig. De la Rive, ritenendo anch' egli che il metallo sul quale il liquido esercita un' azione chimica più forte prenda l' elettricità positiva, e l' altro la negativa. Nella mia seconda Memoria sulla teoria chimica degli elettromotori semplici e composti (1) vennero esaminati tutti i principali esperimenti che il sig. De La Rive adduceva o come inesplicabili colla teoria del Volta, o come prove della sua : e da quell' esame mi risultò che que' fenomeni si spiegavano facilmente coll' antica teoria, e ne feci

(1) Annales de Chimie et de Physique t. XLV, pag. 28. e 113.

conoscere parecchi altri alla spiegazione de' quali la teoria del Fisico di Ginevra non si prestava.

Nessuno ch' io sappia si è fin' ora accinto a provare nè che le spiegazioni da me date colla teoria del Volta ai fenomeni riputati inesplicabili erano erronee, nè che i fenomeni da me addotti come inesplicabili nella teoria chimica, si potevano con essa spiegare. Solo il sig. Parrot fece osservare che molti fatti che io adduceva come contrarj alla teoria del sig. De La Rive erano del tutto favorevoli alla sua: il che era ben naturale, perchè il Sig. Parrot sostiene una teoria opposta a quella del sig. De La Rive. E nella mia terza Memoria su questo argomento (2) mi fu agevole il provare che le mie conclusioni relative alla insufficienza della teoria chimica degli elettromotori sussistono anche dopo le osservazioni del Fisico di Pietroburgo.

Lo scopo principale di questo lavoro del sig. Faraday non è di dimostrare la teoria chimica degli elettromotori, perchè egli già l' ammette per altri motivi. Egli descrive per altro parecchi esperimenti, i quali a suo parere confermano mirabilmente quella teoria. Io non potei occuparmi de' motivi, i quali, indipendentemente da questo suo lavoro, lo persuasero che l'azione chimica sia la sorgente unica di elettricità in una coppia voltaica, perchè non conosco la Memoria originale, e nell' estratto pubblicato nel quaderno del mese di marzo 1835 della Biblioteca Universale di Ginevra che ho sott' occhio, que' motivi non sono indicati. Mi limitai perciò a studiare gli esperimenti ivi descritti, coi quali il Fisico inglese si confermò nella sua opinione. E se in essi avessi rinvenuto degli argomenti ineluttabili, non avrei esitato un momento a dichiarare io stesso sgombrate le gravi difficoltà che ho sempre incontrate nello spiegare i fenomeni della pila con teorie diverse da quella che diede l' inventore della medesima. Ma istituito un esame il più profondo che per me si poteva sopra

(2) Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto I Bimestre 1836.

alcuno de' più fondamentali esperimenti riferiti dal sig. Faraday a conferma della sua tesi, vidi ch' io non poteva ancora abbandonare l' antica teoria, e voglio sperare che vedrallo pure chiunque vorrà prestare attenzione a quanto sono per dire.

I. " Una piastra di zinco ed una lamina di platino (così nell' Estratto citato pagg. 263, 264) immerse in un miscuglio di acidi nitrico e solforico allungati, sono messe in comunicazione nella loro porzione esteriore al liquido; ma in vece di toccarsi metallicamente, esse sono separate da un pezzo di carta immollata in una soluzione di joduro di potassio. Tosto che l' azione chimica della soluzione acida sullo zinco incomincia, e fino a tanto ch' essa continua, l'ioduro vien decomposto; sviluppasi l' iodio contro il platino, e la potassa contro lo zinco. Questa decomposizione e questo trasporto dimostrano la presenza d' una corrente elettrica che si dirige dallo zinco al platino nella soluzione acida e dal platino allo zinco nell' ioduro di potassio. Nè potrebbe attribuirsi la corrente ad un' azione chimica che esercitasse l' ioduro di potassio sui metalli tra i quali è collocato, imperocchè non si osserva alcuna azione, quando invece di collocare lo zinco ed il platino nella soluzione acida, ci limitiamo a metterli in contatto metallico . . . . . Un galvanemetro collocato sul tragitto della corrente manifesta la presenza della medesima, e dà, quanto alla sua direzione, gli stessi risultati che dà la decomposizione chimica. „

Una delle conseguenze che il sig. Faraday trae da questa e da altre simili esperienze si è, che il contatto metallico non è necessario alla produzione d' una corrente voltaica: un' altra è che l' elettricità della pila non proviene punto dal mutuo contatto de' metalli che la compongono; ma è interamente dovuta all'azione chimica (Estratto citato pag. 268). Quanto alla prima deduzione nulla v'è a ridire, perchè e il Volta ed i suoi seguaci hanno sempre ammesso che dalle azioni dei liquidi sui metalli si abbia sviluppo di elettricità. Prima

di esaminare se la seconda sia legittimamente dedotta, descriverò uno degli esperimenti analoghi a quello superiormente citato che vennero da me istituiti.

II. Ho fatto un miscuglio di acido solforico e di acido nitrico in porzioni eguali, ed allungai il miscuglio con venti volte il suo peso d' acqua distillata, una piastra di zinco ed una di platino vennero immerse da una parte in quel liquido e dall' altra vennero congiunte mediante un pezzetto di carta bagnata in una soluzione d' ioduro di potassio. Esaminata la carta dopo dieci minuti secondi vidi che dalla parte ch' era stata a contatto col platino erasi trasportato l' iodio, e dall' altra la potassa; indizio certo che su quella carta aveva agito una corrente elettrica diretta dal platino allo zinco.

A fine poi di aver indizj della corrente anche col galvanometro ho impiegate due piastre di zinco, l'una destinata ad immergersi nel detto miscuglio acido con un' estremità, e comunicante dall' altra parte con un capo del filo del galvanometro, l' altra, congiunta da una parte coll' altro capo del detto filo, e dall' altra parte si poneva a contatto della carta bagnata nella soluzione d' ioduro di potassio, la quale impediva il contatto metallico tra essa e la piastra di platino. Immersa la coppia nel miscuglio acido come nell' esperimento precedente, la deviazione di sei gradi dell' ago del galvanometro indicò la presenza d'una corrente elettrica diretta dallo zinco al platino nell' acido, e dal platino allo zinco a traverso della carta, appunto come era indicato anche dalla decomposizione dell' ioduro.

Siccome il signor Faraday dice che l'ioduro è decomposto subito che comincia l' azione chimica della soluzione acida collo zinco, alcuno potrebbe forse credere che vi fosse qualche intervallo di tempo fra l' immersione delle due piastre nell' acido e lo sviluppo della corrente, ma s' ingannerebbe. È ben vero che se la coppia si lascia immersa per un solo istante non si trova alcuna traccia d' iodio sulla carta, nè sviluppo di gas nel liquido, ma è perchè tali decomposizioni per essere

visibili richiedono che la corrente operi per qualche tempo. Ma il galvanometro dimostra che non v' è il più piccolo intervallo fra l'immersione della coppia e il movimento dell'ago. Non è già che la decomposizione non incominci anch'essa tosto che scorre l' elettricità, ma perchè non può in un istante raccogliersi tal quantità di materia da essere visibile: e ciò anche perchè le piastre toccano la carta in molti punti. Infatti se la piastra di platino si fa terminare in punta, e questa mettesi a contatto della carta che riposa sulla piastra di zinco, l' apparizione dell'iodio accade in brevissimo tempo, e quasi nel momento stesso che si tuffa la coppia nell'acido.

In queste esperienze abbiamo certamente sviluppo d'elettricità senza che lo zinco sia a contatto metallico col platino. Siffatta elettricità può nascere dall' alterazione che l' acido produce sulle parti delle piastre tuffate in esso, e specialmente sulla piastra di zinco, può nascere dal contatto de' metalli col liquido, può nascere finalmente dall' azione chimica che il detto liquido esercita sullo zinco. Io per altro ammetto di buon grado che quest' ultima sia la principale cagione della corrente elettrica negli esperimenti di cui parliamo, e che perciò essi somministrino delle nuove prove che nelle azioni chimiche si hanno sviluppi d'elettricità, e che questi possono produrre delle decomposizioni.

III. Ma perchè si vorrà escludere il contatto metallico come fonte di correnti elettriche, se quando leviamo la carta bagnata che separa la piastra di zinco da quella di platino, e portiamo queste a contatto, si ottiene una corrente tanto più energica da produrre una deviazione di novanta e più gradi? Si dirà che la carta bagnata messa fra le due piastre è di grande ostacolo al trascorrimento dell' elettricità: ma sarebbe da dimostrarsi che realmente quella carta per la sua poca conducibilità porti un tale rallentamento nella corrente da non produrre che la quindicesima parte circa dell'effetto che produce quando è tolto quell' ostacolo.

Per vedere appunto se ciò fosse, io istituii l'esperimento

precedente ponendo il platino a contatto metallico collo zinco per via del filo galvanometrico, e posi la carta bagnata nell' ioduro fra due lamine di zinco, una delle quali aveva l'altro estremo a contatto col platino, e l' altra pescava nel liquido, ed ottenni una deviazione di circa trentacinque gradi. D' onde si vede che l' ostacolo opposto dalla carta bagnata al passaggio dell' elettricità riduce in questo caso la deviazione di novanta gradi a trentacinque, ma non a sei, come faceva quando, essendo posta fra il platino e lo zinco, impediva che i due metalli si toccassero. Dunque sembra che anche dal contatto de' due metalli nasca una corrente che avvalora quella nata dall' azione chimica. Tanto più facilmente un fautore della teoria del Volta si persuaderebbe di questa deduzione, in quanto che il Sig. Faraday dice che l' ioduro non esercita alcuna azione chimica sui metalli fra i quali è collocato, *imperocchè non si osserva alcuna azione quando invece di collocare lo zinco ed il platino nella soluzione acida ci limitiamo a metterli in contatto metallico.*

IV. Ma noi non dobbiamo approfittare di una inavvertenza o forse di un difetto di espressione. Sarà forse vero che l' ioduro di potassio non eserciti alcuna azione chimica sui due metalli, ed è verissimo che messe a contatto le due lamine divise all' altra estremità dalla carta bagnata nell'ioduro, non si osserva alcuna decomposizione (1); ma non è poi vero che in questo caso non siavi corrente elettrica: il galvanometro mi assicurò della sua esistenza con una deviazione di venticinque gradi. Io spero che i fautori della nuova teoria mi permetteranno di attribuire per ora questa corrente all'azione chimica tutto chè invisibile dell' ioduro sullo zinco, perchè la deviazione del galvanometro indica che la corrente nella soluzione è diretta appunto dallo zinco al platino.

Dunque non è indifferente che la carta bagnata nell'ioduro

(1) Se ne vedrà la ragione nell'Appendice.

sia fra due lamine d' uno stesso metallo, ovvero fra il platino e lo zinco. Nel primo caso essa opera solamente come un ostacolo alla corrente eccitata dall' azione dell' acido sui metalli, e nel secondo opera e come ostacolo, giacchè non perde la sua qualità di cattivo conduttore, e come forza contraria. Per vedere adunque definitivamente se la corrente che si osserva anche quando le lamine de' due metalli sono fra loro a mutuo contatto sia o no tutta quanta dovuta all'azione chimica del miscuglio acido, rimane a sapersi se tenendo a calcolo la corrente contraria eccitata dalla carta bagnata nella soluzione d' ioduro di potassio quando è collocata fra il platino e lo zinco, debba la corrente prodotta dall' azione dell' acido ridursi così piccola, come mostra l' esperimento.

A tale oggetto considerai primieramente che quando le due lamine pescano nell' acido, e dall' altra parte sono segregate dalla soluzione d' ioduro di potassio, la corrente eccitata dall' azione chimica della soluzione acida deve affievolirsi attraversando la soluzione dell' ioduro, e la corrente contraria eccitata dall' azione chimica dell' ioduro deve dal canto suo venire affievolita nel suo passaggio a traverso della soluzione acida. Per conoscere adunque quanto fosse tale affievolimento ho istituita l' esperienza che segue.

Due lamine di zinco vennero immerse nel miscuglio acido; una di queste era dall' altra parte a contatto colla lamina di platino mediante il filo galvanometrico; sull'altra estremità di questa lamina di platino ho messa la carta bagnata nell' ioduro, e sulla carta riposava l' estremità della seconda lamina di zinco che emergeva dal liquido. Qui pertanto la corrente eccitata dall' azione dell' ioduro sui metalli deve attraversare oltre le due lamine di zinco e platino a contatto, anche lo strato d' acido allungato posto fra le due lamine di zinco. E l' effetto sul galvanometro non fu già una deviazione di venticinque gradi come quando la corrente non doveva attraversare anche l' acido, ma solamente una deviazione di otto gradi.

Ecco la corrente che si oppone a quella dell' acido la quale come abbiamo veduto era tale da produrre una deviazione di trentacinque gradi. Dunque quando le due lamine pescano nel miscuglio acido, e al di fuori sono segregate dall' ioduro di potassio, in vece della deviazione di trentacinque gradi che produce quando la corrente deve bensì attraversare l' ioduro, ma questo non è fra zinco e platino, si dovrebbe avere una deviazione di ventisette gradi, ma l' esperienza dimostrò che tal corrente non produce che una deviazione di sei gradi; dunque rimane una deviazione di venti gradi almeno, la quale non si saprebbe dire da che sia prodotta ove si ritenga come affatto ozioso il contatto mutuo de' due metalli nella produzione delle correnti voltaiche.

In questa sorta d' esperimenti convien procurare che le piastre abbiano in ogni prova lo stesso grado di pulimento, e le carte sieno sempre egualmente bagnate, ovvero supplirvi col ripetere più volte ognuna delle dette prove e prenderne i risultati medj. Devesi inoltre notare che quando si pone la carta bagnata fra due lamine dello stesso metallo, non è indifferente che le due lamine sieno di zinco o di platino, perchè siccome il platino si altera assai facilmente nella sua facoltà elettromotrice anche per una debolissima corrente elettrica, così quando la carta è fra le lamine di platino oppone un ostacolo maggiore, perchè nasce un elemento d' una pila secondaria che agisce in senso contrario alla corrente da cui è attraversato. Io preferiva perciò di collocare la carta fra due lamine di zinco, assicurandomi da prima ch' esse non davano luogo per se medesime ad alcuna corrente, o questa era sì piccola che era inutile tenerne conto.

V. Ho ripetuta molte volte siffatta serie d' esperimenti, variando specialmente il grado d' allungamento delle soluzioni, ed i risultati condussero sempre alla stessa conclusione. Non sarà forse inutile il registrare qui in compendio una di tali serie per averne sott' occhio i risultati e farne più facilmente il confronto.

(*a*) Rame e zinco a contatto, e immersi dall'altra parte nell'acqua salata. Deviazione di gradi 52.

(*b*) Rame e zinco a contatto, immersi nell'acqua salata, ed obbligando la corrente ad attraversare una carta bagnata nella soluzione d'ioduro di potassio messa fra due lamine di zinco . . . . . „ 18.

(Se la detta carta era messa fra due lamine di rame, la deviazione era presso a poco eguale).

(*c*) Rame e zinco a contatto nelle estremità inferiori, cioè dove prima s'immergevano nell'acqua salata, e separate superiormente dalla carta bagnata nell'ioduro . . . . Devazione contraria alle precedenti — 20.

(*d*) Tutto come nell'esperimento (*c*), ma obbligando la corrente a passare per l'acqua salata fra due lamine di zinco . . . . . „ — 9.

(Se la corrente si faceva passare per l'acqua salata tra due lamine di rame, la deviazione era solamente di cinque gradi.)

(*e*) Rame e zinco separati superiormente dalla carta bagnata nell'ioduro di potassio, ed immerse dall'altra parte nell'acqua salata . . . . . „ + 1.

Se noi consideriamo che nell'esperimento *e* la deviazione del galvanometro dev'essere l'effetto della risultante delle due correnti degli esperimenti *b* e *d*, i cui effetti sono contrarj ed espressi dalle deviazioni + 18 e — 9; siccome in esso esperimento *e* la deviazione non è che di + 1, vedesi anche qui una corrente atta a deviar il galvanometro di 8 gradi, la quale non si comprende da che provenga qualora si neghi che lo zinco a contatto del rame si elettrizzi.

VI. Le esperienze istituite relativamente alle tensioni mediante l'elettrometro ed il condensatore conducono alla stessa conclusione. Eccone una.

Ho allestito un elettromotore di cinque coppie di platino e zinco a contatto, servendomi della solita mistura acida per conduttore liquido. Esplorata la tensione col sussidio del

condensatore, la trovai di dodici gradi dell' elettrometro a paglie sottili del Volta. Obbligai l' elettricità a passare in ciascuna coppia per una carta bagnata nella soluzione d' ioduro di potassio messa fra due lamine di zinco, ovvero fra due di platino: e la tensione fu ancora di 12 gradi. Finalmente posi in ciascuna coppia la carta bagnata nell' ioduro fra il platino e lo zinco, e la tensione non fu se non di due gradi.

Secondo la teoria del Volta si ha la tensione così piccola in quest' ultimo caso, perchè non v'è se non l'elettricità sviluppata dall'azione chimica, negli altri due ve n' ha una molto maggiore, perchè, oltre l'elettricità sviluppata dall' azion chimica, avvi pur quella nata dal contatto de' due metalli eterogenei. Non v' è poi sensibile differenza di tensione ne' primi due casi, cioè e quando la corrente non deve attraversare se non il conduttore acido posto fra coppia e coppia, e quando, oltre a questo, deve attraversare anche una carta bagnata nell' ioduro messa fra due lamine omogenee in ciascuna coppia, perchè per l' effetto sul condensatore non importa gran fatto che la corrente sia più o men rapida.

Sarebbe desiderabile che i sostenitori della nuova teoria insegnassero come si possa rendere ragione di siffatti risultamenti escludendo il contatto dal novero delle sorgenti di elettricità (1),

VII. E che diremo di tutti que' casi, ne' quali se manca il contatto fra i due metalli non v' ha indizio di elettricità? Io ho descritto uno di tali sperimenti al § 32 della mia seconda Memoria su questo argomento. Eccone un altro

(*a*) Una piastra di rame ed una di zinco messe a mutuo

(1) Nella Lettera II. sulla Teoria elettro-chimica delle pile voltiane, diretta al Sig. Dott. Fusinieri dal Sig. Prof. Zamboni ed inserita nel 1. Bimestre di quest'anno 1836 degli Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto sono descritte parecchie esperienze istituite con apparati a colonna, e condotte con una rara maestria, ne' quali si tiene esatto conto delle tensioni dovute all' azione chimica, e di quelle che ad altro non si possono attribuire se non al mutuo contatto de' metalli eterogenei.

contatto ed immerse nell'acqua salata; si ottenne al galvanometro una deviazione di . . . . . gradi 50.

(*b*) Messe parimente a contatto le due piastre, e adoperando una carta bagnata in una lunga soluzione di potassa, o nella saliva per conduttore, la deviazione fu . . . . . „ 16.

(*c*) Le piastre a contatto come sopra, immerse nell' acqua salata, ed obbligando la corrente ad attraversare la detta carta bagnata messa fra due lastre di zinco . . . . . : „ 20.

(*d*) Rame e zinco a contatto come sopra, adoperando la detta carta bagnata come conduttore umido, ed obbligando la corrente ad attraversare l'acqua salata fra due lastre di zinco . . . . . „ — 7.

(*e*) Immerse le due piastre di rame e zinco nell'acqua salata, e segregate dall' altra mediante la carta bagnata, non produssero veruna corrente, o almeno non se n' ebbe indizio al galvanometro . „ 0.

Siccome le correnti degli esperimenti *c* e *d* sono contrarie, così dovrebbero essere eguali acciocchè nell' esperimento *e* non se ne dovesse avere alcuna; ma esse sono disuguali in modo che una produce una deviazione di venti gradi e l'altra di sette; dunque rimane una corrente atta a deviar il galvanometro di tredici gradi, la quale nella teoria chimica io non comprendo dove vada a perdersi.

VIII. Dirassi forse che le carte bagnate quando stanno fra lamine eterogenee, offrano una difficoltà al passaggio dell' elettricità talmente più grande di quando sono collocate fra lamine omogenee da produrre la notabile minorazione di effetto che si osserva? Io credo di no, perchè è noto che le alternative di conduttori umidi e metallici rallentano egualmente la corrente elettrica, o gli strati umidi si trovino fra lamine d' uno stesso metallo, o si trovino fra metalli differenti. Tuttavia siccome quelle mie prime esperienze si limitavano ai metalli rame e zinco, e d' altra parte questa osser-

vazione potrebbe essere fatta anche relativamente agli esperimenti istituiti con platino e zinco sopra registrati, così ho creduto opportuno istituire l' esperienza che ora vado a descrivere per togliere il dubbio che ancor poteva rimanermi intorno all' esperimento del signor Faraday sin qui esaminato.

Ho allestito un elettromotore di cinque coppie di platino e zinco mediante acqua salata, e questo produceva sul galvanometro una deviazione di gradi 12.

A queste cinque coppie ne aggiunsi altre due, pur esse di platino e zinco, ma l' una in senso opposto dell' altra, di maniera che le correnti eccitate da queste ultime si distruggessero reciprocamente, e per conseguenza queste due coppie non servissero che come conduttori della corrente eccitata dalle altre cinque, e la deviazione fu di gradi 9.

Tolte via queste due coppie, ho messo al loro posto due archi metallici, l'uno tutto di platino, e l'altro di zinco delle stesse dimensioni delle coppie, ed in modo che s' immergevano nel liquido tanto come le lamine delle coppie stesse: ed osservai che la corrente eccitata dalle cinque coppie attive essendo obbligata a passare anche per queste due inattive, produceva sul galvanametro una deviazione non diversa dalla precedente, cioè di gradi 9.

Dunque gli strati liquidi o sieno posti fra lamine metalliche della stessa natura, o fra metalli differenti, si comportano egualmente nell' ufficio di conduttori d' una corrente elettrica.

Dopo di tutto ciò che precede io non saprei qual dubbio possa ancor rimanere che il contatto del platino collo zinco non solamente giovi a rendere più rapida la corrente eccitata dall'azione chimica, ma dia anche origine ad una corrente elettrica.

Io credo che anche quando il platino e lo zinco sono segregati dalla carta bagnata nell'ioduro di potassio, non tutto l' effetto derivi immediatamente dall' azione chimica, ma che in parte sia dovuto alle alterazioni nella facoltà elettromo-

trice relativa prodotte dalla stessa azione chimica dell'acido sui metalli. Ma riservandomi di trattare questo dilicato argomento in un altro scritto, passo ora ad esaminare un'altra esperienza.

IX. Come argomento che pur dimostra essere dovuta direttamente all'azione chimica l'elettricità che si osserva nelle coppie voltaiche, il signor Faraday adduce il fatto osservato da Onofrio Davy, che il ferro il quale è positivo per rapporto al rame in un acido allungato, diventa per contrario negativo in una soluzione di solfuro di potassa. *La combinazione dello zolfo col rame* (prosegue il Sig. Faraday) *determina una corrente, la quale diviene sensibile perchè il ferro non è intaccato.* (Estratto citato pag. 273) (1).

Io riterrei ben volentieri che il ferro non sia intaccato dal solfuro di potassa; ma veramente nella teoria chimica conviene ammettere che anche il ferro sia intaccato, benchè molto meno del rame da quella soluzione, altrimenti quando s'immerge in essa del ferro accoppiato all'oro o al platino, non si sa più d'onde nasca la corrente che in questi casi si osserva diretta dal ferro all'oro o al platino entro il liquido, ed al contrario fuori di esso. Ma o che il fenomeno abbia luogo perchè il ferro è intaccato meno del rame, o perchè non lo è punto, poco importa. Bensì importa molto il vedere se la combinazione dello zolfo col rame sia la cagione immediata dello sbilancio elettrico che si osserva.

X. In una soluzione di solfuro di potassa formata con dieci parti d'acqua distillata ed una di solfuro immersi una lamina di rame ed una di ferro, le quali erano accoppiate mediante il filo del galvanometro, e si approfondavano nel liquido sì l'una che l'altra per una superficie di quattro centimetri quadrati.

(1) Il Sig. Dottor Fusinieri nella sua Risposta alla già citata lettera del Sig. Prof. Zamboni adduce egli pure questa esperienza come un valido argomento contro la teoria del contatto. Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto, 1.° Bimestre di quest'anno 1836.

Ed una prontissima deviazione dell' ago di quarantacinque gradi dimostrò che il rame era positivo rispetto al ferro. Il rame, sebbene estratto sul momento aveva notabilmente cangiato colore, egli era divenuto di color plumbeo scuro per la combinazione accaduta alla sua superficie.

Somma in vero è la rapidità, colla quale succede la combinazione dello zolfo col rame; nè sarebbe da meravigliarsi che quest' azione chimica fosse accompagnata da sviluppo di elettricità. Per vedere adunque se l' atto della combinazione dello zolfo col rame fosse veramente quello che desse origine all' elettricità, e non quell'alterazione superficiale che la combinazione medesima produce nel rame, ho istituito il seguente sperimento.

XI. Una piastra di rame ed una di ferro simili affatto a quelle accennate nel paragrafo precedente vennero accoppiate mediante il filo del galvanometro, ed avendo immersa nella detta soluzione la piastra di rame, dopo cinque minuti secondi v' immersi anche quella di ferro. Il rame si mostrò ancora positivo con una deviazione di trentacinque gradi. Estratta la piastra di ferro, lasciai nella soluzione quella di rame, e dopo tre minuti primi rinnovata l' immersione di quella di ferro, la deviazione fu ancora di trentacinque gradi. Dopo aver lasciata la piastra di rame per altri tre minuti in quel liquido, ottenni la stessa deviazione; e così per circa un ora che durò questa esperienza. Donde si dovrebbe dedurre che il rame dopo i primi momenti che si trova in quella soluzione soffra un' azione chimica di forza costante essendochè la corrente cui dà origine, è sempre eguale. Eppure sembrerebbe che l'energia di quell' azione chimica dovesse col tempo scemare.

Lasciando sempre scorrere un tempo eguale dall' una all' altra prova potrebbe dirsi che l' azione chimica accumula sempre sulla piastra una dose eguale d' elettricità, la quale si mette poi in circolo quando s' immerge anche l'altra. Ho perciò replicata questa esperienza rinnovando le immersioni della piastra di ferro a intervalli disuguali di tempo variandoli da un minuto a sei: ma le deviazioni erano sempre eguali.

XII. E qui chi sostiene la nuova teoria potrà forse dire, che l'elettricità si accumula per la massima parte ne' primi istanti che resta chiuso il circolo, e ne' successivi cresce poi sì poco la quantità d' elettrico sviluppata che non riesce sensibile l'aumento.

Ho replicate perciò l' esperienze de' due paragrafi precedenti dopo d'aver attaccato all' estremità della piastra di rame che stava fuori del liquido un filo metallico che pescava nell' acqua della laguna: e le deviazioni del galvanometro furono sempre di trentacinque gradi. Se pertanto l' elettricità s' accumulasse nè primi istanti, o nel primo minuto che la piastra di rame sta a bagno senza essere anche quella di ferro immersa nel liquido, siccome in questo esperimento l'elettricità avrebbe avuto campo di disperdersi, così si avrebbero dovuto ottenere delle correnti meno energiche. Ma la cosa riuscì al contrario; dunque converrà dire che l' azione chimica opera in ogni istante colla stessa energia, sviluppa un' egual dose d'elettricità, e quindi nel momento che si chiude il circolo, la corrente prende la strada e più breve e più conduttrice che gli offre il filo del galvanometro, ed il piccolo strato di soluzione che separa le due piastre, e produce la solita deviazione.

Io lascierò che altri decida quanto un cotal modo di vedere nelle azioni chimiche sia consentaneo alle cognizioni attuali; ma non posso a meno di notare quanto più facile sarebbe lo spiegare questi fenomeni supponendo che la combinazione dello zolfo col rame in vece di essere la causa immediata di quelle correnti, sia la causa mediata, supponendo cioè che quell'azione chimica alteri per guisa la superficie del rame, che lo faccia diventare un elettromotore che nella scala del Volta sta al di sotto del ferro, ossia si elettrizza positivamente quando è accoppiato ad esso.

Che se coteste sperienze ci lasciano ancora dubbiosi sulla preferenza da darsi all' una o all' altra spiegazione, spero che i dubbj svaniranno in chiunque vorrà ripetere le sperienze che passo ora a descrivere.

XIII. Per vedere se realmente il solfuro di potassa produce tale modificazione sul rame da renderlo positivo rispetto al ferro, io misi la piastra di ferro in un bicchiere contenente acqua salata, indi bagnai la piastra di rame nella soluzione di potassa, e poi la immersi nell' acqua salata, dove stava la piastra di ferro, ed il rame si mostrò positivo con una deviazione di diciassette gradi. E si noti che questa coppia nella detta acqua salata produceva una deviazione di quaranta gradi che dimostrava il rame negativo secondo il solito, ed una deviazione eguale ma contraria ottenevasi da essa immergendola nella soluzione del solfuro (1).

Se l'azione chimica dell' acqua salata sul ferro è tale da costituirlo positivo rispetto al rame, tanto quanto l'azion chimica del solfuro di potassa sul rame può rendere questo positivo rispetto a quello, come mai quando portiamo nell' acqua salata il rame che fu bagnato nella soluzione di solfuro di potassa, esso si costituisce ancora positivo rispetto al ferro, ed al segno di produrre una deviazione di diciassette gradi?

La cosa diviene forse ancora più evidente nell' esperimento che segue.

XIV Ho collocato un arco di zinco con una gamba nel bicchiere della soluzione di solfuro di potassa e l'altra nell' acqua salata, ed ho poi tuffati contemporaneamente il ferro nell' acqua salata, ed il rame nella detta soluzione, ed una deviazione di quindici gradi dimostrò essere positivo il rame. Dopo che i due elementi della coppia furono asciugati, tuffai il rame nell' acqua salata, ed il ferro nel solfuro, ed ottenni pure una deviazione di quindici gradi, la quale mostrava essere il rame negativo rispetto al ferro.

Ed in questa sperienza abbiamo anche un nuovo argomento (oltre quelli accennati al paragrafo IX) che ammet-

---

(1) L'acqua era stata salata espressamente a quel grado che potesse far nascere una deviazione eguale a quella prodotta dalla soluzione di solfuro di potassa.

tendo la teoria chimica convien dire che il ferro è pur esso intaccato dalla soluzione di solfuro di potassa, e almeno tanto quanto lo è dall' acqua salata.

All' acqua salata ho sostituito l'acido solforico molto allungato, ed altre volte l'acido nitrico, e qualche altro liquido, e queste sperienze riuscirono con risultamenti analoghi ai qui descritti.

Dunque se, trasportando il rame che fu bagnato nel solfuro di potassa in altri liquidi, ne' quali suol mostrarsi negativo rispetto al ferro, esso rame si trova ancora positivo, sembra che si possa ragionevolmente dedurre, che il rame nel solfuro altro non fece che soffrire una modificazione, per la quale si elettrizza positivamente quando venga accoppiato al ferro.

XV. Tuttavia quella piastra di rame che si bagna nel solfuro di potassa porta seco uno strato di soluzione aderente alla sua superficie, e questa continuerà la sua azione chimica, che è quanto dire lo sviluppo dell' elettricità, e per questo immergendola in altro liquido continua per qualche momento a presentare lo stesso fenomeno. Egli è per prevenire siffatta obbiezione che aggiungo la descrizione di alcune altre sperienze.

Ho preparato una soluzione di solfuro di potassa più forte di quelle usate nelle sperienze precedenti. L'acqua al solfuro stava nella proporzione di quattro ad uno. Immersa la piastra di rame in questa soluzione per qualche minuto secondo, indi asciugata diligentemente, non però strofinata, nè raschiata, l' accoppiai alla sua compagna di ferro e l'immersi nell' acqua salata, e vidi il rame positivo rispetto al ferro, e con una deviazione di venticinque gradi.

Sostituito l'acido solforico allungato all' acqua salata, e fatto lo stesso esperimento si ebbe una deviazione di trentacinque gradi.

Ho ripetuto quest' ultimo esperimento, e dopo ottenuta la deviazione di trentacinque gradi la quale dimostrava posi-

tivo il rame dal quale era stato tolto lo strato di soluzione che gli aderiva, ho asciugato di nuovo la piastra di rame, ed immersa ancora nello stesso acido allungato accoppiata a quella di ferro, essa mostrossi ancora positiva rispetto al ferro, e con una deviazione di otto gradi.

Qualche volta mi riuscì di veder positivo il rame su cui aveva agito il solfuro di potassa, anche dopo averlo immerso quattro volte nell' acqua salata o acidula ed asciugato ogni volta.

I risultati di quest'ultime esperienze sono più certi quando si fa uso d'una soluzione più concentrata, per esempio contenente una parte di solfuro sopra due d' acqua distillata.

XVI. Convinto io da questi fatti che il rame nella soluzione di solfuro di potassa non fa che soffrire una modificazione superficiale la quale scema la sua facoltà elettromotrice relativa; pure il non veder mai scorrere un istante percettibile fra l' atto d' immergere il rame nella detta soluzione e lo sviluppo della corrente che indica quella modificazione, parevami potesse lasciar ancora qualche dubbio. Volli perciò far uso di soluzioni molto allungate per vedere se l' azione volesse essere alquanto men rapida. E non fu certamente senza sorpresa l'osservare che anche in un' acqua, dove non era sciolta che la ducentesima parte del suo peso di solfuro di potassa, il rame appariva ancora positivo rispetto al ferro e con una deviazione di dieci o dodici gradi. Ma avendo finalmente preparata una soluzione, nella quale il peso dell' acqua stava a quella del solfuro nella ragione di ottocento ad uno, vidi che tuffando in essa il rame accoppiato al ferro, appariva positivo il ferro e negativo il rame, e lasciando quest' ultimo a bagno per cinque minuti divenne positivo rispetto al ferro. Ecco due delle molte esperienze istituite con questa soluzione.

Due piastre l' una di rame, e l' altra di ferro lustrate di recente, messe a contatto metallico mediante il filo del galvanometro s' immersero contemporaneamente nella detta so-

luzione, ed il rame si mostrò negativo rispetto al ferro, con una deviazione di . . . . . gradi — 6. (1)

Estratto il ferro ed asciugato, e poi rimesso nel bagno dove si trovava la piastra di rame già da trenta minuti secondi, il rame fu ancora negativo, e la deviazione . . . . . " — 2.

Ripetuta questa prova dopo un minuto primo, il rame apparve alquanto positivo . . . . " + 0. 30

Dopo tre minuti primi che il rame stava a bagno . . . . . " + 1. 30

Dopo altri tre minuti . . . . . " + 3.

Adoperando due piastre più grandi di quelle dell'esperimento ora descritto, appena immersa la coppia, il rame si mostrò negativo colla deviazione . . . . . " — 10.

Ripetuta l'immersione della piastra di ferro dopo due minuti . . . . . " — 5.

Dopo altri tre minuti . . . . . " — 3.

Dopo altri cinque minuti, niuna deviazione . " 0.

Dopo altri due minuti . . . . . " + 1.

Dopo altri due minuti . . . . . " + 5.

Dopo altri tre minuti . . . . . " + 5.

Dopo aver agitato un pochetto il liquido . " + 9.

Risultamenti simili si ottennero, e con indicazioni galvanometriche molto più grandi, dopo aver aggiunto un pò di sale alla lunga soluzione di solfuro di potassa per avvalorarne la conducibilità. Se le piastre che s' adoperano non sono lustre, tali fenomeni hanno pur luogo, ma le deviazioni del galvanometro, e specialmente le prime riescono più piccole.

Per render ragione di questi fenomeni colla nuova teoria converrebbe supporre che da principio l'azione chimica fosse

---

(1) Il segno che accompagna il numero di gradi di deviazione indica la qualità dell' elettricità di cui s' investe il rame.

più forte sul ferro che non sul rame, e poscia più forte su questo, che non su quel metallo. Ma ammettendo ciò che da tanti fatti è dimostrato, cioè che l' azione chimica del solfuro di potassa modifichi il rame in modo da renderlo inferiore al ferro in facoltà elettromotrice relativa, questi fenomeni si spiegano con tutta facilità.

XVII. Allorchè si fa uso di soluzioni concentrate, per vedere che la modificazione prodotta dal solfuro sul rame sussiste anche dopo che il rame fu estratto dal liquido ed asciugato, se invece di eseguire il prosciugamento con un pannolino, come s'è detto, si lascia che la piastra asciughi da se all' aria, ella è cosa rarissima il trovarla ancora positiva rispetto al ferro. Essa si mostra per lo più negativa, e più che non è il rame lustro, e si comporta come un rame fortemente ossidato. Che se la piastra di rame stata bagnata in una forte soluzione di solfuro di potassa si lascia esposta all' aria per più giorni, allora si trova negativa non solo rispetto al rame lustro ed al ferro anche quando s' immerge accoppiata a questi metalli nella detta soluzione; ma si trova negativa anche rispetto all' argento nell' acqua salata o acidula, e spesse volte anche rispetto all' oro.

XVIII. E non è solamente colla coppia voltaica di rame e ferro che si possono istituire siffatte esperienze, poichè il rame nella soluzione di solfuro di potassa diviene positivo anche rispetto allo stagno ed al piombo; e facendo uso di soluzioni forti lo vidi qualche volta positivo anche rispetto allo zinco.

XIX. Anche l'argento immerso nella soluzione di solfuro di potassa diventa positivo rispetto al ferro, allo stagno ed al piombo, più facilmente che non fa il rame. L' alterazione che soffre l'argento nella detta soluzione è analoga a quella che soffre il rame, e più notabile, perchè se nella stessa soluzione s' immerge la coppia d' argento e rame, il primo di questi metalli vedesi sempre positivo rispetto al secondo. Con siffatta coppia si istituiscono con molto maggiore facilità, e con so-

luzioni molto più allungate anche le sperienze descritte ai paragrafi XV e XVI.

Quando una piastra d'argento è stata immersa in un' acqua contenente anche una sola vigesima parte del suo peso di solfuro di potassa, si può asciugarla e strofinarla quanto si vuole, che accoppiata poi al rame ed immersa con esso nell'acqua salata o acidula, si mostra sempre positiva. Tanto è vero che l'azione chimica non fa che portare un' alterazione all'argento che lo rende inferiore al rame nella sua facoltà elettromotrice, e che per conseguenza l'azione chimica non è che causa mediata, e non mai (in questa sorte d'esperienze) causa immediata delle correnti elettriche che si osservano. Ed ecco che l'esperimento del Davy citato dal sig. Faraday rientra nella classe di quelli proposti già da lungo tempo dal sig. De La Rive a sostegno della sua teoria, e de' quali ho trattato ai paragrafii 24, 25, 26 e 27 della mia seconda Memoria sulla teoria chimica degli elettromotori. (Annales des Chimie et de Physique T. 45.)

Altre cose potrei qui aggiungere circa l'energia che spiega il solfuro di potassa nell'alterare i metalli: ma esse troveranno più opportuno luogo nell'opera dove tratterò in generale delle alterazioni nella facoltà elettromotrice che i conduttori di prima classe soffrono quando sono immersi in quelli di seconda. Sembrandomi sufficiente il fin qui detto a dimostrare che l'esperimento del Davy citato dal Faraday nulla prova contro la dottrina del Volta, e nelle sue variazioni prova molto contro la nuova teoria, io passo a discorrere d'un altro fenomeno recato dal celebre Faraday a sostegno della teoria chimica della pila, fenomeno per verità molto seducente.

XX. " Una stupenda prova sperimentale (così nell'Estratto citato pag. 274.) dello stato di tensione in cui si costituiscono i metalli d'una semplice coppia voltaica prima che la corrente abbia potuto stabilirsi per l'effetto del loro contatto, è la scintilla brillante che scocca nel momento stesso di questo contatto. Si può renderla fortissima immergendo nell'acido

solforico allungato due grandi superficie cilindriche di rame, tra le quali se ne colloca una di zinco amalgamato, e riunendo con un conduttore il rame e lo zinco per mezzo di due capsule piene di mercurio. L'azione chimica della soluzione acida sullo zinco amalgamato non è sensibile prima che si stabilisca il contatto, ma nel momento ch'esso si effettua scocca una scintilla, e nel tempo stesso la soluzione è vivamente decomposta. Interrompendo il circuito si ottiene parimenti una scintilla, e la decomposizione cessa tosto . . . . . La produzione della scintilla nel primo caso (compiendo il circolo) è una prova evidente che lo zinco e l'acqua si costituiscono unicamente per l'azione chimica che l'uno esercita sull'altra, in uno stato di forte tensione, perchè la scintilla passa prima che il contatto metallico sia accaduto, e che la corrente abbia potuto circolare; dunque essa non dipende se non dalle forze chimiche. „

Ella è cosa indubitata che nelle circostanze quivi descritte salta la scintilla: ma mi pare molto difficile a dimostrarsi che essa dipenda dalla tensione che nasce per l'azione chimica esercitata dal liquido sui metalli.

Che la lamina di zinco possa avere una debolissima carica d'elettricità, e per conseguenza una debolissima tensione, io non ne dubito. Può averla perchè il contatto col liquido basta, come insegnò il Volta, ad elettrizzarla ad un minimo grado: può averla perchè tutte le volte che una lamina di zinco pesca in un conduttore liquido, specialmente se acido o salato, la parte che è nel liquido costituisce unitamente a quella che è fuori un elemento voltaico, come io dimostrai nel mio Saggio d'esperienze elettrometriche §§ 73 e seg. (1); finalmente quella lamina di zinco può avere dell'elettricità perchè l'azione chimica esercitata su di essa dal liquido la generi e gliela comunichi. Ma queste tre cagioni di carica elettrica saranno

(1) Chi non avesse l'opera qui citata può vederne l'estratto negli *Annales de Chimie et de Physique* Ottobre 1826, *pag.* 113.

poi tutte cospiranti? Supponiamo pure che lo siano, anzi supponiamo di più che l'azione chimica sia tanto più operativa delle altre che si possa considerare come la sola. E potrà poi quella minima dose d' elettricità di cui è carica la lamina di zinco produrre una scintilla visibile nel suo passaggio in un altro conduttore?

Noi sappiamo che un conduttore anche di qualche piede quadrato di superficie carico a parecchi gradi del elettrometro a paglie sottili del Volta, sebbene esplorato nelle circostanze più opportune non dà alcuna scintilla: laddove essa si manifesta in una bottiglia di Leiden carica alla stessa tensione, perchè la bottiglia attesa la sua capacità contiene sotto quella tensione una carica immensamente più grande. E che si dirà poi della piccolissima tensione (1) di quella piastra di zinco, se la stessa bottiglia di Leiden non la presenta quando è carica alla tensione d' una pila di quaranta e più coppie? Non basta adunque la tensione quando è troppo piccola perchè salti la scintilla, egli è necessario che sotto quella piccola tensione si appiatti una grande quantità di fluido elettrico.

XXI. Non manca la quantità d' elettrico necessaria all'apparizione della scintilla (diranno qui forse i difensori della nuova teoria) qualora si consideri che non sì tosto la prima dose d' elettrico è slanciata sul rame, che l'azione chimica ne genera nello zinco una seconda; trascorsa la quale sopravviene una terza, e così via via, e con tanta celerità, che se ne addensa in quell' istante una quantità sufficiente a produrre la scintilla.

Veramente io duro fatica a persuadermi che l'azione chimica operi con una celerità pari a quella con cui scorre l' elettrico. Tuttavia si ammetta, e vediamo se, anche ammettendo questo, si può spiegare colla teoria chimica il fenomeno brillante di cui si tratta.

---

(1) Io non so comprendere come nel passo riportato sia chiamata *forte* quella tensione (*forte tension*), perchè le tensioni forti sono quelle che fanno saltar le scintille a notabili distanze, ed invece nell' esperienza citata la sintilla salta a sì piccola distanza che non è possibile di non confonderla col contatto.

Che cosa avviene secondo la nuova teoria quando una piastra di zinco e una di rame pescano in un liquido e per di fuori sono a contatto? L'azione chimica che il liquido esercita sullo zinco sviluppa dell'elettricità, la quale viene subito tradotta dal liquido stesso al rame, il quale la restituisce allo zinco dalla parte dove comunica con esso metallicamente. E nella piastra di rame che cosa avviene? La stessa cosa, ma con minore intensità. L'azione chimica del liquido sul rame sviluppa pure su di esso dell'elettricità, ma siccome l'azione è più debole, così la tensione del rame è minore, e prevale quella dello zinco, sicchè la corrente si avvia nel liquido dallo zinco al rame, e fuori dal rame allo zinco. Che anche sulla piastra di rame accada uno sviluppo d'elettricità analoga a quella che nasce sullo zinco, ne abbiamo la prova nel vedere che se in compagnia della piastra di rame se ne trova una d'un metallo su cui il liquido eserciti un'azione più debole, per esempio d'oro, la corrente si determina dal rame all'oro nel liquido, e fuori dall'oro al rame.

Ho detto che sul rame l'azione del liquido sviluppa un elettricità analoga di minor tensione e non in quantità minore, perchè la direzione della corrente è determinata non dalla quantità dell'elettricità, ma dalla tensione. La meno forte azione chimica del liquido ecciterà fors'anche una quantità minore di elettricità; ma la cosa più certa è che la tensione è minore.

Che sarà dunque (secondo la nuova teoria) delle due piastre di zinco e di rame immerse nel liquido prima che si portino a contatto metallico per di fuori? Sì l'una che l'altra avranno fuori del liquido una tensione negativa, ma quella dello zinco sarà maggiore di quella del rame: e questa tensione negativa prevalente dello zinco sarà quella che determina nell'esperienza citata il salto della scintilla dal rame allo zinco.

XXII. Ma se avviene il salto della scintilla quando le piastre hanno entrambe una tensione omologa, e non dovrebbe saltar meglio quando il rame avesse una tensione più debole

di quando pesca nell' acido allungato, o non avesse alcuna tensione?

Portiamo adunque lo zinco che si trova nel truogo dell' acido solforico a contatto metallico con una larga lamina di rame collocata fuori del truogo, e comunicante con un conduttore d' immensa capacità, qual è per esempio il mare, onde possa dar pronto ricetto all' elettricità che va a comunicarle lo zinco toccandola: e che cosa osserviamo? Niuna scintilla elettrica. Qui si potrebbe forse dire che se la lamina di rame comunica coll' acqua del mare, l' azione chimica che questa produce sul rame la costituisce parimente in tensione; ma sarà per altro sempre una tensione minore di quella prodotta dall' azione elettrica dell' acido.

Tuttavia per togliere questa difficoltà, poniamo quella lamina di rame in comunicazione all' armatura interna d' una grande bottiglia di Leiden o d' una batteria, mentre l' esterna comunica col suolo o col mare; ma neppure in questo caso, portando lo zinco in comunicazione metallica col rame, si ottiene la scintilla.

Ella è dunque una condizione necessaria (almeno nell' esperienza che qui descriviamo) allo scocco della scintilla che la lamina di rame si trovi immersa nel liquido nel quale pesca lo zinco. Ed è ben singolare che una circostanza, la quale, ragionando coi principj della nuova teoria, dovemmo giudicare sfavorevole, dobbiamo ora risguardarla come una condizione son per dire essenziale alla riuscita del fenomeno.

Ma che importa che la lamina di rame sia in quel liquido? Questo fa sì che l' elettrico circola quando è accaduto il contatto delle due lamine. Dunque perchè si vegga quella scintilla è d' uopo che l' elettricità possa circolare venendo i metalli a toccarsi. Ma vi ha di più. Se la piastra di rame si fa pescare in quel liquido solo per una piccola porzione o manca la scintilla o è debolissima: e se al contrario la parte bagnata della piastra di rame è molto più grande e circonda quella di zinco, il che favorisce ancor più la rapidità della circolazione, la scintilla è assai brillante.

XXIII. E qui risponderanno i difensori della nuova teoria essere utile che i due metalli si trovino nello stesso recipiente, perchè allora le dosi d'elettrico che vanno successivamente generandosi dall'azione chimica operano moltissime volte, perchè tutte continuano a circolare. A chi credesse di togliere in questa guisa la difficoltà io non risponderò già che il sig. Faraday ha detto, che la scintilla salta prima che la corrente abbia potuto circolare, perchè egli non ha creduto opportuno di dimostrare questa proposizione, e noi per contrario abbiamo con ciò che precede dimostrato, che le condizioni pel salto della scintilla sono quelle stesse che si richieggono perchè la circolazione sia quanto può essere rapida: ma farò osservare che se noi supponiamo che, mentre circola la dose d'elettricità sviluppata dall'azione chimica nel secondo istante, circola con essa anche la dose sviluppata nel primo, che nel terzo istante, oltre alle due dosi degl'istanti precedenti, circola una nuova dose, e così sempre, per cui si accumula poi la quantità sufficiente all'apparizione della scintilla, ne verrebbe che la corrente elettrica dovrebbe essere più energica negl'istanti successivi, che non ne' primi. Ma la cosa va tutto al contrario, mentre la corrente non è mai sì forte quanto nel primo istante che si chiude il circolo. Questo è noto già da molto tempo (1), ed io me ne assicurai anche col mio galvanometro munito d'un congegno per tener fermo l'ago e metterlo in libertà quando si voglia. La deviazione che un elettromotore produce nell'ago del galvanometro è sempre notabilmente maggiore di quella che si osserva lasciando libero l'ago un

(1) Veggasi la Memoria sulla perdita di tensione che soffrono gli elettromotori quando sta chiuso il circolo ec. pubblicata nel Giornale di Pavia, anno 1827, e negli Annali *de Chimie et de Physique* T. 38. p. 337. V'hanno de' casi ne' quali se si chiude il circolo nel medesimo istante che s'immergono le piastre nel liquido, la corrente sembra debolissima o nulla, o perfino contraria a quella che vedesi un momento dopo. Ma questo accade per le alterazioni che il liquido produce nella facoltà elettromotrice relativa dei metalli.

momento dopo che il circolo fu chiuso (1). Io non vedo adunque come si possa spiegare l'apparizione di quella scintilla non ammettendo altra elettricità se non quella che si eccita dall' azione chimica.

E ammettendo la teoria del Volta saremo noi più felici nell' indagare la spiegazione di questo fenomeno?

XXIV. Tutto ciò che potrebbe immaginarsi per ispiegare il fenomeno nella nuova teoria, reggerebbe eziandio nell' antica, perchè anche in questa si ammette la possibilità d' uno sbilancio elettrico che precede il contatto: se non che in vece di attribuirlo soltanto all' azione chimica si fa derivare anche dal contatto dei metalli col liquido, e dalle eterogeneità che presentano le parti delle piastre immerse nel liquido relativamente a quelle che ne sono fuori. Io credo per altro che nella teoria del Volta si renderà molto più facilmente ragione anche di questa scintilla ripetendola dalla proprietà de' metalli eterogenei di elettrizzarsi reciprocamente quando vanno a toccarsi.

Veramente l'asserire che quella scintilla salti per l'azione del contatto tra lo zinco ed il rame, non si può negare che a prima giunta sembri un paradosso: imperocchè all'idea d'un salto di scintilla non possiamo a meno di connettervi l' idea d' una distanza che divide i due corpi fra i quali salta. Tuttavia io spero che svanirà ogni ombra di paradosso, qualora vorremo esaminare qual' idea dobbiamo formarci di quelle scintille, di quelle distanze, di que' contatti.

Qual è la tensione elettrica in cui si costituiscono gli elementi d' una coppia di rame e zinco? Quella d'un ottantesimo di grado dell' elettrometro a paglie sottili del Volta. Lo dimostrò *a priori* il Volta medesimo colle più accurate esperienze istituite col sussidio del suo condensatore, lo dimostrò *a posteriori* quando fece vedere che una pila di ottanta coppie

(1) Di questo argomento fece uso anche il Sig. Prof. Zamboni nella lettera citata.

dava la tensione di un grado all'elettrometro suddetto, una pila di 160 coppie dava la tensione di due gradi ec. A che corrisponde la tensione di un grado dell'eletrometro a paglie sottili? Alla tensione che farebbe saltar la scintilla fra due sfere metalliche d'un pollice di diametro alla distanza d'un centosessantesimo di linea; e per coseguenza la tensione d'una sola coppia è tale che farebbe saltar la scintilla solamente all'ottantesima parte della detta distanza, vale a dire alla distanza di una dodicimillottocentesima parte $\left(\frac{1}{12800}\right)$ di linea. Per altro, siccome nel caso nostro li metalli fra i quali si fa saltar la scintilla o almeno uno di essi è acuminato, e sappiamo che in questo caso la scintilla salta (a parità di tensione) a qualche maggiore distanza, così potremo ritenere che in questa esperienza la scintilla salti alla distanza di circa un diecimillesimo di linea. Ora una distanza così minima (e fosse pur anche doppia o tripla) non si confonde forse col conttato? E non si ritiene dai fisici che i corpi non sono forse mai al vero contatto, ma solo a distanze minime che non possono scemar più oltre mediante forze meccaniche? Io per me credo che anche ad una distanza maggiore di $\frac{1}{10000}$ di linea abbia luogo lo sbilancio elettrico tra il rame e lo zinco.

XXV. Tuttavia, benchè sia vero che questa picciolissima distanza non possiamo distinguerla da ciò che dicesi contatto, pure prendendo la cosa al rigor del termine convien confessare, che noi non sappiamo se un diecimillesimo di linea sia poi quella tal vicinanza che basti a far nascere lo sbilancio voltaico, o se si richiegga una vicinanza ancor più grande. Ho pertanto istituite alcune sperienze per assicurarmi se lo zinco ed il rame si costituiscono in tensione elettrica anche quando non si può dire che sieno a contatto, benchè l'intervallo fra l'uno e l'altro sia piccolissimo.

(*a*) Due dischi di quattro centimetri di diametro l'uno di rame e l'altro di zinco ben levigati e piani, e muniti di

manico isolante vennero messi fra loro a contatto e poi coll' elettrometro fornito di condensatore, ed ottenni una tensione di circa otto gradi. Ho ripetuta questa esperienza fondamentale del Volta, ma dopo aver collocato sul disco di rame un sottilissimo filo di seta che divideva in due parti eguali la superficie, ottenni una tensione pressochè eguale alla precedente.

(*b*) Ho collocato sullo stesso disco di rame due fili di seta fra loro paralleli, ed in modo che ciascuno di essi era distante dal centro di circa un centimetro, ed ottenni ancora la stessa tensione.

(*c*) In vece di porre i due fili paralleli, feci che s' incrocicchiassero nel centro ad angolo retto, ed operando nel consueto modo ottenni un allargamento nelle paglie dell' elettrometro di circa cinque gradi.

(*d*) Ho collocato i due fili paralleli come nell'esperimento *b*, ed altri due vennero collocati sui primi pure fra loro paralleli, e formanti con quelli angoli retti, ed ottenni una tensione di tre gradi crescenti.

(*e*) Aggiunsi ai quattro fili di seta dell' esperimento precedente altri due fili che incrocicchiavano i quattro in modo che fra i due dischi veniva ad essere la distanza di tre fili di seta, e si ebbe ancora un grado di allargamento nelle paglie dell' elettrometro.

Io mi assicurai che le tensioni osservate in queste ed altre simili esperienze non derivavano da qualche contatto metallico che potesse aver luogo non ostante l' interposizione di que' fili, perchè, oltre che i dischi erano sommamente levigati e piani, vidi che se si collocava insieme co' fili una menomissima briciola d' una foglia d'oro, per cui qualche punto d' un disco fosse in comunicazione metallica coll'altro, la tensione non era differente da quella che ottenevasi quando non v' erano fili di seta fra l' uno e l' altro disco.

Non potrei neppur sospettare che tali tensioni derivassero dal contatto fra i metalli e la seta, nè da un tal quale

sfregamento che potesse aver avuto luogo nel collocare un piatto sull' altro, o nel distaccarli, nè tampoco dalla pressione esercitata dai dischi sulla seta: 1.° perchè se adoperava due dischi entrambi di zinco o entrambi di rame, non si otteneva alcun indizio di tensione: 2.° perchè l'elettricità ottenuta era positiva o negativa secondo che l'elettrometro era toccato col disco di zinco o con quello di rame; 3.° perchè se cresceva il numero de' fili incrocicchiati, nel qual caso e lo sfregamento e la compressione dovevano riuscire maggiori, non si otteneva più alcuna tensione (1).

Siffatte sperienze dimostrano adunque che nella coppia voltaica si ottiene lo sbilancio elettrico non solamente quando i metalli si trovano alla distanza di un diecimillesimo di linea, ma anche a distanze molto maggiori, tuttochè sempre piccolissime.

XXVI. Ciò posto il fenomeno della scintilla, che si osserva nell' esperienza citata dal sig. Faraday, si spiega ben facilmente nella teoria del Volta.

Allorquando nel portare il rame a contatto dello zinco si perviene a quella minima distanza, alla quale ha già luogo lo sbilancio elettrico, esso rame spinge nello zinco una dose di elettricità, che questo diffonde immediatamente nel liquido, e dal liquido viene restituita al rame: ma appena è ristabilito l' equilibrio, il rame spinge nuovamente nello zinco una dose d'elettricità, la quale viene pure restituita al rame per via del conduttore umido. E siccome l'elettrico si move con immensa celerità; così nel brevissimo tempo che si spende nel rendere la comunicazione metallica ancor più intima, ossia a procurare quello che dicesi contatto, migliaja e migliaja di circoli si succedono, e per conseguenza tanta elettricità passa per quell'imperfetto condut-

(1) E qui mi sia permesso attestare la mia riconoscenza ai Signori fratelli Caragiani coltivatori appassionati delle scienze sperimentali ed abilissimi meccanici, alla cui gentilezza io vo debitore de' squisiti condensatori ed elettrometri coi quali ho istituito in loro compagnia queste delicate sperienze.

tore costituito dalla piccola distanza, che deve apparire luminosa; o si ammetta che l'elettricità quando è condensata ad un certo grado si trasformi in luce, o si ammetta che arroventi i corpi fra i quali passa, ovvero che abbruci e distacchi repentinamente delle particelle metalliche, come in tanti casi dimostrò accadere il chiarissimo Fusinieri.

Ammesso quanto precede, anche il rinnovarsi della scintilla all' interrompersi del circolo si spiega facilmente; perchè nel ritirare il filo di platino dal mercurio, si passa pure per quella minima distanza, alla quale continua ancora la corrente, e, se il circolo non è stato chiuso per troppo tempo, per cui la corrente non sia già di troppo indebolita, quella circolazione è sì rapida che, nel brevissimo tempo che s' impiega a passare dal contatto a quella distanza che toglie ogni successivo sbilancio elettrico, quello strato d'aria o di molecole metalliche è invaso da tanta elettricità che ne nasce la scintilla.

Non mi dilungo sulle altre circostanze o condizioni della scintilla prodotta dagli elettromotori, facile essendo lo spiegarle coi principj sopra esposti.

La descrizione di parecchie altre esperienze relative allo stato elettrico in cui si costituiscono due corpi eterogenei messi a minime distanze l' uno dall'altro, mi allontanerebbe di troppo dall' argomento di questa Memoria. Le riservo perciò ad altro momento e termino col descrivere qualche altro sperimento che ha relazione più o meno stretta con quelli fin quì esaminati, e che per quanto a me pare non si possono spiegare colla nuova teoria degli elettromotori.

XXVII. Messa una lamina di zinco in un bicchiere d'acido solforico allungato da circa venticinque volte il suo peso d'acqua distillata, ed in modo che emergeva in parte dal liquido, esplorata mediante un condensatore di zinco la tensione, fu trovata d' un grado crescente e negativa. Messa allo stesso modo una lamina di rame nel medesimo liquido, ed esplorata la tensione mediante un condensatore d' egual forza, ma di rame, fu trovata di mezzo grado e parimente negativa. E ciò

è conforme, come già abbiamo fatto osservare (§ XXI) alla teoria chimica. Dunque in quelle due piastre immerse per una porzione nell'acido solforico allungato noi abbiamo come due coppie voltaiche atte ad eccitare una corrente elettrica. Ora se noi le portiamo a contatto per di fuori, le correnti devono in parte elidersi perchè contrarie. Infatti essendo negativo lo zinco che va a toccar il rame, tenderà a produrre una corrente dal rame allo zinco animata dalla tensione di un grado. E dal canto suo il rame tenderà a produrne un' altra dallo zinco al rame, animata dalla tensione di mezzo grado. Dunque la risultante dovrebbe essere una corrente dal rame allo zinco per di fuori, e dallo zinco al rame nel liquido, animata da una tensione di circa mezzo grado. E che vuol dire adunque che, messe a contatto quelle due piastre in modo da formare una coppia sola di rame e zinco, ed esploratane la tensione coll' uno o coll' altro dei detti condensatori, la si trova di sette gradi? Per me questo non vuol dir altro, se non che quei gradi di tensione che si rinvengono di più di quello che richiederebbe la teoria nuova, sono dovuti al mutuo contatto de' due metalli zinco e rame.

XXVIII. Al fondo d'una tazza contenente una soluzione di solfato di rame collocai due piastrine l' una d'argento e l' altra di zinco, in modo però che tra di loro non si toccassero, le lasciai là per parecchi minuti, e la piastra d'argento rimase sempre bianca e lucente come il primo momento. Ma appena, mediante un bastoncino di vetro, mandai lo zinco a toccare l' argento, questo si coprì immediatamente d'uno strato di rame. Qui i difensori della nuova teoria diranno che ne' punti dove i due metalli si toccano è come se fossero fuori del liquido, e quindi nasce la tensione, la corrente, e la decomposizione del solfato di rame, che ne è l'effetto. Siccome per altro ho veduto che i metalli eterogenei si elettrizzano anche a qualche minima distanza (§ XXV), e so che il solfato di rame è facile a decomporsi con debolissime correnti elettriche; così ho concepito speranza di poter ottener una tale decomposizione

anche quando v' è qualche minima distanza fra i due metalli, e la speranza non fu delusa.

In una soluzione piuttosto forte di solfato di rame affondai una piastrina d'argento in compagnia d' un pezzetto di zinco ed a qualche distanza l' una dall'altro. Dopo un quarto d'ora levai i due metalli, nè vidi alcuna alterazione sull' argento. Collocai poscia sull' argento messo come prima al fondo della tazza, un pezzettino di carta ben sottile, il quale però non ricopriva che una quinta o sesta parte d' una superficie della piastrina d' argento, e su quella carta posai l'estremità d' un cilindretto di zinco, il quale stava pur tutto quanto tuffato nel liquido. Acciocchè la carta non venisse lacerata, feci terminare in superficie sferica ben rotondata e liscia l' estremità del cilindretto di zinco che doveva riposare sulla detta carta. Dopo cinque minuti primi levai il detto cilindro di zinco, e vidi l'argento ricoperto d'uno strato di rame.

Rinnovato l' esperimento ed avendo collocato sulla piastrina d' argento due di quelle sottili carte, la quantità di rame depositata in egual tempo sull' argento fu ancora sensibile, ma molto minore che nel primo esperimento, sebbene anche questa volta abbia adoperato un cilindro di zinco ben fornito. Con tre di quelle carte poste fra l'argento e lo zinco non vidi alcun effetto neppure in dieci minuti.

L' argento adoperato in questa esperienza era al titolo legale, e l' acqua teneva in soluzione la terza parte del peso di solfato di rame.

Come spiegare questo fenomeno nella teoria chimica, mentre trovandosi i metalli circondati per ogni parte dal liquido che agisce chimicamente sopra di essi, non può nascere la tensione che determini la corrente? Ma facile ne è la spiegazione nella teoria del Volta ammettendo che i corpi eterogenei si elettrizzano quando vengono a mutuo contatto, e che una minima distanza può in parte fare le veci del contatto. Alla qual cosa sembra che fin' ora non siasi prestato attenzione, quantunque il Volta l' abbia sospettata, ed il valen-

tissimo elettricista di Verona ci abbia assicurati da lungo tempo che un velo gommoso tra la foglia d'argento e il rame o manganese non toglieva la tensione alle sue pile a secco (1).

XXIX. Ventiquattro lamine di platino, ciascuna delle quali era congiunta metallicamente con una d'oro puro, furono disposte in altrettanti bicchieri contenenti acqua distillata alla maniera degli elettromotori a corona di tazze del Volta. Ne esplorai la tensione mediante l'elettrometro munito di mediocre condensatore e la trovai positiva all'estremità che terminava colla lamina d'oro, negativa dove terminava col platino, e di circa cinque gradi come presso a poco era la tensione d'un elettromotore formato di due coppie di rame e zinco.

Finchè non sia dimostrato che l'acqua distillata esercita una qualche azione chimica anche su questi metalli, o almeno sull'oro, anche il risultato di questo esperimento rimane senza spiegazione nella nuova teoria.

Riservandomi di parlare di altre sperienze di simil genere in altra occasione, conchiudo che gli esperimenti recati dal signor Faraday che formarono l'argomento principale di questa Memoria, si spiegano facilmente colla teoria del Volta, e che molti dei risultati che si ottennero nello studio dei medesimi rimangono senza spiegazione nella teoria che esclude il contatto di corpi eterogenei dal novero delle cause di correnti elettriche.

APPENDICE

Sopra un' anomalia che presentano alcuni metalli nella decomposizione dell' ioduro di potassio operata dall' elettricità.

XXX. Allorquando noi studiamo de' fenomeni, sull'origine de' quali abbiamo adottata un'ipotesi, può facilmente accadere che non li guardiamo da tutti i lati, da' quali possono essere osservati, imperocchè se c' imbattiamo a vederli dal lato in cui

(1) V. Zamboni, l'Elettromotore perpetuo, T. 2. pag. 209.

essi s'accordano coll'ipotesi adottata, ci sentiamo naturalmente inclinati ad ammettere che tutto il resto debba essere consentaneo all'ipotesi medesima. Quindi il vantaggio che gli stessi fenomeni vengano studiati da più persone, le quali non tutte ammettano la stessa ipotesi relativamente all'origine de' medesimi. Molte prove di questa verità e di questo vantaggio s'incontrano nelle Memorie sulla teoria degli elettromotori pubblicate dagl'illustri Fisici De La Rive, Nobili, Becquerel, Zamboni, Faraday ed altri, e fors'anco nelle mie. Un'altra prova l'avremo, se mal non mi appongo, in quest'Appendice.

Avendo immersa una piastra di zinco ed una di platino negli acidi nitrico e solforico allungati, e messa una carta bagnata nell'ioduro di potassio fra le due piastre dove stavano fuori del liquido, il sig. Faraday (come già dissi al paragrafo I), veduta ch'egli ebbe la decomposizione dell'ioduro non dubitò dell'esistenza d'una corrente elettrica diretta nella carta dal platino allo zinco, e confermò la sua deduzione anche col mezzo del galvanometro. Ma quando, invece d'immergere le piastre nel liquido acido le mise fra loro a contatto metallico, non vedendo alcuna decomposizione dell'ioduro, e ritenendo egli che da quel contatto niuna corrente avesse a generarsi, sembra aver egli argomentato che allora niuna corrente ivi esistesse, e non aver quindi verificato col galvanometro se anche questa deduzione fosse vera.

Al contrario essendo io persuaso che anche il semplice contatto possa dar origine a sbilancio di elettricità, quantunque non vedessi neppur io in questa seconda parte dell'esperienza alcuna decomposizione; pure argomentai che la corrente dovesse esistere, e col sussidio del galvanometro confermai la verità della mia deduzione. Anzi avendo veduto pel confronto delle deviazioni galvanometriche che questa corrente era più forte della prima, nacque naturalmente la curiosità d'indagare perchè mai la prima corrente, cioè quella che ottenevasi quando le piastre invece di essere a contatto erano tuffate nell'acido, la quale non deviava il galvanometro se non che di sette od

otto gradi, fosse poi atta a decomporre l' ioduro di potassio, e non lo fosse l'altra, la quale produceva una deviazione di venticinque gradi, e talvolta anche di trenta.

XXXI. Parendomi nuovo questo fenomeno, e ricorrendomi tosto al pensiero che quest' elettricità non è conosciuta se non dagli effetti che produce, volli tosto vedere, se mai il contatto metallico portasse tale modificazione nell' elettricità sviluppata dall' azione chimica, da non dar più luogo a quella decomposizione.

A tale oggetto posi una lamina di zinco in un bicchiere d' acqua acidulata come sopra, ed una di platino in un altro comunicanti fra loro metallicamente per di fuori. Una striscia di platino fu immersa con un' estremità in uno de' detti bicchieri, ed un' altra nell' altro, ed in modo che queste non toccassero lo zinco o il platino della coppia. Una carta bagnata nella soluzione d' ioduro di potassio fu collocata sopra una delle dette striscie, e poscia ho compiuto il circolo col portare l' estremità dell' altra striscia di platino sulla detta carta. Dopo pochi istanti vidi la carta dalla parte che comunicava colla striscia di platino che partiva dal bicchiere dove pescava lo zinco, tinta del colore che suol indicare lo sviluppo dell' iodio, che è un rossigno più o meno scuro secondo che la decomposizione è più o meno energica.

All' acqua acidula dell' esperimento precedente ho sostituito una soluzione di ioduro di potassio; e ottenni pure una pronta decomposizione dell' ioduro nella superficie della carta rivolta al polo positivo posta fra le striscie di platino destinate a chiudere il circolo.

Replicati questi esperimenti adoperando striscie di rame in luogo di quelle di platino per chiudere il circolo, ebbi gl' istessi risultati.

XXXII. Avendo così veduto che nè il contatto fra i due metalli eterogenei, nè i liquidi impiegati come conduttori impedivano quella decomposizione, mi accinsi ad osservare se la si conseguisse anche con correnti più deboli.

Una coppia voltaica di rame e zinco fu collocata come le precedenti in due bicchieri d' acqua salata, e la decomposizione ebbe pur luogo. All' acqua salata sostituii l' acqua di pozzo, e finalmente feci uso d'una coppia formata da due fili uno di zinco e l'altro di rame della grossezza d' un millimetro, e che pescavano nell' acqua solo per mezzo centimetro, e l' iodio non mancò di apparire al polo positivo, specialmente se la striscia di platino che partiva dal polo positivo toccava la carta in pochi punti. E si noti che quest' ultima corrente non moveva menomamente l' ago del galvanometro.

XXXIII. Quanto più era costante l'apparizione dell'iodio qualunque fosse la corrente, tanto più cresceva il desiderio di conoscere la circostanza per la quale in quel primo esperimento l'iodio non si vedeva. E considerando che in quell'esperimento l' iodio avrebbe dovuto apparire sulla superficie della carta toccata dallo zinco, mi accinsi ad esaminare se fosse mai la presenza di quel metallo che impedisse l' apparizione dell' iodio.

Ho adunque replicate le sperienze precedenti dopo d'aver sostituito delle striscie di zinco a quelle di platino o di rame; e vidi che anche facendo uso della coppia più energica, cioè di quella formata di platino e zinco e degli acidi nitrico e solforico allungati, pure non vedevasi iodio sulla carta bagnata nell' ioduro di potassio posta fra le due striscie di zinco.

Feci anche uso di elettromotori composti di tre e di quattro coppie, nè mai sulla carta frapposta alle due striscie di zinco apparve l' iodio.

XXXIV. Assicuratomi che il contatto tra lo zinco e la carta bagnata nell'ioduro era la circostanza che impediva l' apparizione dell' iodio al polo positivo, volli osservare se altri metalli fossero dotati di questa singolare proprietà. Mi diedi adunque a ripetere di siffatte sperienze sostituendo alle striscie di platino altri metalli, o ciò che torna lo stesso, ponendo altri metalli alle estremità delle dette striscie che erano fuori del liquido, e che dovevano servire a chiudere il circolo mediante la carta bagnata nell' iodio.

Facendo uso di elettromotori semplici trovai parecchi altri conduttori che presentavano lo stesso fenomeno. Ma facendo attraversare quella carta da correnti eccitate da elettromotori di tre o quattro coppie, non trovai che l' argento il quale si comportasse come lo zinco.

Oltre ai metalli già nominati vennero esaminati, l' oro il palladio, il carbone, il manganese ossidato, il carburo di ferro, il ferro piritoso, il rame piritoso, il tellurio lamellare, il molibdeno, il niccolo arsenicale, l'antimonio, il piombo solforato, lo stagno cristallizzato, il rame, il niccolo, il bismuto, il cobalto, il mercurio, l' ottone, il ferro e lo stagno.

Nell' istituire siffatte sperienze è stato facile il conoscere che non tutti i conduttori si prestano a quella decomposizione colla stessa facilità. Nelle sperienze di confronto si osservava il numero di coppie, l'energia della corrente ed il tempo che era necessario perchè coi varj conduttori fosse visibile quella decomposizione. Ma siccome fra le circostanze a cui dovevasi badare nelle sperienze di confronto, v'era pur quella che le superficie de' conduttori che ponevansi a contatto colla soluzione dell' ioduro fossero eguali; così non mi fu possibile di estendere le mie sperienze a tutti i conduttori accennati; e perciò mi limitai ad alcuni de' principali.

Ecco adunque l' ordine nel quale gli undici conduttori, su cui ho potuto istituire un gran numero d' esperienze comparative mi è sembrato di poterli collocare, cominciando dai più attivi. Palladio, platino, oro, carburo di ferro, rame, carbone, niccolo, ottone, ferro, stagno e piombo.

Vedendo che con tre o al più quattro coppie sufficientemente energiche adoprando qualunque dei detti conduttori si aveva la decomposizione dell' ioduro, io sperava che anche collo zinco e coll' argento s' avesse ad ottenere col mezzo di elettromotori più forti. Ho provato adunque a far agire una corona di tazze ben energica di venti coppie, colla quale ponendo al polo positivo qualunque altro conduttore, la decomposizione era sì rapida, che si poteva (specialmente col

palladio e col platino) scrivere sulla carta con tutta celerità, e pareva che lo stilo fosse intinto in un inchiostro rosso scuro, eppure se lo stilo era di zinco o d' argento non osservavasi traccia di colore.

Con apparecchi a corona di tazze di cinquanta, di ottanta e di cento coppie non si vide di più. Ed una volta l'elettromotore era sì energico, che una sola delle coppie bastava perchè si avesse l' apparizione dell' iodio con qualunque degli altri conduttori sperimentati (1).

XXXV. Quando la corrente è eccitata da una sola coppia devesi chiudere la carta tra due pezzi dello stesso metallo, altrimenti si viene a formare una nuova coppia, la quale può modificare notabilmente la corrente sulla quale intendesi di sperimentare. Ma se l'elettromotore è di molte coppie, la carta può essere collocata fra metalli differenti, giacchè la corrente che per avventura essi potessero eccitare è trascurabile.

XXXVI. Lo zinco e l' argento legati ad altro metallo, se questo non è in quantità troppo piccola, presentano il fenomeno della decomposizione dell' ioduro di potassio tanto più facilmente, quanto maggiore è la quantità dell' altro metallo

---

(1) Dopo questi fatti io non intendo come nell' estratto citato (pag. 264) dopo aver detto che non si vede alcuna azione sull' ioduro quando in luogo di tuffare lo zinco ed il platino nella soluzione acida, ci limitiamo di metterle in contatto metallico, si soggiunga che « se si mettono in contatto nella parte che pesca in quella soluzione la decomposizione dell' ioduro ricomincia; e il trasporto degli elementi indica che la corrente cangiò direzione, come appunto dev'essere nella teoria chimica. » Per me è affatto lo stesso che quelle piastre si tocchino essendo nell' aria o essendo nel liquido. Io dubito che qui sia corso qualche sbaglio tipografico.

Lo stesso dubbio mi nacque leggendo alla fine della pagina 269 che nel *cloro liquido* una coppia di zinco e platino non produce alcuna corrente. Studiando le alterazioni nella facoltà elettromotrice che i solidi provano ne' liquidi, io feci tutte le combinazioni voltaiche possibili de' principali conduttori solidi, e non trovai una sola coppia la quale nel cloro liquido non desse origine ad una corrente elettrica.

ad essi combinato. Non conosco però ancora la quantità di zinco o d' argento necessaria per togliere ad altri la proprietà di far apparire l' iodio nelle circostanze di cui qui si tratta. Solamente ho veduto rapporto all'argento, che quando è unito ad una sesta, ottava o decima parte di rame presenta il fenomeno: e quando la quantità di rame non è che la centessima parte di quella d' argento, la lega si comporta come l'argento puro. Rispetto allo zinco poi ho veduto che combinato ad una quinta parte di piombo o di stagno, opera come lo zinco puro, e che le leghe di zinco e rame nelle proporzioni di due ad uno o di tre ad uno presentano in siffatte sperienze il fenomeno della decomposizione dell' ioduro di potassio.

XXXVII. Il colore con cui si manifestava l' iodio al polo positivo quando non era lo zinco o l' argento il metallo che chiudeva il circolo era sempre eguale, e solo variava d'intensità secondo la maggiore o minore forza della corrente. Ho veduto per altro due eccezioni, l' una nel ferro, l' altra nel mercurio. Il primo di questi metalli produceva sulla carta bagnata nella soluzione d' ioduro di potassio una macchia rossigna simile a quelle che sulla carta o sulla tela produce l'ossido di ferro. E non mancai di assicurarmi che anche questa macchia proveniva dalla presenza dell'ioduro e della corrente elettrica, perchè se mancava o l' una o l' altra di queste circostanze, essa non appariva.

E relativamente al mercurio osservai che la carta bagnata nella soluzione messa su del mercurio nel quale pescava un filo di platino comunicante col polo positivo dell' elettromotore, non acquistò il colore consueto, ma il mercurio che trovavasi sottoposto alla carta, e specialmente sotto i lembi della medesima coprivasi d' un sottilissimo strato d' un bel verde chiaro tirante al giallognolo.

Vedute siffatte eccezioni io sospettai che lo zinco e l'argento formassero in quelle circostanze qualche composto particolare il quale non avesse colore. Se quando s' adopera l'argento si formasse un ioduro d' argento, esso è giallo pallido,

e l'acido solforico lo annerisce: ma io non vidi nè quel color giallo, nè l'annerimento coll'acido solforico. Se nel caso dello zinco si formasse un ioduro di zinco, essendo esso bianco, e non reagendo all'acido stesso, non saprei come accertarmi dell'esistenza d'un tale ioduro sulla carta che servì a chiudere il circolo d'un elettromotore trovandosi tra due piastre di zinco.

Io credo adunque dover per ora considerare questi fatti come anomalie; e mi determinai di farne soggetto di quest' Appendice, perchè essi dimostrano se non altro che il non osservare ai poli degli elettromotori i soliti indizj di decomposizioni chimiche, non deriva sempre da difetto della corrente elettrica.