

SULL'ELETTRICITÀ ECCITATA
DAL SEMPLICE CONTATTO DI SOSTANZE CONDUTTRICI
DI DIVERSA NATURA

IN UNA LETTERA DI ALESSANDRO VOLTA
A SIR JOSEPH BANKS

Da Como nel Milanese, 20 marzo 1800.

Dopo un lungo silenzio, di cui non cercherò di scusarmi, ho il piacere di comunicarvi, Signore, e, per vostro mezzo, alla Società Reale, alcuni risultati sorprendenti ai quali sono arrivato, proseguendo le mie esperienze sull'elettricità eccitata dal semplice contatto mutuo di metalli di specie differente, e pure da quello di altri conduttori, altrettanto differenti fra loro, sia liquidi, sia contenenti qualche umore, al quale essi debbono propriamente il loro potere conduttore. Il principale di questi risultati, e che comprende a un dipresso tutti gli altri, è la costruzione di un apparecchio che per gli effetti, cioè per le commozioni che è capace di far provare nelle braccia, ecc., assomiglia alle bottiglie di Leida, e meglio ancora alle batterie elettriche debolmente caricate, che agirebbero tuttavia senza posa, o la cui carica, dopo ciascuna esplosione, si ristabilirebbe da se stessa, che godrebbe, in una parola, di una carica indefettibile, di un'azione, o impulso perpetuo sul fluido elettrico; ma che d'altronde ne differisce essenzialmente, sia per quest'azione continua che gli è propria, sia perchè, invece di consistere, come le bottiglie e le batterie elettriche ordinarie, in una o più lastre isolanti, strati sottili di quei corpi reputati essere i soli *elettrici*, armati di conduttori o corpi così detti *non elettrici*, questo nuovo apparecchio è formato unicamente da parecchi di questi ultimi corpi, scelti pure tra i migliori conduttori, e perciò i più distanti, secondo quanto si è sempre creduto, dalla natura elettrica. Si, l'apparecchio di cui vi parlo, e che vi meraviglierà senza dubbio, non è che l'accozzamento di un numero di buoni conduttori di differente specie, disposti in un certo modo, 30, 40, 60 pezzi, o più, di rame, o meglio d'argento, applicati ciascuno ad un pezzo di stagno, o, il che è molto meglio, di zinco, e un numero uguale di strati d'acqua, o di qualche altro umore che sia miglior conduttore dell'acqua semplice, come l'acqua salata, la lisciva, ecc., o dei pezzi di cartone, di pelle ecc., bene imbevuti di questi umori: questi strati interposti a ogni coppia o combinazione dei due metalli differenti, una tale successione alternata, e sempre nel medesimo ordine, di queste tre specie di conduttori, ecco tutto ciò che costituisce il mio nuovo strumento; che imita, come ho detto, gli effetti delle bottiglie di Leida, o delle batterie elettriche, procurando le medesime commozioni di queste; esso in verità, rimane molto al di sotto delle attività delle dette batterie caricate ad un alto livello, quanto alla forza e rumore delle esplosioni, alla scintilla, alla distanza alla quale può effettuarsi la scarica, ecc., eguagliando solamente gli effetti di una batteria caricata a un grado assai debole, una batteria che tuttavia ha una capacità immensa; ma d'altronde sorpassa infinitamente la virtù e il potere di queste medesime batterie, nel fatto che non ha bisogno, come queste, di essere caricato prima, per mezzo di una elettricità estranea, e nel fatto che è capace di dare la commozione tutte le volte che lo si tocchi convenientemente, qualunque sia la frequenza di questi

toccamenti.

Quest'apparecchio, simile nella sostanza, come farò vedere, e proprio come l'ho costruito, pure nella forma, *all'organo elettrico naturale* della torpedine, dell'anguilla tremante, ecc. assai più che alla bottiglia di Leida e alle batterie elettriche conosciute, questo apparecchio, dico, vorrei chiamarlo *Organo elettrico artificiale*. E in verità non è esso, come quello, composto unicamente da corpi conduttori? non è esso, del resto, attivo di per se stesso, senza alcuna carica precedente? Senza il soccorso d'una qualunque elettricità eccitata da alcuno dei mezzi conosciuti finora; in azione incessante e senza tregua; capace infine di dare ad ogni momento commozioni più o meno forti, secondo le circostanze, commozioni che raddoppiano a ogni contatto, e che, ripetute così con frequenza, o continuate per un certo tempo, producono lo stesso intirizzimento delle membra che fa provare la torpedine, ecc.?

Vengo a darvi qui una descrizione più dettagliata di questo apparecchio, e di qualche altro analogo, come pure delle esperienze relative più notevoli.

Mi procuro qualche dozzina di piccole lastre rotonde, o dischi, di rame, di ottone, o meglio di argento, di un pollice, più o meno, di diametro, (ad esempio, delle monete) ed un numero eguale di lastre di stagno, o, il che è molto meglio, di zinco, e presso a poco della medesima forma e grandezza: dico presso a poco perchè non è affatto richiesta una precisione, e, in generale, la grandezza, come la forma, dei pezzi metallici è arbitraria: si deve soltanto aver riguardo di poterli disporre comodamente gli uni sopra gli altri in forma di colonna. Preparo inoltre un numero abbastanza grande di dischi di cartone, di pelle, o di qualche altra materia spugnosa, capace di assorbire e di ritenere molto dell'acqua o dell'umore dal quale bisognerà, per il successo delle esperienze, che essi siano ben intrisi. Queste fette o dischi, che chiamerò dischi ammoliti, li faccio un po' più piccoli che i dischi o piastre metalliche, affinchè, interposti tra questi nel modo che dirò subito, essi non debordino.

Avendo sotto mano tutti questi pezzi in buono stato, vale a dire i dischi metallici ben adatti e secchi, e gli altri non metallici ben imbevuti d'acqua semplice, o, il che è molto meglio, d'acqua salata, e asciugati in seguito leggermente, perchè l'umore non sgoccioli, non ho che da disporli come conviene; e questa disposizione è semplice e facile.

Pongo dunque orizzontalmente su una tavola, o una base qualunque, uno dei piatti metallici, per esempio uno d'argento, e su questo primo ne adatto un secondo di zinco, su questo secondo stendo uno dei dischi ammoliti, poi un altro piatto d'argento, seguito immediatamente da un altro di zinco, al quale faccio seguire ancora un disco ammolito. Continuo così, alla stessa maniera, accoppiando un piatto d'argento con uno di zinco, e sempre nel medesimo senso, cioè a dire, sempre l'argento sotto e lo zinco sopra; o *viceversa*, secondo come ho incominciato e interponendo a ciascuna di queste coppie un disco ammolito; continuo, dico, a formare con parecchi di questi piani una colonna tanto alta che possa sostenersi senza crollare.

Ora, se essa arriva a contenere circa 20 di questi piani, o coppie di metalli, essa sarà già in grado, non solamente di far dare all'elettrometro di Cavallo, aiutato dal condensatore, dei segni oltre i 10 o 15 gradi, di caricare questo condensatore con un semplice contatto al punto di fargli dare una scintilla ecc., ma anche di percuotere le dita con le quali si toccano le sue due estremità (la testa e il piede di una tale colonna), con uno o più piccoli colpi, e più o meno frequenti, secondo che si ripetono questi contatti; ciascuno di quei colpi assomiglia perfettamente a questa leggera commozione che fa provare una bottiglia di

Leida debolmente caricata, o una batteria caricata ancora più debolmente, o infine una torpedine estremamente languente, che imita ancora meglio gli effetti del mio apparecchio, per la successione di colpi ripetuti che essa può dare senza posa.

Per ottenere tali leggere commozioni da questo apparecchio, che ho descritto, e che è ancora troppo piccolo per dei grandi effetti, è necessario che le dita con le quali si vogliono toccare le sue due estremità nel medesimo tempo, siano umettate di acqua, al punto che la pelle, la quale altrimenti non è conduttore abbastanza buono, si trovi bene intrisa. Ancora, per riuscire più sicuramente e ricevere delle commozioni considerevolmente più forti, bisogna far comunicare per mezzo di una lamina sufficientemente larga, o di un grosso filo metallico, il piede della colonna, cioè il piatto di fondo, con l'acqua di un catino, o di una coppa assai grande, in cui si terrà immerso un dito, o due, o tre o tutta la mano, mentre si toccherà la testa o estremità superiore (l'ultimo o uno degli ultimi piatti di questa colonna) con l'estremità pulita di una lamina pure metallica, impugnata dall'altra mano, che deve essere ben umida e abbracciare una larga superficie di questa lamina, e serrarla fortemente. Procedendo in tal modo, io posso già ottenere un piccolo pizzicore, o leggera commozione, in una o due articolazioni di un dito tuffato nell'acqua del catino, quando tocco, con la lama impugnata nell'altra mano, il quarto o il terzo paio di piatti; toccando poi il quinto o il sesto e via via gli altri fino all'ultimo piatto, che forma la testa della colonna, è curioso provare come le commozioni aumentino gradatamente di forza. Ora questa forza è tale che io arrivo a ricevere da una tale colonna, formata da 20 paia di piatti (non di più), delle commozioni che prendono tutto il dito, e lo colpiscono pure assai dolorosamente, se esso è immerso da solo nell'acqua del bacino; e si estendono (senza dolore) fino al polso e anche fino al gomito, se la mano è immersa in grande parte, o del tutto, e si fanno sentire anche al polso dell'altra mano.

Io suppongo sempre che si siano poste tutte le attenzioni necessarie nella costruzione della colonna, che ciascun paio o coppia di metalli, risultante da una placca d'argento applicata a una di zinco, si trovi in comunicazione con la coppia seguente mediante uno strato sufficiente di liquido, che sia acqua salata, piuttosto che acqua pura, ovvero mediante un disco di cartone, di pelle, o altra cosa del genere, bene imbevuta di questa acqua salata; e questo disco non sia troppo piccolo, e le sue superficie siano bene aderenti alle superficie dei piatti metallici, tra i quali si trova interposto.

Questa aderenza esatta ed estesa dei dischi ammoliti è importantissima; mentre i piatti metallici di ciascuna coppia possono non toccarsi tra loro che in pochi punti, purchè il loro contatto sia diretto.

Tutto ciò fa vedere (per dirlo qui di passaggio) che se il contatto dei metalli tra loro in qualche punto soltanto basta (essendo tutti degli eccellenti conduttori) per dare libero passaggio a una corrente elettrica mediocrementemente forte, non è la stessa cosa per i liquidi, o per i corpi imbevuti di liquido, che sono conduttori molto meno perfetti, e che, di conseguenza, hanno bisogno di un ampio contatto con i conduttori metallici, e ancora più tra di loro, perchè il fluido elettrico possa passare con abbastanza facilità, e perchè esso non sia troppo ritardato nel suo corso, specialmente quando esso è mosso con pochissima forza, come nel nostro caso.

Del resto, gli effetti del mio apparecchio (le commozioni che si provano) sono considerevolmente più sensibili, nella misura in cui la temperatura dell'aria ambiente, o quella dell'acqua, o dei dischi ammoliti che entrano nella composizione della colonna, e dell'acqua stessa del catino, è più calda, in quanto il calore rende l'acqua più conduttrice.

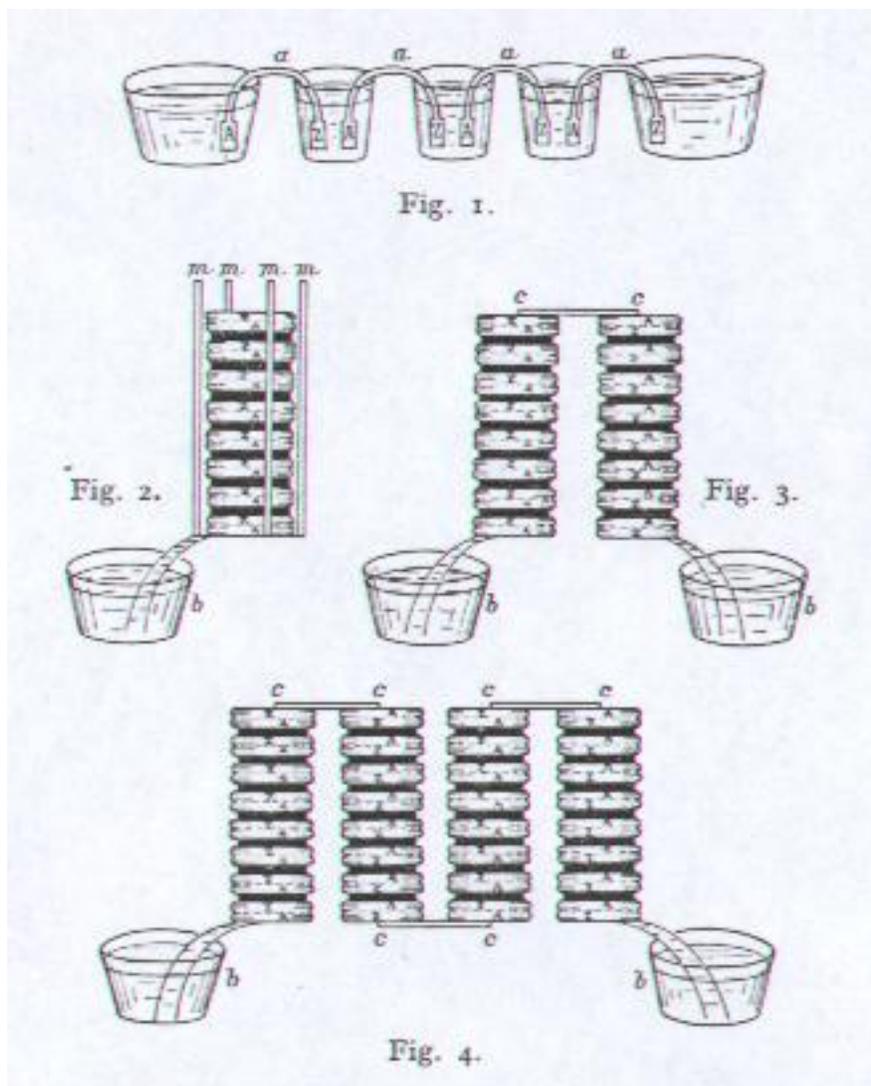
Ma ciò che la rende molto migliore ancora, sono quasi tutti i sali, e specialmente il sale comune. Ecco una delle ragioni, se non la sola, per cui è così vantaggioso che l'acqua del catino, e soprattutto quella interposta tra ciascuna coppia di piatti metallici, l'acqua di cui sono imbevuti i dischi di cartone ecc., sia acqua salata, come ho già fatto notare.

Ma tutti questi mezzi e tutte queste attenzioni, infine, non hanno che un vantaggio limitato, e non faranno giammai che si possano ottenere delle commozioni piuttosto forti, finchè l'apparecchio non consisterà che in una sola colonna formata soltanto da 20 coppie di piatti, quantunque esse siano dei due metalli migliori per queste esperienze, cioè d'argento e di zinco; giacchè, se essi fossero d'argento e di piombo, o di stagno, o di rame e stagno, non se ne otterrebbe la metà dell'effetto, a meno che un numero molto più grande non supplisca alla minore forza di ciascuna coppia. Or dunque ciò che aumenta realmente la potenza elettrica di questo apparecchio, e la può portare al punto di uguagliare, e di sorpassare ancora, quella della torpedine e dell'anguilla tremante, è il numero dei piatti, disposto nel modo e con le attenzioni che ho illustrato. Se alle 20 coppie sopra descritte, se ne aggiungono altre 20 o 30, disposte nel medesimo ordine, le commozioni che potrà dare la colonna così prolungata (dirò tra poco come si possa sostenere perchè non crolli, o, ciò che è meglio, dividerla in due o più colonne) saranno già molto più forti e si estenderanno nelle due braccia fino alla spalla, specialmente in quella, la cui mano è tuffata nell'acqua; la quale mano, con tutto il braccio, ne resterà più o meno intorpidita, se, ripetendo i contatti con frequenza, si fanno succedere queste commozioni le une alle altre rapidamente e senza tregua. Ciò, tuffando tutta, o quasi tutta, la mano nell'acqua del bacino; ma se non vi s'immerge che un dito solo, in tutto o in parte, le commozioni, concentrate quasi in esso solo, saranno assai più dolorose e così cocenti da diventare insopportabili.

Ci si aspetta bene che questa colonna, formata da 40 o 50 coppie di metalli, che dà delle commozioni più che mediocri alle due braccia di una persona, potrà darne ancora delle sensibili a parecchie, le quali, tenendosi per le mani (sufficientemente umide), formino una catena non interrotta.

Ritornando alla costruzione meccanica del mio apparecchio, che è suscettibile di parecchie variazioni, io descriverò qui non tutte quelle che ho immaginato ed eseguito, sia in grande sia in piccolo, ma alcune solamente, che sono o più curiose o più utili; che presentino qualche vantaggio reale, come l'essere di una esecuzione più facile, o più spiccia, l'essere più sicure nei loro effetti, o più a lungo conservabili in buono stato.

E per cominciare da una che, riunendo presso a poco tutti questi vantaggi, differisce di più, quanto alla sua forma, dall'*apparecchio a colonna*, descritto sopra, ma ha lo svantaggio di essere una macchina molto più voluminosa: io vi presento questo nuovo apparecchio, che chiamerò *a corona di tazze*, nella figura qui unita. (fig. 1).



Si disponga dunque una serie di più tazze o coppe, di una qualsivoglia materia, eccettuati i metalli, tazze di legno, di scaglie, di terra, o meglio di cristallo (dei piccoli bicchieri per bere o ciotole sono i più indicati) ricolmi a metà di acqua pura, o meglio di acqua salata, o di lisciva; e le si fanno comunicare tutte, formandone una specie di catena, per mezzo di altrettanti archi metallici, di cui un braccio *Aa*, o solamente l'estremità *A*, che è immersa in una delle ciotole, è di rame rosso, o giallo, o meglio di rame argentato, e l'altra *Z*, che è immersa nella ciotola seguente, è di stagno o meglio di zinco. Io osserverò qui, di passaggio, che la lisciva e gli altri liquidi alcalini sono preferibili, quando uno dei metalli che devono immergersi è lo stagno; l'acqua salata è preferibile quando è lo zinco. I due metalli di cui si compone ciascun arco, sono saldati insieme, in una parte qualsiasi, al di sopra di quella che è immersa nel liquido; e che deve toccarlo con una superficie sufficientemente larga: perciò è conveniente che questa parte sia una lamina di un pollice quadrato, o pochissimo meno; il resto dell'arco può essere più stretto quanto si voglia, addirittura un semplice filo metallico. Può anche essere di un terzo metallo, diverso dai due che sono immersi nel liquido delle ciotole; poichè l'azione sul fluido elettrico, che risulta da tutti i contatti dei parecchi metalli che si succedono direttamente, la forza con cui questo fluido si trova spinto alla fine, è assolutamente la stessa, o quasi, di quella che esso avrebbe ricevuto dal contatto immediato del primo metallo con l'ultimo, senza alcun metallo intermedio, come io ho verificato con esperienze dirette, di cui avrò occasione di

parlare altrove.

Ordunque, una serie di 30, 40, 60, di queste tazze, concatenate a questo modo, e disposte sia in linea diritta, sia in una curva, o in qualsiasi modo ripiegata, forma tutto questo nuovo apparecchio; il quale in fondo, ed in sostanza, è il medesimo dell'altro a colonna descritto più sopra; l'essenziale, che consiste nella comunicazione diretta dei metalli diversi che formano ciascuna coppia, e mediata di una coppia coll'altra, cioè, per l'intermediario di un conduttore umido, è che abbia luogo nell'uno come nell'altro di questi apparecchi.

Quanto al modo di mettere alla prova quello a tazze, e quanto alle diverse esperienze alle quali può servire, non ho bisogno di parlarne a lungo, dopo ciò che ho fatto osservare, e spiegato ampiamente a proposito dell'altro a colonna. Si capirà agevolmente che per avere la commozione basta immergere una mano in una delle tazze, e un dito dell'altra mano in un'altra tazza assai distante da quella; che questa commozione sarà tanto più forte quanto più questi due vasi saranno lontani l'uno dall'altro, vale a dire che vi sarà un numero maggiore di intermediari; che, di conseguenza, la più forte si avrà toccando il primo e l'ultimo della catena. Si comprenderà altresì come, e perchè, le esperienze riusciranno molto meglio impugnando e serrando, in una mano ben umettata, una lamina metallica abbastanza larga (affinché la comunicazione sia qui abbastanza perfetta, e avvenga attraverso un gran numero di punti) e toccando con questa lamina l'acqua della tazza, o piuttosto l'arco metallico designato, mentre l'altra mano si trova immersa nell'acqua dell'altra tazza lontana, ovvero tocca con una lamina ugualmente impugnata, l'arco di questa. Infine, si comprenderà, e si potrà pure prevedere, il successo di una grande varietà di esperienze, che si possono eseguire con questo *apparecchio a corona di tazze*, più facilmente e in modo più evidente e parlante, per così dire, agli occhi, che con l'altro apparecchio a colonna. Io mi esimerò dunque dal descrivere un gran numero di queste esperienze facili a intuire e ne riferirò soltanto alcune che sono non meno istruttive che divertenti.

Si abbiano tre ventine di queste tazze o ciotole, allineate e collegate l'una all'altra mediante gli archi metallici, ma in guisa che per la prima ventina questi archi siano rivolti nel medesimo senso, per esempio il braccio d'argento rivolto a sinistra e il braccio di zinco a destra; e per la seconda ventina, in senso contrario, ossia lo zinco a sinistra e l'argento a destra; infine, per la terza ventina, di nuovo l'argento a sinistra come per la prima. Disposte così le cose, tuffate un dito nell'acqua della prima ciotola, e toccate con la lamina impugnata dall'altra mano, nel modo prescritto, il primo arco metallico (quello che unisce la prima ciotola alla seconda), poi l'altro arco che abbraccia la seconda e la terza ciotola, e successivamente gli altri archi, fino a percorrerli tutti. Se l'acqua è ben salata e tiepida, e la pelle delle mani sufficientemente umettata e ammorbidita, voi comincerete già a provare una piccola commozione nel dito, allorchè sarete arrivati a toccare il 4° o il 5° arco (io l'ho provata talvolta abbastanza distintamente al contatto del 3°); e passando successivamente al 6° e al 7° ecc. le scosse aumenteranno gradatamente di forza, fino al 20° arco, ossia fino all'ultimo di quelli girati nel medesimo senso; ma, passando oltre, al 21°, 22°, 23°, o al 1°, 2°, 3° della seconda ventina, nella quale essi sono tutti rivolti nel senso contrario, le scosse diventeranno ad ogni passo meno forti, tanto che al 36°, o 37° esse saranno impercettibili, e assolutamente nulle al 40°; passato il quale (ed iniziando la terza ventina, opposta alla seconda, e analoga alla prima), le scosse saranno ancora impercettibili, fino al 44° o 45° arco; ma esse ricominceranno a diventare sensibili e ad aumentare gradatamente a misura

che voi avvanzerete, fino al 60° , dove esse saranno arrivate alla medesima forza del 20° arco.

Ora se i 20 archi di mezzo fossero rivolti nel medesimo senso dei venti precedenti e dei venti seguenti, se tutti i 60 cospirassero a spingere il fluido elettrico nella stessa direzione, si comprende di quanto l'effetto sarebbe più grande alla fine, e la commozione più forte, ed in generale si comprende come, e fino a qual punto, essa debba essere affievolita in tutti quei casi in cui, per l'opposta posizione dei metalli, un numero più o meno grande di queste forze, si contrastano. Se la catena è interrotta in qualche parte, sia che l'acqua manchi in una delle tazze, sia che l'uno degli archi metallici sia stato tolto o che sia stato separato in due pezzi, voi non avrete nessuna commozione tuffando un dito nell'acqua del primo e un altro nell'acqua dell'ultimo vaso; ma l'avrete, forte o debole, secondo le circostanze (lasciando queste dita immerse) al momento che si ristabilirà la comunicazione interrotta, al momento che un'altra persona tufferà, nelle due tazze dove manca l'arco, due delle sue dita (che saranno pure percosse da una leggera commozione), o meglio, che essa vi tufferà quello stesso arco che era stato tolto, o un altro qualsiasi; e, nel caso dell'arco separato in due pezzi, al momento che si riporteranno questi al mutuo contatto (nel qual modo la commozione sarà più forte che non altrimenti); infine, nel caso della tazza vuota, al momento che versandovi acqua, questa giungerà ai due bracci metallici immersi in questa tazza, e che si trovavano a secco.

Allorchè la catena o corona di tazze è abbastanza lunga, e in condizione di poter dare una forte commozione, la si proverà, quantunque molto più debole, quand'anche si tenessero tuffate le due dita, o le due mani, in un solo catino d'acqua abbastanza grande, nel quale sbocchino il primo e l'ultimo arco metallico, purchè l'una o l'altra di queste mani immerse, o meglio tutte e due, si tengano rispettivamente in contatto di questi stessi archi, o abbastanza vicine al contatto; si proverà, dico, una commozione al momento che (trovandosi la catena interrotta in qualche parte) la comunicazione sarà ristabilita, e il cerchio completato, in uno dei modi che si è appena detto. Ora si potrà essere sorpresi, che in questo cerchio la corrente elettrica, avendo il suo passaggio libero attraverso una massa d'acqua non interrotta, in quest'acqua che riempie il catino, abbandoni questo buon conduttore per gettarsi, e proseguire il suo corso, attraverso il corpo della persona che tiene le sue mani immerse in questa stessa acqua, facendo così un più lungo tragitto. Ma la sorpresa cesserà, se si riflette, che le sostanze animali vive e calde, e soprattutto i loro umori, sono in generale conduttori migliori dell'acqua. Dunque il corpo della persona che tuffa le mani nell'acqua, offrendo un passaggio più facile che non quest'acqua al torrente elettrico, questi deve preferirlo, per quanto un po' più lungo. Del resto siccome il fluido elettrico, allorchè deve attraversare in massa dei conduttori che non sono perfetti, e segnatamente dei conduttori umidi, preferisce estendersi in un canale più largo, o ripartirsi in molteplici, e prendere addirittura delle vie traverse, trovandovi meno resistenza che a seguire un solo canale, benchè più corto, fa al caso nostro che una parte del torrente elettrico la quale, discostandosi dall'acqua, prende questa nuova via della persona, e la percorre da un braccio all'altro: un'altra parte più o meno grande passa attraverso l'acqua del catino. Ecco la ragione per cui la scossa che si prova è molto più debole di quando la corrente non è ripartita, quando la persona fa da sola la comunicazione da un arco all'altro, ecc.

Dopo queste esperienze si può credere che quando la torpedine vuole dare una scossa alle

braccia dell'uomo, o agli animali che la toccano, o che si avvicinano al suo corpo sotto l'acqua (questa scossa è ugualmente molto più debole di quella che il pesce può dare fuori dell'acqua), essa non ha che da avvicinare alcune delle parti del suo organo elettrico là dove, per via di qualche intervallo, la comunicazione manca; non ha che da togliere queste interruzioni tra l'una e l'altra delle colonne di cui è formato il detto organo, o tra quelle membrane in forma di dischi sottili, che giacciono le une sulle altre, dal fondo alla sommità di ciascuna colonna; essa non ha, dico, che da togliere queste interruzioni in uno o più luoghi, e farvi sorgere il contatto conveniente, sia comprimendo queste stesse colonne, sia facendo colare tra le pellicole o diaframmi sollevati, qualche umore, ecc. Ecco come può essere, e come io immagino che sia realmente, tutto il lavoro della torpedine nel dare la commozione; perchè tutto il resto, voglio dire l'incitamento e il movimento dato al fluido elettrico, non è che un effetto necessario del suo organo particolare, formato, come si vede, da una serie numerosissima di conduttori, che io ho tutto il fondamento di credere abbastanza differenti tra loro per essere anche *motori* di fluido elettrico, nei loro contatti reciproci, e di supporli disposti nel modo conveniente per spingere questo fluido con una forza sufficiente dall'alto in basso, o dal basso in alto, e determinare una corrente capace di produrre la commozione ecc., subito, e ogni volta, che tutti i contatti e le comunicazioni necessarie abbiano luogo.

Ma lasciamo ora la torpedine, e il suo *organo elettrico naturale*, e torniamo *all'organo elettrico artificiale* di mia invenzione, e particolarmente a quello che imita il primo, anche nella forma (poichè quello a ciotole se ne allontana sotto questo aspetto), ritorniamo al mio primo *apparecchio a colonna*. Io avrei ancora da dire qualche cosa riguardo alla costruzione del detto apparecchio a ciotole o *a corona di tazze*, per esempio, che è bene che la prima e l'ultima tazza siano abbastanza grandi per potervi immergere, all'occorrenza, tutta la mano ecc.; ma sarebbe troppo lungo entrare in tutti questi dettagli.

Quanto all'apparecchio a colonna, ho cercato i mezzi di allungarla molto, moltiplicando i piatti metallici senza che essa crolli; di rendere questo strumento comodo e portatile e, soprattutto, durevole: e ho trovato, tra l'altro, i seguenti, che vi metto sotto gli occhi, mediante le figure qui allegate. (fig. 2, 3, 4).

Nella figura 2^a, *m, m, m, m*, sono dei montanti o sbarrette, in numero di tre, quattro o più, che si elevano dal piede della colonna, e chiudono, come in una gabbia, i piatti o dischi posati gli uni sugli altri, nel numero e fino all'altezza che si vuole, e li trattengono così dal cadere. Le sbarrette possono essere di vetro, di legno, o di metallo; solo, in questo ultimo caso, bisogna impedire che tocchino direttamente i piatti; il che si può fare, o coprendo ciascuna di queste sbarrette metalliche con un tubo di vetro, o interponendo fra queste e la colonna qualche fascia di tela cerata, o di carta oleata, oppure di carta semplice, o qualsiasi altro corpo, infine, che sia o *coibente* o cattivo conduttore: il legno e la carta lo sono abbastanza per il nostro caso, purchè essi non siano estremamente umidi o bagnati.

Ma il migliore espediente, quando si voglia formare l'apparecchio con un numero molto grande di piatti, oltre, per esempio, i 60, 80, 100, è di ripartire la colonna in due o più, come si vede nelle figure 3 e 4, in cui i pezzi hanno tutte le loro posizioni e comunicazioni rispettive, come se fossero una sola colonna. Si può effettivamente riguardare la fig. 4^a, come pure la 3^a, come una colonna ripiegata.

In tutte queste figure, i piatti metallici differenti sono designati con le lettere A e Z (che sono le iniziali di *argento* e di *zinco*); e i *dischi ammoliti* (di cartone, di pelle ecc.)

interposti a ciascuna coppia di questi metalli, mediante uno strato nero.

Le linee punteggiate indicano l'unione di un metallo con l'altro in ciascuna coppia, il loro contatto reciproco attraverso un numero qualsiasi di punti, il che è indifferente; oppure che essi sono saldati insieme, il che è bene sotto più d'un aspetto; *cc, cc, cc*, sono delle lastre metalliche che fanno comunicare una colonna o sezione di colonna, con l'altra; e *b, b, b, b, b*, sono i bacini d'acqua in comunicazione con i piedi o le estremità delle colonne.

Un apparecchio così montato è assai comodo, affatto voluminoso, e lo si potrebbe rendere ancora più facilmente e più sicuramente portatile, con l'aiuto di qualche astuccio o custodia cilindrica nel quale si chiudesse e si custodisse ciascuna colonna. Peccato solamente ch'esso non duri molto tempo in buono stato; i dischi bagnati si disseccano, in uno o due giorni, al punto che bisogna umettarli di nuovo; il che si può fare tuttavia, senza smontare tutto l'apparecchio, immergendo interamente le colonne nell'acqua, e (dopo averle ritirate qualche tempo dopo) asciugandole all'esterno con un panno, o in altro modo, il meglio che si possa.

Il modo migliore di fare uno strumento durevole quanto lo si possa auspicare, sarebbe di chiudere e trattenere l'acqua interposta a ciascuna coppia di metalli, e di fissare quegli stessi piatti ai loro posti, avvolgendo con cera o pece tutta la colonna; ma la cosa è un po' difficile per l'esecuzione, ed esige molta pazienza. Io tuttavia vi sono riuscito; e ho formato, a questa maniera, due cilindri di 20 coppie metalliche, che mi servono ancora abbastanza bene dopo qualche settimana, e mi serviranno, io spero, dopo mesi.

Si ha la comodità di poter impiegare questi cilindri nelle esperienze, non soltanto in piedi, ma anche inclinati o distesi, come si voglia, e anche immersi nell'acqua, con fuori soltanto la testa: essi potrebbero dare la commozione anche immersi completamente se contenessero un numero più grande di piatti o se parecchi di questi cilindri fossero riuniti insieme, e vi fosse stata qualche interruzione, che si potesse togliere a piacere, ecc.; con il che, questi cilindri imiterebbero abbastanza bene l'anguilla tremante; per somigliarle ancor meglio anche nell'aspetto esteriore, essi potrebbero essere congiunti insieme con dei fili metallici pieghevoli, o con molle a spirale ed essere ricoperti in tutta la lunghezza da una pelle, e terminare con una testa e una coda, bene configurate ecc.

Gli effetti sensibili ai nostri organi, che produce un apparecchio formato da 40 o 50 coppie di piatti (ed anche uno meno grande, se, essendo uno dei metalli argento o rame, l'altro è zinco), non si riducono semplicemente alle commozioni: la corrente di fluido elettrico, mossa e sollecitata da un tal numero e specie di conduttori differenti, argento, zinco e acqua, disposti alternativamente nel modo descritto, non eccita soltanto contrazioni e spasimi nei muscoli, convulsioni più o meno violente nelle membra ch'essa attraversa nel suo corso, ma irrita altresì gli organi del gusto, della vista, dell'udito, e del tatto, propriamente detto, e vi produce delle sensazioni proprie a ciascuno.

Ed in primo luogo, quanto al senso del tatto; se, per mezzo di un ampio contatto della mano (ben umettata) con una lamina metallica, o meglio, immergendo profondamente la mano nell'acqua del bacino, io stabilisco da un lato una buona comunicazione con una estremità del mio *apparecchio elettro-motore* (bisogna dare dei nuovi nomi agli apparecchi nuovi, non solo per la forma, ma anche per gli effetti o per il principio da cui essi dipendono), e dall'altro lato applico la fronte, la palpebra, la punta del naso, abbastanza inumidite, o qualche altra parte del corpo dove la pelle sia abbastanza delicata: se io applico, dico, con un po' di pressione, qualcuna di queste parti delicate, ben umettate, contro la punta d'un filo metallico, che va a comunicare convenientemente con l'altra

estremità del detto apparecchio, io sento, al momento che si completa così il circolo conduttore, nel punto toccato dalla pelle, e un po' al di là, un colpo e una puntura, che passano presto, e si ripetono tutte le volte che si interrompe e si ristabilisce questo circolo: di modo che se queste alternanze sono frequenti, esse mi causano un tremolio e un pizzicore molto sgradevole. Ma, se tutte le comunicazioni continuano senza queste alternanze, senza la minima interruzione del cerchio, io non risento più niente per alcuni momenti: passati i quali, comincia alla parte applicata alla punta del filo metallico un'altra sensazione, che è un dolore acuto (senza scossa) limitato precisamente ai punti del contatto, un bruciore non soltanto continuo, ma che va sempre aumentando, al punto di diventare entro poco tempo insopportabile, e che non cessa se non interrompendo il circolo.

Quale prova più evidente della continuazione della corrente elettrica, per tutto il tempo in cui le comunicazioni dei conduttori che formano il circolo continuano? e che solamente interrompendo questo, una tale corrente viene sospesa? questa circolazione senza fine del fluido elettrico (questo *moto perpetuo*) può apparire paradossale, può non essere esplicabile: ma essa è nondimeno vera e reale, e la si tocca, per così dire, con mano.

Un'altra prova evidente può anche ottenersi da ciò che in questa specie d'esperienze si prova sovente, al momento in cui si interrompe bruscamente il circolo, un colpo, una puntura, una commozione, secondo le circostanze, proprio come al momento in cui lo si chiude: con la sola differenza che queste sensazioni, causate da una specie di riflusso del fluido elettrico, o da una scossa che nasce dalla sospensione subitanea della sua corrente, sono più flebili. Ma io non ho bisogno, e non è qui il luogo d'allegare le prove di una tale circolazione senza fine del fluido elettrico, in un circolo di conduttori in cui ve ne sono alcuni che, per essere di specie diversa, fanno col loro mutuo contatto l'ufficio d'eccitatori o *motori*: questa proposizione, che io ho avanzato dalle mie prime ricerche e scoperte a proposito del galvanismo, e che ho sempre sostenuto appoggiandola da nuovi fatti ed esperienze, non avrà più, io spero, contraddittori.

Ritornando alla sensazione di dolore che si prova nelle esperienze sopra descritte, io devo aggiungere che se questo dolore è assai forte e pungente nelle parti ricoperte dalla pelle, esso lo è molto di più dove la pelle è stata tolta, nelle ferite, per esempio, e nelle piaghe recenti. Se per caso vi è una piccola incisione o scorticatura nel dito che io immergo nell'acqua comunicante con una delle estremità dell'apparecchio elettro-motore, io vi sento un dolore così vivo e così cocente, quando, stabilendo la comunicazione conveniente con l'altra estremità, io ne completo il circolo, al punto che devo subito desistere dall'esperienza, ossia ritirare il dito, o interrompere in qualche altro modo questo circolo. Dirò di più che io non posso neppure resistere più di qualche secondo, quando la parte dell'apparecchio che io metto in gioco, o l'apparecchio intero, non va che con venti coppie metalliche, o quasi.

Una cosa che devo ancora fare notare è che tutte queste sensazioni di pizzicore e di dolore son più forti e più acute, a parità di tutte le altre cose, quando la parte del corpo che deve avvertirle si trova dalla parte dell'elettricità negativa, vale a dire, posta nel circolo conduttore in modo che il fluido elettrico, percorrendo questo circolo, non sia diretto verso questa parte sensibile, che esso non si avanzi verso di questa e vi entri dal di fuori al di dentro ma bensì che la sua direzione sia dall'interno all'esterno, in una parola, che ne esca: in relazione a ciò bisogna conoscere, dei due metalli che entrano in coppia nell'apparecchio costruito, quale è quello che dà all'altro. Ora, io avevo già determinato ciò per tutti i

metalli, con altre esperienze pubblicate da molto tempo nelle mie prime memorie a proposito del galvanismo. Io non dirò qui dunque altro, se non che tutto è pienamente confermato dalle esperienze ugualmente e ancor di più dimostrative ed evidenti, che mi occupano al presente. In rapporto al senso del gusto, io avevo già scoperto e pubblicato in queste prime memorie, dove mi vidi obbligato a combattere la pretesa elettricità animale di Galvani, e di dichiararla una elettricità estrinseca, mossa dal mutuo contatto dei metalli di specie diversa; io avrei, dico, scoperto, in conseguenza di questo potere che attribuisco ai metalli, che due pezzi di questi metalli differenti, e propriamente uno d'argento e uno di zinco convenientemente applicati, ecciterebbero sulla punta della lingua delle sensazioni di sapore molto spiccate; che il sapore sarebbe decisamente acido, se, essendo la punta della lingua rivolta verso lo zinco, la corrente elettrica andasse verso di essa e vi entrasse: e che un altro sapore meno forte, ma più sgradevole, acre e tendente all'alcalino si farebbe sentire, se (essendo invertita la posizione dei metalli) la corrente elettrica uscisse dalla punta della lingua; che queste sensazioni del resto continuerebbero e riceverebbero pure degli incrementi, durante parecchi secondi, se il mutuo contatto dei metalli si mantenesse, ed il circolo conduttore non fosse in nessuna parte interrotto. Ora, quando io ho detto qui, che gli stessi fenomeni avvengono puntualmente allorchè si metta in prova, invece di una sola coppia di questi pezzi metallici, un insieme di più pezzi, disposti come si conviene; e che le suddette sensazioni di sapore, sia acido sia alcalino, aumentano, ma poco, col numero di queste coppie, io ho detto quasi tutto. Mi resta solamente da aggiungere che se l'apparecchio che si mette in giuoco per queste esperienze sulla lingua è formato da un numero abbastanza grande di coppie metalliche di questa specie, se, per esempio, ne contiene 30, 40, o di più, la lingua non prova solamente la sensazione di sapore che si è detto, ma inoltre quella di un colpo che la percuote nell'istante in cui si completa il circolo, e che la cagiona una puntura più o meno dolorosa, ma passeggera, seguita, qualche momento dopo, dalla sensazione durevole di sapore. Questo colpo produce anche una convulsione, o tremito, di una parte o di tutta la lingua, allorchè l'apparecchio, formato da un numero ancora più grande di coppie di detti metalli, è più attivo e che, mediante delle buone comunicazioni conduttrici, la corrente elettrica che esso eccita, può passare da per tutto con abbastanza libertà.

Io ritorno spesso, e insisto, su quest'ultima condizione perchè essa è essenziale per tutte le esperienze in cui si tratta di ottenere degli effetti ben sensibili sul nostro corpo, sia di commozioni nelle membra, sia di sensazioni negli organi dei sensi. Bisogna dunque che i conduttori non metallici, che entrano nel circolo, siano buoni conduttori per quanto possibile, bene imbevuti (se non sono liquidi essi stessi) d'acqua o di qualche altro fluido più conduttore dell'acqua pura; e bisogna, oltre questo, che le superficie ben umide, per mezzo delle quali essi comunicano con i conduttori metallici, e soprattutto fra loro, siano abbastanza larghe. La comunicazione deve solamente essere ristretta, o ridotta a un piccolo numero di punti di contatto, laddove si voglia concentrare l'azione elettrica su una delle parti più sensibili del corpo, su qualche nervo dei sensi, ecc. come ho già fatto notare, a proposito delle esperienze sul tatto, cioè, delle esperienze per mezzo delle quali si eccitano dolori acuti in diverse parti. Così dunque, il modo migliore che io ho trovato per produrre sulla lingua tutte le sensazioni descritte è di applicare la sua punta contro l'estremità appuntita (che non lo sia tuttavia troppo) d'una verga metallica, che faccio comunicare convenientemente, come nelle altre esperienze, con un'estremità del mio apparecchio, e di stabilire una buona comunicazione della mano, o, il che è meglio, delle due mani insieme,

con l'altra estremità. Questa applicazione della punta della lingua alla punta della verga metallica può, del resto, o esistere già, quando si va a fare l'altra comunicazione per completare il circolo (allorchè si tuffa la mano nell'acqua del bacino), o farsi dopo avere stabilito questa comunicazione, mentre la mano si trova tuffata; e, in quest'ultimo caso, io credo di sentire la puntura e la scossa sulla lingua, un pochino prima del vero contatto. Sì, mi sembrerebbe sempre, specialmente se io avanzo a poco a poco la punta della lingua, che quando essa è arrivata a una piccolissima distanza dal metallo, il fluido elettrico (vorrei quasi dire la scintilla) superando questo intervallo, si slanci per colpirla.

Riguardo al senso della vista, che io avrei anche scoperto poter essere affetto dalla debole corrente del fluido elettrico, proveniente dal mutuo contatto di due metalli differenti, in generale, ed in particolare da un pezzo d'argento con uno di zinco, io dovrei aspettarmi che la sensazione di luce eccitata dal mio nuovo apparecchio fosse più forte, a misura che esso contenesse un maggior numero di pezzi di questo metallo; ciascuna coppia dei quali, disposte come si deve, aggiunge un grado di forza alla suddetta corrente elettrica, come lo mostrano tutte le altre esperienze, e specialmente quelle coll'elettrometro, aiutato dal condensatore, che io ho solamente indicato, e che descriverò altrove. Ma io fui sorpreso di trovare che con 10, 20, 30 coppie, e più, il lampo prodotto, non sembrasse nè più lungo ed esteso, nè molto più vivo che con una sola coppia. E' vero, intanto, che questa sensazione di luce debole e passeggera è eccitata da un tale apparecchio più agevolmente e in parecchi modi. Effettivamente, per riuscire con una sola coppia, non ci sono, all'incirca, che le maniere seguenti: cioè, o che uno dei pezzi metallici sia applicato al bulbo stesso dell'occhio, o alla palpebra, ben umettata, e che la si faccia toccare con l'altro metallo applicato all'altro occhio, o tenuto in bocca, il che dà il più bel guizzo; o che s'impugni questo secondo pezzo metallico, con la mano ben umettata, e lo si porti al contatto del primo; o infine che si applichino queste due lastre a certe parti dell'interno della bocca, facendole anche comunicare tra loro. Ma, con un apparecchio di 20, 30 coppie ecc. si produce il medesimo guizzo di luce, applicando in cima ad una lamina o verga metallica, che sia in comunicazione con una delle estremità di questo apparecchio, mentre con una mano si comunica convenientemente con l'altra estremità; applicando, dico, o facendo toccare a questa lamina, non soltanto l'occhio, o qualsiasi altra parte della bocca, ma la fronte, il naso, le gote, le labbra, il mento, e persino la gola; in una parola, tutte le parti e punti del viso, che dobbiamo soltanto avere ben umettate, prima di portarle a contatto della lamina metallica. Del resto la forma, come la forza, di questa luce passeggera, che si percepisce, varia un po', variando le parti della faccia sulle quali si porta l'azione della corrente elettrica; se è sulla fronte, per esempio, questa luce è mediocrementemente vivace, ed appare come un cerchio luminoso, sotto la quale figura essa si presenta anche in parecchie altre prove.

Ma la più curiosa di tutte queste esperienze è di tenere la lamina metallica serrata tra le labbra, ed in contatto con la punta della lingua; poichè quando in seguito si viene a completare il circolo in maniera conveniente, si eccita, tutt'insieme, se l'apparecchio è sufficientemente grande e in buon ordine, e la corrente elettrica è assai forte e in buona disposizione, una sensazione di luce negli occhi, una convulsione nelle labbra, e pure nella lingua, una puntura dolorosa sulla sua punta, seguita infine dalla sensazione di sapore. Non mi resta che dire una parola sull'udito. Questo senso, che io avevo inutilmente cercato di eccitare con due sole lastre metalliche, per quanto le più attive fra tutti i *motori* di elettricità, cioè, una d'argento, o d'oro, e l'altra di zinco, sono finalmente arrivato ad

influenzarlo col mio nuovo apparecchio, composto di 30 o 40 coppie di questi metalli. Ho introdotto, ben in fondo nelle due orecchie, due specie di sonde o verghe metalliche, con le punte arrotondate; e le ho fatte comunicare immediatamente colle due estremità dell'apparechio. Nel momento in cui il circolo è stato così completato, ho ricevuto una scossa in testa; e, qualche momento dopo (continuando le comunicazioni senza alcuna interruzione), ho cominciato a sentire un suono, o piuttosto un rumore nelle orecchie, che non saprei ben definire; sarebbe una specie di scricchiolio a tratti, o crepitio, come se qualche pasta o materia tenace bollisse. Questo rumore continuò senza tregua, e senza aumento, per tutto il tempo che il circolo fu completo, ecc. La sensazione sgradevole, e che io ritenevo dannosa, della scossa nel cervello ha fatto sì che non ho ripetuto più volte questa esperienza.

Resta il senso dell'odorato, che io ho tentato fino ad ora inutilmente col mio apparecchio. Il fluido elettrico, che messo in corrente in un circolo completo di conduttori, produce nelle membra e parti dei corpi viventi che si trovano compresi in questo circolo, degli effetti corrispondenti alla loro eccitabilità; che, stimolando particolarmente gli organi o nervi del tatto, del gusto, della vista e dell'udito, vi eccita qualche sensazione propria ad ognuno di questi sensi, come abbiamo trovato, non produce nell'interno del naso che un pizzicore più o meno doloroso, e delle commozioni più o meno estese, secondo che la detta corrente è più o meno forte. E da dove proviene dunque, che esso non ecciti alcuna sensazione di odore, per quanto esso arrivi, come sembrerebbe, a stimolare i nervi di questo senso? Non si può dire che il fluido elettrico da sè stesso non sia atto a produrre sensazioni di odore; poichè, allorchè si spande nell'aria a forma di pennacchi ecc., nelle esperienze ordinarie delle macchine elettriche, porta al naso un odore assai marcato, somigliante a quello del fosforo. Dirò dunque con più verosimiglianza e su un fondamento di analogia colle altre materie odorifere, che occorre giustamente che esso si espanda nell'aria, per eccitare l'odorato; che esso ha bisogno, come gli altri effluvi, del veicolo dell'aria per influire su questo senso in modo adeguato a suscitavi le sensazioni d'odore. Ora, nelle esperienze del caso, vale a dire della corrente elettrica in un circolo di conduttori tutti contigui, e senza la minima interruzione, questo non può assolutamente aver luogo.

Tutti i fatti che io ho riferiti in questo lungo scritto, riguardanti l'azione che il fluido elettrico, eccitato e mosso dal mio apparecchio, esercita sulle differenti parti del nostro corpo, che la sua corrente invade e attraversa; azione che, per di più, non è momentanea, ma continua e durevole, per tutto il tempo in cui, non essendo affatto interrotte le comunicazioni, questa corrente segue il suo corso; azione, infine, i cui effetti variano secondo la differente eccitabilità di queste parti, come s'è visto; tutti questi fatti già abbastanza numerosi, ed altri che si potranno ancora scoprire moltiplicando e variando le esperienze di questo genere, apriranno un campo abbastanza vasto di riflessioni e di vedute, non soltanto curiose, ma interessanti particolarmente la medicina. Ce ne sarà per occupare l'anatomista, il fisiologo, il praticante.

Si sa, per l'anatomia che n'è stata fatta, che l'organo elettrico della torpedine, e dell'anguilla tremante, consiste in parecchie colonne membranose, riempite da un'estremità all'altra da un gran numero di lamelle o pellicole, in forma di dischi sottilissimi, sovrapposti gli uni agli altri, o sostenuti ad intervalli piccolissimi, nei quali scorre, come sembrerebbe, qualche umore. Ora non si può supporre che alcuna di queste lamelle sia isolante come il vetro, la resina, la seta ecc. e meno ancora che esse possano o elettrizzarsi per sfregamento o essere disposte o caricate a guisa di piccoli quadri Frankliniani, o di piccoli elettrofori; e

nemmeno che esse siano conduttori abbastanza cattivi da fare l'ufficio di un buono e durevole condensatore, come l'ha immaginato Mr. Nicholson. L'ipotesi di questo sapiente e laborioso fisico, per la quale egli fa di ciascun paio di queste pellicole, che egli vorrebbe paragonare a fogli di talco, tanti piccoli *elettrofori* o *condensatori*, è, in verità, molto ingegnosa; è forse quello che s'è immaginato di meglio per la spiegazione dei fenomeni della torpedine, attenendosi ai principj e leggi conosciute fin'ora sull'elettricità. Ma, oltre al meccanismo per mezzo del quale dovrebbe avvenire, per ciascun colpo che questo pesce volesse dare, la separazione rispettiva dei piatti, di tutti o di un gran numero di questi elettrofori o condensatori; dovrebbero, dico, avvenire tutte insieme queste separazioni, e stabilirsi da una parte una comunicazione fra loro di tutti i piatti *elettrizzati in più*, e d'altro lato, una comunicazione, fra tutti quelli *elettrizzati in meno*, come vuole Mr. Nicholson; oltre che questo meccanismo molto complicato apparirebbe molto difficile e poco naturale; oltre che la supposizione di una carica elettrica originariamente impressa e così duratura nelle pellicole che fanno l'ufficio d'elettrofori, è affatto gratuita; una tale ipotesi cade interamente, visto che queste pellicole dell'organo della torpedine non sono e non possono essere in alcun modo isolanti o suscettibili di una vera carica elettrica, e meno ancora capaci di ritenerla. Ogni sostanza animale, finchè fresca, circondata da umori e più o meno succosa di per sè stessa, è un abbastanza buon conduttore: dico di più, ben lungi dall'essere così *coibente* come le resine e il talco, alle cui foglie Mr. Nicholson cerca di paragonare le pellicole di cui si parla, non v'è, come mi sono assicurato, sostanza animale vivente o fresca, che non sia miglior *deferente* dell'acqua, eccettuato solamente il grasso, e qualche umore oleoso. Ma nè questi umori, nè il grasso, soprattutto semifluido o interamente fluido, come si trova negli animali viventi, possono ricevere una carica elettrica alla maniera delle lastre isolanti, e trattenerla; d'altra parte non si trova che le pellicole e gli umori dell'organo della torpedine siano grassi o oleosi. Così, dunque, questo organo formato unicamente da sostanze conduttrici, non può essere paragonato nè all'elettroforo o condensatore, nè alla bottiglia di Leida, nè a una qualunque macchina eccitabile, sia per sfregamento, sia per qualche altro mezzo capace di elettrizzare dei corpi isolanti, che si sono sempre creduti, prima delle mie scoperte, i soli originariamente elettrici.

A qual elettricità dunque, a quale strumento deve essere paragonato questo organo della torpedine, dell'anguilla tremante ecc.? A quello che io ho costruito, secondo il nuovo principio di elettricità che ho scoperto qualche anno fa, e che le mie esperienze successive, soprattutto quelle che mi occupano presentemente, hanno così bene confermato, ossia che i conduttori sono, in certi casi, anche motori di elettricità, nel caso di mutuo contatto tra essi, di differente specie ecc.; a questo apparecchio, che io ho chiamato *Organo elettrico artificiale* e che, essendo in fondo la stessa cosa dell'organo naturale della torpedine, gli rassomiglia anche per la forma, come ho già esposto.

Proceedings of the Royal society of London

CONTENTS.

VOL. I.

1800

On the Electricity excited by the mere Contact of conducting
Substances of different Kinds.

In a Letter from Mr. Alexander Volta, F.R.S.
to the Right Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K.B. P.R.S.

On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different Kinds. In a Letter from Mr. Alexander Volta, F.R.S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to the Rt. Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K.B. P.R.S. Read June 26, 1800. [Phil. Trans. 1800, p. 403.]

In prosecuting his experiments on the electricity produced by the mere contact of different metals, or of other conducting bodies, the learned Professor was gradually led to the construction of an apparatus, which in its effects seems to bear a great resemblance to the Leyden phial, or rather to an electric battery weakly charged; but has moreover the singular property of acting without intermission, or rather of re-charging itself continually and spontaneously without any sensible diminution or perceptible intervals in its operations. The object of the present paper is to describe this apparatus, with the variety of constructions it admits of, and to relate the principal effects it is capable of producing on our senses.

It consists of a long series of an alternate succession of three conducting substances, either copper, tin and water; or, what is much preferable, silver, zinc, and a solution of any neutral or alkaline salt. The mode of combining these substances consists in placing horizontally, first, a plate or disk of silver (half-a-crown, for instance,) next a plate of zinc of the same dimensions; and, lastly, a similar piece of a spongy matter, such as pasteboard or leather, fully impregnated with the saline solution. This set of three-fold layers is to be repeated thirty or forty times, forming thus what the author calls his *columnar machine*. It is to be observed, that the metals must always be in the same order, that is, if the silver is the lowermost in the first pair of metallic plates, it is to be so in all the successive ones, but that the effects will be the same if this order be inverted in all the pairs. As the fluid, either water or the saline solution, and not the spongy layer impregnated with it, is the substance that contributes to the effect, it follows that as soon as these layers are dry, no effect will be produced.

This apparatus, when it consists of only twenty pairs of metallic plates, is already capable not only of giving to Cavallo's electrometer, with the aid of a condenser, signs of electricity as high as 10° or 15° , and of charging the condenser by a simple touch to such a degree as to give a spark; but it will also give to two fingers of the same hand, the one touching the foot and the other the top of the column, a succession of small shocks, resembling those occasioned by a Leyden phial, or a battery weakly charged, or by a torpedo in a weak condition. These effects will be increased if the communication be made through water; for which purpose the bottom of the column may be made to communicate, by a thick metallic wire, with water contained in a basin or large cup. A person who now puts one hand into this water, and with a piece of metal held in the other hand touches the summit of the column, will experience shocks and a pricking pain as high as the wrist of the hand plunged in the water, and even some-

times as high as the elbow, while in some cases even the wrist of the other hand will experience a similar sensation.

It has been ascertained by repeated trials, that these effects are stronger in proportion to the greater distance of the metallic pairs, which are made to communicate. Some sensation will be produced when the foot of the column is connected with the third or fourth pair, but it will perceptibly increase as we proceed further towards the summit. This naturally led to an extension of the column much beyond the number of metallic pairs above mentioned; and expedients are here suggested for rendering such extended columns stable and at the same time sufficiently manageable. With a column of about sixty pairs of plates, shocks have been felt as high as the shoulder; such a column may be even divided into two or three distinct cylinders, which being well connected by metallic conductors, will be equally powerful and much more convenient.

Among various other modes of applying the same agents, the author describes an apparatus in which the fluid is interposed between the metals without being absorbed in a spongy substance. This consists of a number of cups or goblets, of any substance except metals, placed in a row either straight or circular, about half filled with a saline solution, and communicating with each other so as to form a kind of chain, by means of a sufficient number of metallic arcs or bows, one arm of which is of silver, or copper plated with silver, and the other of zinc. The ends of these bows are plunged into the liquid in the same successive order, namely, the silver ends being all on one side, and those of zinc on the other,—a condition absolutely necessary to the success of the experiments, it having been observed that if out of sixty bows, for instance, the twenty intermediate ones be turned in the opposite direction from the remainder, the effects produced by the apparatus will be *far less* perceptible.

It was observed, that if a circular communication be completed by means of a bow connecting the first and last of a long series of cups, two hands, or even two fingers plunged into one of these cups will still receive an electric sensation. This is explained by admitting the fact, that warm animal substances, and particularly their fluids, are in general better conductors than water.

The sensible effects of either of these apparatus, composed of forty or fifty links, do not, it seems, consist merely in shocks, contractions, or spasms in the muscles or limbs; but, besides affecting the sense of touch, they are also capable of exciting an imitation in the organs of taste, sight, and even hearing. A particular account is given of these singular effects, from which we learn, that the more sensible the parts are which are exposed to the impressions of this agent, the more quick will be the sensation;—that as to taste, we have only to recollect the experiments formerly described by the author, in which the tongue was sensibly affected by the combination of two metals applied to each side of it;—that with respect to the sense of vision, the sparks yielded by this apparatus are sufficient evidence of the effect, certain expedients only being necessary for facilitating the

perception of these explosions;—and lastly, that the hearing will be strongly affected by introducing into the ears two probes, the opposite extremities of which are connected with the two ends of the apparatus. No effect has as yet been produced upon the sense of smell by this machine, which is ascribed to the circumstance of the electric effluvia not being expanded in and conveyed by the air, which it is thought is the proper vehicle for exciting sensations in the olfactory nerves.

At the close of the paper the author points out the striking analogy there is between this apparatus and the electric organs of the torpedo and electric eel, which are known to consist of membranaceous columns filled from one end to the other with a great number of laminae or pellicles, floating in some liquid which flows into and fills the cavity. These laminae cannot be supposed to be excited by friction, nor are they likely to be of an insulating nature; and hence these organs cannot be compared either to the Leyden phial, the electrophore, the condenser, or any other machine capable of being excited by friction. As yet, therefore, they can only be said to bear a resemblance to the apparatus described in this paper. The effects hitherto known of this apparatus, and those which there is every reason to expect will be discovered hereafter, are likely, it is thought, to open a vast field for reflections and inquiries, not only curious but also interesting, particularly to the anatomist, the physiologist, and the physician.

Some Observations on the Head of the Ornithorhynchus paradoxus.
By Everard Home, Esq. F.R.S. Read July 3, 1800. [*Phil. Trans.* 1800, p. 432.]

We learn from this communication that the beak of this singular animal, which on a cursory examination was thought to be exactly similar to that of the Duck, and calculated for the same purposes, is in fact materially different from it; and that, so far from being the mouth of the animal, as had been imagined, it is only a part added to the mouth, and projecting beyond it. This mouth has two grinding teeth on each side, both in the upper and lower jaw; they are without fangs, and may be considered as bony protuberances. Instead of incisor teeth, the nasal and palate bones are continued forwards, so as to support the upper portion of the beak; while the two under jaws are likewise continued forwards in the shape of two thin plates of bone, forming the central part of the under portion of the beak. The tongue is very short, and when extended can be projected into the bill scarcely one quarter of its length.

The organ of smell in this animal differs from that of quadrupeds in general, as well as of birds. The nostrils are nearly at the end of the beak, while the turbinated bones are situated in the skull, as in other quadrupeds; by which means there are two cavities the whole length of the beak superadded to this organ. The nerves which supply this organ are very large in proportion to the size of the animal.

MEMORIA DEL PROF. ALESSANDRO VOLTA SULL'IDENTITÀ DEL FLUIDO ELETTRICO COL FLUIDO GALVANICO

*Novembre*1801

PARTE PRIMA

Ho addotte in uno degli antecedenti Scritti le ragioni, che ho avuto fin dappprincipio per credere, e le molte che si aggiunsero in séguito, in un coi più chiari indizj, per sostenere che il così detto *fluido* od *agente galvanico* altro non è che il *vero e genuino fluido elettrico*. Ho fatto sentire che queste ragioni e indizj sono così evidenti e dimostrativi, che sarebbe egli e una pertinacia, e un vero scandalo il voler ancora negare una tale identità, o il solo dubitarne; e che suona male per fino l'espressione di *Elettricità Galvanica* introdotta da alcuno, non che il nome che molti vorrebbero ritenere di *agente*, o *fluido galvanico*. Ma passi per i nomi e le parole, purchè si convenga nella cosa. Non dubito che tutti ne converranno alla fine. Per giungere però più presto a un tal consenso universale, e far cessare ogni contesa, veggio essere necessario il dissipare intieramente quell'obbiezioni e difficoltà, che sono state messe in campo, e delle quali non mi son fatto carico nel detto Scritto. Me lo farò dunque in quest'altro, che ne formerà, se si vuole, una continuazione, sebbene possa stare anche da se, o far corpo con altre consecutive Memorie; e prenderò così occasione di sviluppare vie meglio la mia teoria.

§ I. Queste difficoltà, che trattengono ancora molti dal riconoscere una piena e perfetta identità del fluido elettrico e galvanico, ed hanno suggerito ad alcuni la strana idea di un altro fluido particolare, si riducono alle seguenti:

1. La pretesa mancanza di alcuni de' segni elettrici, e la debolezza degli altri, in confronto delle forti scosse, delle sensazioni di dolore ecc., che cagionano con i detti apparati galvanici, anche semplici, conosciuti da un pezzo, e consistenti nell'accozzamento di due metalli di specie diversa, segnatamente argento e zinco; e molto più i composti che ho io recentemente inventati e messi in voga, formati cioè da molte coppie di cotai metalli diversi comunicanti l'una all'altra per mezzo di conduttori non metallici, ossia conduttori umidi.
2. Il mostrarsi non conduttori del principio o fluido in questione, di quello cioè che gioca sì nelle sperienze già note da un pezzo e designate col nome di sperienze galvaniche, che in queste recenti e affatto analoghe, che si fanno col detto mio apparato di nuova invenzione; il mostrarsi, come pare, non conduttori, il trattenerne od impedirne l'azione, alcuni corpi, che sono pur buoni e tengonsi anzi per eccellenti conduttori dell'elettricità, come l'aria molto diradata, e singolarmente la fiamma.
3. I sì marcati e mirabili effetti chimici, che il medesimo apparato produce, di decomposizione cioè dell'acqua, e di altri fluidi, di pronte termossidazioni de'

metalli, ecc.: i quali effetti, dicesi, non si vede come attribuir si possano a quella così debole elettricità, che si manifesta in tal apparato con segni nulla o ben poco sensibili ai delicati elettrometri; quando l'assai più forte e strepitante delle macchine elettriche ordinarie, che vibra ed innalza a molti gradi degli elettrometri più pesanti; quando una copiosa corrente di fluido elettrico, che con queste macchine si ecciti, e si mantenga per eguale spazio di tempo, ed anche più lungamente, non si vede che li produca.

Queste sono finalmente, o a queste si riducono tutte le difficoltà, che possono lasciare ancora de' dubbj in chi per avventura non è abbastanza versato nella scienza e pratica dell'elettricità, specialmente in quella parte che riguarda l'elettrometria: i quali dubbj e difficoltà mi conviene perciò sciogliere, portando su tal materia gli opportuni schiarimenti.

§ II. *Per venirne a capo* sarà bene prima di tutto determinare, se non coll'ultima esattezza, con qualche precisione, il grado di forza, con cui il fluido elettrico è spinto dall'uno nell'altro di due conduttori di specie diversa, i quali applicati a mutuo contatto sono, non già semplicemente conduttori, ma nello stesso tempo anche *incitatori* o *motori* di esso fluido, come fin dalle mie prime scoperte intorno al Galvanismo gli ho chiamati (veggansi tutte le mie Memorie sopra questo soggetto pubblicate dal 1792 fino al 1798)^a.

Sceglieremo a tal uopo fra i metalli, che per tale virtù motrice superano di lunga mano i conduttori non metallici, o di seconda classe, così da me detti, che sono poi i conduttori umidi, sceglieremo fra i primi, due de' più diversi, ossia rispettivamente più attivi, quali sono l'argento, o puro, o legato con rame a varie dosi, come si truova per esempio nelle monete, e il zinco, parimente o puro, o legato con più o meno di stagno, o di stagno e piombo insieme: le quali leghe ho trovato che fino a certe proporzioni non diminuiscono notabilmente, e in alcune dosi accrescono piuttosto la virtù sì dell'argento, che dello zinco. Questi dunque ben netti e tersi, ove si tocchino per uno o più punti (ciò che è indifferente, sol che si tocchino veramente a nudo) sbilanciano e smuovono il fluido elettrico in guisa, che passa esso dall'argento nello zinco, diradandosi in quello, e condensandosi in questo; e in tale stato di condensazione nell'uno e rarefazione nell'altro mantiensì, ove i detti metalli altra comunicazione non abbiano, altri conduttori cioè, da cui ripeter possa l'argento il fluido perso, e in cui versar possa il zinco l'acquistato; al che pur tendono con forza proporzionata al seguito sbilancio.

Or dunque fino a qual segno viene sbilanciato il fluido elettrico, diminuito cioè nell'argento, ed accresciuto nello zinco? Fino al punto di produrre in questo una tensione di elettricità per eccesso, od *in più* (El. +), e in quello una di elettricità per difetto o *in meno* (El. -), eguali l'una e l'altra ad 1/60 circa di grado del mio elettrometro a paglie sottili^b. Vedremo tosto su quali dati si fonda una tal determinazione.

§ III. Siffatta tensione elettrica, che arriva appena ad 1/60 di grado, è certamente troppo debole per potersi manifestare a dirittura, e render sensibile, non che al detto elettrometro a paglie, ma a quello pur anche di BENNET a listarelle di foglia d'oro, quattro volte circa più mobile, e il più delicato che siasi fin ora costruito. Ma posso ben io renderla sensibile una sì fiacca elettricità, e farle dare de' segni abbastanza marcati, onde riconoscere eziandio le specie, distinguere cioè l'El. +, e l'El. -, ricorrendo al *condensatore*^c, stromento per queste ed altre ricerche veramente prezioso. Convien però che sia esso condensatore ben costruito, ed in buon ordine.

§ IV. Il migliore, di cui mi servo più comunemente, è quello descritto nel precedente Scritto, e che non sarà inutile il descrivere qui di nuovo, per farne rilevare vie meglio le condizioni, a cui è dovuta la sua bontà ed eccellenza. Consiste dunque in due dischi o piattini d'ottone di 2 in 3 pollici di diametro ben piani ed uniti; (ottimo riesce lo smerigliarli un sopra l'altro fino al segno che posti a congruo combaciamento tengansi fra loro con forte adesione), ed intonacati nelle faccie con cui debbono applicarsi l'uno all'altro, allorchè si adoprano ad uso di condensatore, di un ben sottile strato di cera-Spagna, o meglio di un più sottile ancora di buona vernice di lacca, di coppale, o d'ambra; tantochè trovansi, stando quei due dischi a mutuo combaciamento, una sottilissima lamina o velo coibente che li dirima, ossia ne impedisca il contatto metallico, ma nello stesso tempo distino essi piani metallici un dall'altro il meno possibile; nel che consistono le condizioni di un ottimo condensatore, massime ove si tratta di accumulare un'elettricità estremamente debole. Ad uno di questi dischi poi, o ad ambedue, è adattato un manico di vetro incrostato di ceralacca, per istaccarli, quando conviene, uno dall'altro ad un tratto, e levar in aria questo o quello perfettamente isolato, ecc.

Mi servo anche di altri dischi o piatti di qualsisia metallo, oppur di legno (e questi ultimi mi riescono più comodi, potendo farli più grandi, senza che sieno troppo pesanti, e bastando che sian coperti tai piatti di legno in tutto o in parte di foglie di stagno o di carta argentata), quali dischi, sian di metallo, sian di legno inargentato, io vesto nelle faccie, con cui devono applicarsi l'uno all'altro, di un velo di seta, di un pezzo d'incerato, o di taffetà verniciato: mi servo, dico, anche di questi per condensatori con abbastanza buon successo, però con minore vantaggio; giacchè l'elettricità portata ed accumulata, come che sia, nell'un piatto, ancorchè trovansi sostenuta ossia controbilanciata dall'elettricità contraria, che contrae il piatto compagno comunicante col suolo (per la nota azione delle atmosfere elettriche, a cui si riporta il giuoco del condensatore), non vi si conserva lungamente, fuori del caso che sieno tali intonachi asciuttissimi, massime quello d'incerato, che di sua natura è troppo poco coibente, ma mal rattenuta da tali coibenti imperfetti interposti trapassa quel da piatto a questo in pochi minuti, o secondi; laddove ne' piattelli incrostati di buona ceralacca, o di vernice resinosa, vi rimane confinata l'elettricità per delle ore, seppur non sieno manifestamente umide e quasi bagnate le faccie, od estremamente umido l'ambiente.

§ V. Posto dunque in ordine un tale buon condensatore, faccio la seguente esperienza fondamentale. Pongo a contatto un pezzo d'argento puro, o con lega, una moneta, per esempio, con un pezzo o lastretta di zinco, oppure gli unisco a vite, o inchiodandoli, o con saldatura metallica qualunque, o in altre qualsiasi maniere, sol che il contatto si faccia tra metallo e metallo: gli unisco nel modo indicato, o in qual altro più mi piace; e prendendo fralle dita il pezzo z di zinco, faccio comunicare l'altro a di argento per qualche momento al piattino superiore del condensatore, mentre l'inferiore comunica, come dee, col suolo; ritirata indi tal coppia di lastrette az , ed alzato detto piattino superiore, a cui venne comunicata l'elettricità dalla lastretta d'argento a (e vi si è raccolta ed accumulata corrispondentemente alla capacità, e virtù collettrice, di cui godea esso piattello stando accoppiato al compagno, in grazia dell'elettricità contraria che questo avente comunicazione col suolo veniva contraendo, conforme alla nota teoria del condensatore), ecco che dispiega un'elettricità per difetto (El. -) di 2 in 3 gradi, e talvolta fino di 4 del mio elettrometro a paglie sottili, come esso piattino lo dimostra avvicinandolo a detto

elettrometro, e adducendolo al contatto del di lui cappelletto^d.

§ VI. Se all'opposto prendo fralle dita il pezzo *a*, cioè la lastretta di argento, e fo comunicare al piatto collettore (chiamerò da qui innanzi così quello de' due dischi del condensatore, a cui direttamente viene impartita l'elettricità, e che non comunicando col suolo, sta applicato convenientemente all'altro, che vi comunica) la lastretta di zinco *z*; levato indi esso collettore in alto, e portato similmente a toccare il cappelletto dell'elettrometro, manifesta di nuovo 2, 3, 4 gradi di elettricità, ma di elettricità per eccesso (El. +).

§ VII. E' troppo necessario avvertire, che in questa seconda sperienza la lastretta di zinco non deve già toccare immediatamente il piatto collettore, s'esso è di rame; giacchè spingendo questo metallo quasi con egual forza che l'argento il fluido elettrico nello zinco, troverebbesi la nostra lastretta *z* compresa così fra l'argento e il rame, in mezzo a due forze presso a poco eguali dirette in senso opposto, ossia l'una contro l'altra, le quali si eluderebbero per conseguenza in modo, che poco, e nulla quasi di fluido elettrico verrebbe ad infondersi ed accumularsi entro ad esso collettore; onde niun segno sensibile di elettricità o quasi niuno verrebbe egli quindi a dare alzandolo ecc. Convien pertanto interporre un qualche altro conduttore non metallico, un conduttore umido qualunque; i quali conduttori di seconda classe, come li chiamo non hanno un'azione reciproca coi metalli così forte, ossia non sono rispetto ad essi che debolissimi *motori*. Io soglio porre un pezzetto di carton bagnato sopra il piatto collettore, e far toccare a cotesto cartone la lastretta *z*, in tal modo il fluido elettrico spinto continuamente dalla lastretta d'argento *a* in essa lastretta *z* di zinco, passa ulteriormente senza contrasto nel detto conduttore umido, e da questo mano mano nel piatto collettore; dal quale poi levato in alto ottengo li 3 gradi circa di El. + che non ottengo toccando colla medesima lastretta *z* esso piatto di rame a nudo a cagione dell'indicata opposizione di forze.

§ VIII. Riguardo alla sperienza 1^a (§ V), essendo l'argento, che si rivolge verso cotesto piatto di rame, e che gli si fa toccare, non è punto necessaria l'interposizione del cartone bagnato, o d'altro conduttore umido, e riesce di poco o niun vantaggio, per la ragione suddetta (§ prec.), che vi è poca differenza rapporto alla virtù elettrica fra il rame e l'argento, ossia che picciola azione esercitano un sull'altro nel mutuo contatto, pochissimo insomma viene spinto il fluido elettrico dall'argento nel rame, e quindi rimane presso a poco intiera niente quasi contrariata l'azione, che si esercita nel contatto dell'argento collo zinco a quel luogo, dove le due lastrette *az* stanno unite, l'azione, dico, che con forza assai prevalente spinge esso fluido elettrico dalla prima nella seconda di tali lastrette, onde poi quella impoverita ne prende dal piatto collettore per rifarsi, tantochè questo giunge a manifestare i 3 gradi circa di El. - (§ V).

§ IX. Tengo io dunque per sicuro che nelle riferite sperienze, ed altre analoghe, l'azione sul fluido elettrico si eserciti nel mutuo contatto di metalli diversi; e non, come altri ha creduto, e credono pur ancora, nel contatto di questo o quel metallo con questo o quel conduttore umido. Il confronto della prima sperienza (§ V) colla seconda (§ VI), l'osservarsi cioè che l'elettricità monta ugualmente in ambedue coll'ajuto del condensatore ai 3 gradi circa, egualmente, dico, o quasi egualmente, vi sia o non vi sia *di mezzo* il corpo umido, lo indica già abbastanza. Pure potrebbesi ancora sospettare che l'azione elettrica

avesse luogo nel contatto della lastretta *a* o *z* colle dita che la reggono, o con altro conduttore umido, che in tali sperienze volesse sostituirsi alle dita.

§ X. Convien dunque per non lasciar luogo a tale obbiezione ripetere le sperienze in modo, che nè la mano, nè alcun altro corpo umido tocchi nè l'una, nè l'altra delle lastre di diverso metallo, che in somma non vi abbiano che contatti metallici: alle quali sperienze procedo in più modi; e in primo luogo attenendomi alle due lastre congiunte *az*, come qui sopra, ottengo ancora l'effetto, se mentre l'una tocca il piatto del condensatore, l'altra tengasi isolata; e basta solo che questa sia grande assai, o in altra maniera resa molto capace mercè il comunicare coll'uncino di una boccia di Leyden nè carica, nè isolata, onde poter fornire o ricevere sufficiente quantità di fluido elettrico: in tal modo non mancherà esso condensatore di contrarre, se non i 3 gradi di elettricità *positiva*, o *negativa* (secondo che gli si fa comunicare la lastra di zinco o quella d'argento), 2 gradi, od 1 almeno a tenore delle circostanze.

§ XI. Un'altra maniera è quella, che ho descritta ampiamente nelle Lettere a GREN del 1796, e più ancora in quelle ad ALDINI del 1798 (pubblicate negli *Annali di Chimica* di BRUGNATELLI), consistente nell'applicare a mutuo contatto de' piattelli di diversi metalli, tenuti ciascuno per un manico isolante, e tosto divelti portarli al cappelletto dell'elettrometro: colle quali sperienze ottenea pure, essendo i due piattelli uno d'argento e l'altro di zinco, e combaciandosi bene in piano (con che oltre il comportarsi in qualità di *motori elettrici*, faceano al medesimo tempo l'ufficio di condensatori, come ho ivi spiegato), ottenea, dico, i 3 gradi circa di elettricità *positiva* (El. +) dallo zinco, e *negativa* (El.-) dall'argento ecc.

Or dunque tutte queste sperienze, in cui non interviene alcun corpo umido, e il contatto si fa solo tra metallo e metallo, dimostrano ad evidenza che la mossa al fluido elettrico viene data da tale mutuo contatto di metalli diversi.

§ XII. Ma, e quando questo o quel metallo tocca e combacia un conduttore umido, non viene anche per tale contatto data alcuna spinta al fluido elettrico? Sì veramente, come avea io pure scoperto, e dimostrato con altre molte sperienze descritte nelle citate Lettere, e in altre antecedenti Memorie; ma così poco, trattandosi di acqua, sia semplice, sia impregnata di diversi sali, o trattandosi di corpi imbevuti di varj umori, che generalmente non è tale azione da paragonarsi per alcun conto a quella che dispiegasi tra due metalli assai diversi, come zinco e argento, o rame, tranne alcuni forti acidi, liquori alcalini, fegati di solfo, ossia solfuri alcalini, che in contatto di alcuni metalli movono il fluido elettrico assai sensibilmente.

§ XIII. Egli è così, che nella sperienza 1^a (§ V), tocchi la lastretta *a*, ossia d'argento il piatto collettore di rame a nudo, o comunichi al medesimo coll'interposizione del cartone bagnato, o di altra sostanza umida, si eccita l'istessa elettricità, e di egual forza presso a poco (§ VIII), cioè a 3 gradi circa di elettricità per difetto (El. -), come parimente si eccitano intorno a 3 gradi di elettricità per eccesso (El. +) nella seconda sperienza (§ VI) facendo comunicare al condensatore la lastra *z* coll'interposizione del corpo bagnato, necessaria in questo caso per la ragione spiegata (§ VII).

§ XIV. Tali dunque sono i segni, che ottengo ogni volta che trovandosi uniti, o posti in

qualsiasi modo a mutuo contatto un pezzo qualunque d'argento ed uno qualunque di zinco (giacchè la figura sopra indicata (§ V) è posta soltanto per esempio, e può del resto cambiarsi e forma e grandezza di ciascuna delle lastre, e maniere ed estensione di contatto); mi faccio coll'aiuto di un buon condensatore ad esplorare negl'indicati modi lo stato elettrico a cui per tale mutuo contatto è portato l'uno e l'altro metallo. Or avendo io preventivamente determinato con altre sperienze, che troppo lungo sarebbe di qui riportare, quanta sia la forza condensatrice o accumulatrice che voglia dirsi del condensatore che adopro nelle sperienze, di cui ora si tratta, in qual ragione, ossia quante volte possa egli condensare l'elettricità; intendo con ciò di dire quanta maggior dose di elettricità sia capace di ricevere quello de' due piatti, a cui s'infonde, e che chiamo appunto piatto collettore, o in altri termini quanto più gliene abbisogni per salire ad un dato grado di tensione stando esso piatto collettore affacciato convenientemente all'altro piatto compagno (il quale comunicando col suolo acquista altrettanto quasi di elettricità contraria, onde controbilanciare quella prima, giusta le leggi delle atmosfere elettriche): quanto maggior dose, dico, di elettricità è capace di ricevere detto piatto collettore così accoppiato, che non stando separato e solitario; e per conseguenza quanto più alto sorge poi in esso la *tensione elettrica*, allorchè avendo ricevuta da qualsiasi non manchevole sorgente l'elettricità in quella posizione favorevole che gli procurava una tanto più grande capacità, viene quindi a staccarsi, e ad allontanarsi dal piatto compagno, e in conseguenza a perdere l'anzidetta straordinaria capacità; avendo ciò determinato con qualche giustezza^e mi è facile conoscere quale sia la forza, l'intensità, o tensione elettrica, com'io la chiamo, in ciascuno de' due pezzi o lastre d'argento e zinco, che stanno a contatto fra loro; quale dico, e quanta sia la tensione elettrica, che s'induce nell'una e nell'altra rispettivamente, e vi si sostiene costante, o tolta si rinnova, in virtù di tale mutuo contatto mantenuto o rinnovato. Così dunque se il condensatore, che adopro, condensi 120 volte, ed io ne ottenga, con far comunicare per qualche momento a questa o a quella di tali lastre congiunte il piatto collettore, ed innalzato indi dal piatto compagno portarlo all'elettrometro, ne ottenga, dico, 2 gradi, ne deduco essere stata 120 volte minore, cioè $1/60$ di grado la tensione elettrica di esso piatto collettore, quando e finchè trovossi accoppiato; e conchiudo che eguale pure ad $1/60$ di grado, o certamente non minore debba essere stata la tensione elettrica della lastra, che potè comunicarne tanta a quello, e lo può di nuovo e sempre a qualunque altro o conduttore semplice, o condensatore, o boccia di Leyden di qualsiasi capacità, come vedremo. Lo stesso conchiudo, se portando la condensazione a 180, 240, 300 volte (al qual segno può benissimo arrivare un eccellente condensatore, i cui dischi metallici esattamente piani sieno spalmati d'ottima sottil vernice), i gradi, che ottengo all'elettrometro, siano corrispondentemente 3, 4, 5: conchiudo cioè ancora che la tensione elettrica della lastra fatta comunicare ad esso condensatore è di $1/60$, di grado.

§ XV. Or tali in circa sono i risultati che ho avuti ripetendo e variando in molti modi e in diversi tempi le prove (che ho anche mostrate a varie persone intelligenti): cioè tutti concorrono a stabilire che $1/60$ di grado circa del mio elettrometro a paglie sottili è la tensione elettrica indotta dal mutuo contatto dello zinco coll'argento, per eccesso in quello (El. +), per difetto (El. -) in questo; come sopra ho avanzato (§ II). Con altri metalli, meno diversi fra loro in ordine a tale virtù motrice del fluido elettrico, la tensione che sorge è minore, e tanto minore quanto meno differiscono tra loro, ossia sono meno distanti nella serie o scala qui indicata, in cui i primi spingono il fluido elettrico in quei che sieguono,

cioè argento, rame, ferro, stagno, piombo, zinco^f. Ma vi sono pure sostanze che più ancora dell'argento e dell'oro spingono il fluido elettrico negl'altri metalli, e massime nello zinco; queste sostanze sono la piombaggine, alcuni carboni, e soprattutto il manganese nero cristallizzato. Pel contatto di quest'ultimo collo zinco arriva la rispettiva tensione al doppio quasi di quella che dà l'argento collo stesso zinco, cioè tra i $1/38$, e $1/40$ di grado.

§ XVI. E' facile comprendere, che acciò la lastretta *zz* possa indurre tanta elettricità nel piatto collettore, che gode di una grande capacità, è necessario che l'altra lastretta *a* contigua o tengasi colle dita umide, come nelle sperienze sopra descritte (§ V e seg.) o comunichi in altre maniere liberalmente coll'ampio ricettacolo della terra, o almeno con conduttori molto estesi, o con recipienti di assai vasta capacità, quali sono, per esempio, le boccie di Leyden abbastanza grandi; poichè altrimenti se fosse isolata, o se non avesse altre capaci comunicazioni cotesta lastretta *a* d'argento, fornito da essa quel pochissimo di fluido elettrico allo zinco che può perdere per venire allo stato di elettricità in meno (El. -) eguale ad $1/60$ di grado (che è il massimo di tensione, a cui può giungere in virtù del contatto con esso zinco), non potrebbe fornirne di più, e quindi anche la lastretta di zinco *z* non potrebbe passarle al condensatore di più di quel pochissimo ricevuto a sole spese di detta lastretta d'argento di limitatissima capacità. Vi vuol dunque che questa abbia delle buone comunicazioni, onde trarre il fluido elettrico, e risarcirsi mano mano che ne dà allo zinco, e questo ne deposita nel capace condensatore, se ha ad accumularsi in esso condensatore nella quantità e fino al segno sopra indicato.

Così se rivolgendosi la lastretta *a*, ossia l'argento, al condensatore, e toccandolo rimanesse la lastretta di zinco *z* in aria, voglio dire senz'altra comunicazione, ricevuto che avesse questa quel pochissimo di fluido elettrico, che vi vuole a portarvi l'El. + alla tensione di $1/60$ di grado, che è tutto quello che può sopportare esso zinco in virtù del mutuo contatto coll'argento, non potrebbe questo dargliene di più, finchè sussiste in quello, non avente altra comunicazione, cotal tensione, e non dandogliene detto argento, neppure ne trarrebbe dal condensatore oltre quella scarsissima dose corrispondente alla da lui fatta perdita.

§ XVII. Vedesi pertanto, che neppure coll'aiuto del condensatore, e sia pur eccellente, si possono ottenere segni sensibili all'elettrometro da due metalli diversi che si toccano, sian pure questi tra i migliori motori, come argento e zinco, e se uno di essi non comunica con buoni e vasti conduttori, o assai capaci recipienti, mentre l'altro fa passare l'elettricità, che va mano mano contraendo, entro ad esso condensatore, e in tal modo ve l'accumula. Ma io era pur giunto fin dal 1796 ad ottenere de' segni abbastanza marcati da due soli metalli, senza l'intervento di alcun altro conduttore, senza altre comunicazioni, da due metalli, dico, diversi tra loro addotti a mutuo contatto, e altronde isolati, giunto era ad ottenere questi segni all'elettrometro anche senza l'estraneo soccorso. di condensatore, o a meglio dire facendo essi metalli medesimi combaciantisi con larghe faccie e piane offizio di *motori*, e di *condensatori*, insieme come ho spiegato in una memoria pubblicata nell'anno seguente 1797, che contiene molte di tali sperienze fatte con piattelli di diversi metalli, i quali applicati l'uno all'altro, indi diverti, e tenuto ciascuno per un manico isolante, davano segni a dirittura all'elettrometro ecc.

§ XVIII. Queste più antiche sperienze, colle quali ottenea parimente 2, 3, 4 gradi di elettricità per eccesso (El. +) in un piattello di zinco, ed altrettanto di elettricità per difetto (El. -) in uno d'argento applicati a mutuo contatto colle faccie loro ben piane ed unite, indi

staccati, le spiegava io già allora, e le spiego in oggi co' medesimi principj sopra esposti, dello spingere cioè che fa l'argento a versare il fluido elettrico nello zinco fino al segno di indurre in questo una tensione di El. +, in quello di El. -, eguali l'una e l'altra ad $1/60$ di grado circa: per giungere alla qual tensione tanto maggior dose di fluido elettrico dovea fornirsi dall'uno all'altro piattello, quanto questi affacciato uno all'altro a dovere, e controbilanciandovisi le rispettive elettricità contrarie, compivano nel miglior modo all'ufficio di condensatore.

§ XIX. Resta dunque in tutte le maniere comprovato, che a $1/60$ di grado *circa* (dico un'altra volta *circa*, come già ho detto al principio, perchè una grande esattezza non può ancora pretendersi in simili sperienze: e però questo circa dovrà sempre intendersi, ove anche per ischivare ripetizioni io nol ricordi) arriva la tensione di elettricità per eccesso (El. +) nello zinco, e così pure quella di elettricità per difetto (El. -) nell'argento, posti a mutuo contatto; e tale si sostiene, finchè dura esso contatto, e quelli non hanno comunicazione con altri conduttori, nei quali possa liberamente scorrere il fluido elettrico spinto e sollecitato da tal tensione.

§ XX. Una bella e luminosa conferma di ciò, una prova la più soddisfacente, che tale e tanta è la rispettiva tensione elettrica prodotta dal mutuo contatto di codesti metalli, quale qui si stabilisce, e quale io l'avea dedotta dalle sperienze sopra indicate, e da varie altre fatte con una sol coppia dei medesimi, cioè di $1/60$ di grado del mio elettrometro a paglie sottili, mi hanno somministrato quelle più recenti, più istruttive, e assai più belle con due, tre, quattro, e più coppie, ottenuto avendo appunto il doppio, il triplo, il quadruplo, ec. di tensione elettrica, cioè invece di $1/60$ di grado $2/60$, $3/60$, $4/60$, ec.: come potei verificare col solito artificio del condensatore, il quale, ove condensando da 120 volte era portato da una sola di tali coppie a 2 gradi di detto elettrometro (§ XIV, XV), lo era poi da due, tre, quattro, cinque coppie, a 2, 4, 6, 8, 10 gradi.

Questo è il gran passo da me fatto sulla fine dell'anno 1799, passo che mi ha condotto ben tosto alla costruzione del nuovo apparato scuotente, ec.; il quale ha cagionato tanto stupore a tutti i Fisici; a me grande soddisfazione, ma stupore non molto dopo l'anzi detta scoperta, che mi promettea bene un tal successo.

§ XXI. Una delle più belle maniere di fare queste nuove sperienze con molte coppie di metalli si è di sovrapporre ad una moneta od altra simile lastretta o piattino d'argento una piastretta eguale di zinco, ed a questa un bollettino di cartone, di panno, di pelle, o di simil altro corpo spugnoso, inzuppato d'acqua; poi una seconda lastretta d'argento coperta da un'altra di zinco, e così altre simili coppie metalliche in seguito, e nel medesimo ordine, coll'interposizione fra coppia e coppia del bullettino o conduttore umido qualunque. La figura terza mette sott'occhio un picciolo apparato di questa sorte congegnato a forma di colonna, in cui le lamine o strati d'argento, di zinco, e di sostanza umida vengono indicati dalle lettere iniziali A, Z, u.

Disposte così le cose, non si ha che da far toccare la sommità di questa picciola colonna, ossia l'ultima lastra, al condensatore, mentre il piede o prima lastra è tenuta in mano, ovvero posa sopra un sostegno qualunque non isolante, comunica insomma per mezzo di buoni o passabili conduttori col suolo: la qual comunicazione è qui pure necessaria per le ragioni già sopra addotte (§ XVI). In questo modo acquista esso condensatore, cioè il

piatto collettore (ben inteso che il suo piatto compagno comunichi col suolo) tanta elettricità, quanta ve ne vuole per portarlo alla tensione di $2/60$ di grado se le coppie sono 2, di $3/60$ se sono 3; di $4/60$ se sono 4; e così di $10/60$, di $20/60$ se sono 10, o 20 le coppie ecc., onde poi levato in alto dispiega, supposto che condensi 120 volte, li 4, 6, 8 gradi, li 20, 40, ec.



§ XXII. E' facile comprendere, dopo ciò che si è fatto osservare più sopra (§ VII) per qual ragione sia necessario d'interporre alle coppie metalliche que' strati umidi. Senza di essi, ove cioè si succedessero i suddetti metalli in serie alternata, come negli esempj o tipi espressi nella fig. 2, si vede chiaro, che ogni piastrina di zinco z trovandosi in contatto sopra e sotto a due d'argento aa , e quindi le forze che spingono il fluido elettrico da questo a quel metallo essendo in opposizione, si eluderebbero esse vicendevolmente, in guisa che non avanzerebbe da tal conflitto altro che quella picciola forza, che corrisponde all'azione di una coppia sola, nel caso che la serie cominciasse da un metallo e finisse nell'altro, come nella fig. 2, e niuna forza affatto nel caso che la prima e l'ultima piastra fossero del medesimo metallo.

Così dunque egli è impossibile ottenere un ingrandimento di elettricità, cioè una tensione maggiore di $1/60$ di grado, con soli pezzi di argento e zinco accoppiati, per quanto se ne moltiplichino il numero, e vi vuole per ciò conseguire, per giungere ad una forza elettrica più alta, e corrispondente appunto al numero delle coppie metalliche ben ordinate, vi vuole assolutamente che una coppia comunichi all'altra non immediatamente, ma per mezzo di un terzo conduttore nulla o poco attivo a rincontro di essi metalli, qual è un conduttore di seconda classe, ossia umido (§ IV).

§ XXIII. Neppure con pezzi di tre, o più metalli, senza l'interpolazione di conduttori umidi, riesce di ottenere un tal ingrandimento di elettricità, stante il rapporto che evvi fra tutti i metalli, o conduttori di prima classe, in ordine alla forza con cui questo o quello spinge il fluido elettrico in questo o quell'altro. Per codesto rapporto io intendo, che dato che l'argento es. gr. spinga detto fluido nel rame con forza = 1; il rame lo spinge con forza = 2 nel ferro, il ferro con forza = 3 nello stagno, questo nel piombo con forza = 1, e il piombo finalmente con forza = 5 nello zinco, l'argento lo spingerà nello zinco a cui si applichi

immediatamente con forza = 12. Così accoppiando rame con stagno sarà la forza spingente il fluido elettrico da quello in questo = 5; dal ferro al piombo = 4; dal ferro allo zinco = 9: e generalmente, posto a immediato contatto qualsivoglia metallo con qualunque altro, la forza, con cui viene spinto il fluido elettrico, agguaglia esattamente la somma delle forze del metalli intermedi ossia compresi nell'indicata serie, o *scala graduata* fra quello e questo, cosicchè sianvi o non sianvi tali metalli intermedi nell'apparato da noi composto, si frappongano tutti ai due che ne formano gl'estremi, o alcuno solamente vi entri di mezzo, e in qualsisia ordine o serie, gli è come non se ne frapponesse nessuno, e la forza elettrica, che risulta, è sempre la medesima, nè minore cioè, nè maggiore di quella che si dispiega, ove vengano a contatto immediato il primo e l'ultimo.

§ XXIV. Questo esatto rapporto, questo giusto *tenore*, e regolata degradazione nelle forze elettriche dei metalli, ossia conduttori di prima classe (in cui si comprendono, oltre alcune piriti e miniere, i carboni), ch'io avea scoperto fin dalle prime mie ricerche, e mostrato nelle già citate Memorie, è in vero mirabile e soddisfacente; ma d'altra parte ci toglie di poter costruire un apparato molto attivo, il qual giunga a produrre scosse, scintille, ec. con soli metalli, o corpi di tal seconda classe, il che sarebbe pur desiderabile: quanto bello e comodo riuscirebbe un tale apparato tutto di metalli uniti e stretti insieme a forma per esempio di una verga, di una catena, ec.! Chi sa che un giorno non si giunga a costruire un tale apparato elettromotore tutto solido? Basterebbe trovare qualche conduttore solido abbastanza buono, che fosse però mero conduttore e non motore, o motore ben anche, ma in altro rapporto che quello regolare e graduato, che si osserva ne' metalli; ed interporre quello, invece de' conduttori umidi, fralle solite coppie de' metalli diversi. La cosa mi pare molto difficile, ma non impossibile.

§ XXV. Del resto se il medesimo rapporto si estendesse dai metalli, o conduttori di prima classe, a quelli di seconda o conduttori umidi, neppure coll'interposizione di questi a quelli potrebbesi nulla ottenere; ma fortunatamente non ha luogo, e non si osserva quella legge (come ivi pure mostrai) passando dai detti conduttori e motori di prima classe a quelli di seconda. Dispiegasi sibbene nel contatto di questo o quel metallo con questo o quel conduttore umido qualche forza incitante e movente il fluido elettrico; ma essa è molto picciola in paragone di quella che si dispiega nel mutuo contatto di due metalli abbastanza diversi, come già ho fatto osservare (§ XII); e *non è già in rapporto* coll'azione che quelli esercitano uno sull'altro. Così, per recare un esempio, spingendo l'argento con una forza = 12 il fluido elettrico nello zinco, e il zinco spingendolo per sua propria virtù nell'acqua con una forza = 1, dovrebbe se avesse luogo l'indicato rapporto come per i metalli fra loro (§ XXIII), spingerlo esso argento nell'acqua con forza = 13, eppure non ve lo spinge che con forza = 1 anch'esso, poco più, o poco meno. Non trovasi dunque più tra i conduttori di prima e seconda classe quel rapporto, ossia non vi corrispondono le rispettive forze con giusta norma e tenore, come si osserva per quelli di prima classe tra loro (§ cit.).

§ XXVI. Che se avesse luogo così fatto rapporto, e corrispondente gradazione anche passando da una classe all'altra, ed ambe ne formassero così una sola, è chiaro che a nulla servirebbe l'interporre ad ogni coppia di metalli diversi un conduttore umido, qual egli si fosse, come a nulla serve l'interporre un terzo metallo qualunque (§ XXIII), e che giunto non sarei mai, moltiplicando, tali coppie e strati umidi, ad avere maggior forza di elettricità di quella avea ottenuto da una coppia sola. Se vi son giunto pertanto, se ho potuto costruire

degli apparati che danno segni elettrici tanto più forti, delle scosse gagliarde, scintille ec., è dunque in grazia di questo cambiamento di tenore nel passaggio dalla prima alla seconda classe de' motori elettrici.

§ XXVII. Può domandarsi qui (e la questione è d'importanza), se il rapporto, ossia quella regolata giusta gradazione, che si osserva tra i conduttori di prima classe, riguardo alle rispettive loro forze in qualità di motori del fluido elettrico (§ XXIII) e che manca poi nel passaggio da quella prima alla seconda classe (§ XXV) abbia luogo di nuovo per i conduttori di questa seconda classe tra loro, cioè non sortendo da tal classe. Supposto che avesse luogo, diverrebbe impossibile il costruire un apparato con questi soli, che dispiegasse una forza elettrica di qualche polso, atta a scuotere le braccia, ec., come abbiam mostrato (α XXII, XXIII) esser impossibile costruirlo con soli della prima classe.

§ XXVIII. Eppure, se non l'arte, la natura ha trovato il modo di riuscirvi negli organi elettrici della Torpedine, dell'Anguilla tremante (*Gymnotus electricus*), ec. costruiti di soli conduttori di questa seconda classe ossia umidi, senza alcuno della prima, senza alcun metallo; e forse non siam lontani che anche l'arte vi possa arrivare. Convien dunque dire che l'indicato rapporto e regolata gradazione rispetto alle forze motrici del fluido elettrico non si osservi dai conduttori di seconda classe neppure fra loro, o almeno non abbia luogo per tutti, ma procedan le cose con altre leggi e tenor diverso, almeno riguardo ad alcuni; oppure che debbasì per avventura la seconda classe suddividere, e riconoscerne una terza, in cui i conduttori siano bensì in rapporto fra loro in qualità di motori, come lo sono quelli dentro ciascuna delle altre due classi, ma non lo siano coi conduttori della seconda.

§ XXIX. Potrebbe per avventura questa terza classe di conduttori, e motori tutt'insieme, essere formata da corpi, che contengono bensì qualche umore, ma o coagulato, o incorporato e fissato in modo, che non se lo può facilmente spremere fuori, onde neppure possono dirsi propriamente cotai corpi intrisi o bagnati; quali sono molte sostanze animali, muscolari cioè, tendinose, membranacee, nervee ec., che fresche e recenti si mostrano migliori conduttori dell'acqua stessa, e di altri umori; e potrebbero negli organi elettrici della Torpedine quelle laminette, ossia pellicole sovrapposte le une alle altre in sì gran numero entro ciascuna delle colonnette, che compongono tali organi, potrebbero essere metà d'una, e metà d'altra di tali sostanze conduttrici e motrici dell'accennata terza classe, disposte alternativamente, e interpolate ad ogni paio o coppia eterogenea da uno de' conduttori appartenenti alla seconda classe, da uno strato umido ec. Tale è l'idea ch'io mi formo di siffatti organi elettrici; i quali composti di sostanze tutte conduttrici, a niun altro apparato elettrico possono paragonarsi, fuorchè al mio, il quale imitando perfettamente essi organi negli effetti, vi rassomiglia finanche nella forma.

da J 65 a.

Or dunque si richiede una batteria molto capace, perchè imiti sensibilmente le scariche dell'Elettromotore nella durata fino almeno a un certo segno. Qual debba essere cotesta durata acciò per cariche anche debolissime e non marcabili ai comuni elettrometri si possano avere scosse più o meno sensibili; non possiamo precisamente determinarla, le scariche delle nostre batterie anche più grandi contenendosi ancora entro i termini di un tempo brevissimo: comprendiamo però, che dovendo corrispondere la durata della scarica

alla capacità della batteria ossia alla quantità di fluido elettrico richiesto a formare quella data carica; quanto maggiore sarà dessa capacità, tanto più sensibile riuscirà la scossa oppure per produrne una data tanto più debola potrà essere la carica.

Per dare di tali rapporti una tal quale estimazione all'ingrosso; recheremo alcuni esempj; e cominciando da una batteria di circa 60 piedi quadrati di armatura faremo osservare; che il più breve contatto possibile di un buon arco conduttore, contatto che duri non più o forse meno di un minuto tanto è bastate per la di lui scarica presso a poco compita.

Supponiamo pertanto, che s'impieghi giusto tal brevissimo tempo di 1 min. terzo a compiersi la scarica, di tale batteria; per altre batterie di 10 piedi di armatura, di 4, di 2, di 1, dureranno le scariche circa 10, 4, 2, 1 minuti quarti.

Ciò supposto quale è la carica richiesta per la batteria, o boccia di 1 solo piede di armatura, a far che dia una scossa leggerissima a due diti, che tengansi tuffati nell'acqua di due bicchieri in guisa di far parte dell'arco conduttore? Ho dunque trovato, che per una tale minima scossa che giunge appena alla seconda articolazione di essi diti, nè punto s'estende alla mano, è più che sufficiente la carica di 1 grado del mio elettrometro a paglie sottilissime, che divergono in punta di mezza linea per grado quella che si scarica in un solo minuto quarto. Che se non un dito solo per parte ma due o tre peschino ne' bicchieri, o la mano intiera, divisa così la sensazione neppure questa minima scossa riuscirà percettibile. In qualunque caso essa è sempre di molto inferiore a quella, che vien data da una pila di 60 in 70 gruppi, la cui carica arriva similmente a circa 1 grado dell'istesso elettrometro in ragione di $1/60$ od $1/70$ di grado per gruppo, per ogni coppia cioè di rame e zinco, come ricavo da molte mie sperienze. La ragione di questa grande differenza è, che l'elettromotore non finisce già di scaricarsi come, la boccia, o picciola batteria suddetta, in 1 minuto quarto, ma continua indefinitamente: non è quindi maraviglia, che tante scariche che si succedano, 60 cioè in un minuto terzo eguali a quell'unico della boccia, che compiesi in un minuto quarto facendo altrettante impressioni ne' nostri organi, che per un così breve tempo di cui non possiamo rimarcare la successione confondonsi in una sola sensazione, riesce questo tanto più forte, producesi cioè una scossa dolorosa e in....abile ne' due diti e grave ancora ai pugni, ai gomiti, e fino alle spalle, ove [qualora] si comunichi alle altre parti dell'arco conduttore, non più coi soliti diti, ma con ampia superficie delle mani ben immollate, come tenedole tuffate addentro nell'acqua, o impugnando ben larghe lastre metalliche.

A fare si agguaglieranno però la scossa della boccia, e la scossa della pila, se o questa sia formata di un molto minor numero di gruppi, o elevata la carica di quella ad un grado molto più alta. Ridotta cioè la pila a 4 soli gruppi per cui non giugne la scarica o tensione elettrica, che ad $1/16$ di grado circa, come ho potuto scoprire col mezzo del Condensatore darà pur essa una leggerissima scossa sensibile ai soli due diti, eguale a quella che dà la boccia da 1 piede d'armatura carica ad 1 grado; e innalzata la carica di questa a 16 gradi, se ne avrà una valida scossa fino alle spalle, eguale a quella che dà la pila ben montata e composta di 60 a 70 gruppi.

Or procedendo alle boccie più grandi, o batterie, con una di 2 piedi di armatura la quale impiegherà corrispondentemente non 1 ma 2 minuti quarti a scaricarsi avremo la minima scossa ove sia stata caricata ad $1/2$ grado solamente, a quel segno a cui giunge una pila di 70 a 75 gruppi; carica, che l'elettrometro a paglie sottili non marca già più, se non si ricorre al condensatore; e così poi la forte e valida scossa suddetta ove siasi caricata a 8 gradi. Con una batteria di 4 piedi che pur 4 min. quarti dovrà impiegare a scaricarsi compiutamente,

basterà la carica, se non di $1/4$ di grado, di $1/3$ a produrre la minima scossa, e per la forte, ossia eguale a quella di una pila di 60 a 70 gruppi, la carica di 4 o 5 gradi. Ad una di 10 piedi d'armatura di cui la scarica dee durare da 10 min. quarti, basterà per la minima scossa la carica di $1/6$ o di $1/7$ di grado, e per la potente di circa 3 gradi. Finalmente per la grande batteria di 50 o 60 piedi quadrati di armatura la di cui scarica si prolungherà a 50 e 60 min. quarti, cioè a circa 1 min. terzo, non vi vorrà più di $1/16$ di grado, per la minima scossa, ed 1 grado solo per la scossa potente eguale a quella della migliore pila di 70 gruppi che ha pure la carica o tensione elettrica di 1 grado.

Pr . Tale è il confronto che vuol farsi della pila od elettromotore colle batterie; dal qual parallelo si vede, che per una carica, o tensione elettrica eguale, eguale ancora sensibilmente è la scossa che producono ambedue, quando però la capacità della batteria sia tanto grande, che a scaricarsi tutta impieghi circa un minuto terzo. In tal caso può anche essa batteria colla carica di un sol grado dell'elettrometro a pagliette, od anche con una minore, far scintillare un momento la punta di un sottil filo di ferro, e fonderne un pochetto: (Pr .) Per una più estesa e lunga fusione non basta tale scarica che dura non più di un minuto terzo, non bastano le batterie di 50 o 60 piedi quadrati di armatura; ci vorrebbero di centinaia e migliaia di piedi, onde le scariche avessero a durare non uno ma più minuti terzi, anzi pure alcuni minuti secondi, ci vorrebbero dico, batterie di quasi infinita capacità per imitare questi ed altri stupendi effetti, che ci offre l'elettromotore costruito a dovere, mercè le sue scariche, tanto più a lungo protrate, anzi perenni, de' quali effetti farem qui appresso brevi parole. Pr . Intanto l'eguaglianza degli effetti prodotti, come dall'elettromotore, così dalle batterie cariche all'istesso debolissimo grado; tale perfetta eguaglianza per ciò che riguarda le scosse, e per quello ancora che riguarda la fusione dei fili e fogliette metalliche, portata fino a quel segno, che abbiam mostrato, se non basta a porre in evidenza l'identità del fluido elettrico, e del preteso fluido Galvanico, e a convincere, che niun altro agente v'interviene che quello, domanderò cosa più desiderare si può. Pur io ho ancora a darvi per giunta altre prove, e sono le sperienze, con cui fo vedere a caricare una boccia di Leyden, due, tre, una batteria qualunque, con un semplice e breve tocco fatto ad esse della pila; a caricarle al grado istesso della pila, nè più nè meno (come mi vien indicato dall'Elettrometro, mediante il soccorso del Condensatore, ed anche senza tal ajuto, ove la pila sia composta di un numero grande di gruppi, p. e. di 100, 150, 200, ecc., che fanno alzare a dirittura il mio elettrometro a paglie sottili a $1\frac{1}{2}$, 2, 3, ecc.); con che poi la boccia, le due o tre boccie unite, e la batteria mi danno le scosse corrispondenti a tal grado di carica, e alle rispettive loro capacità. Così è: le scosse che danno esse boccie sono eguali egualissime, sia ch'io le carichi supponiamo a 2 gradi colla macchina elettrica ordinaria, o coll'Elettroforo; sia con una pila di 130 gruppi circa, che marchi pure 2 gradi.

^aNelle opere periodiche del Prof. Brugnatelli

^bQuesto Elettrometro, che ho descritto son molti anni nelle mie *Lettere a LICHTENBERG sulla Meteorologia elettrica*, e che s'assomiglia molto a quello di CAVALLO, avendo sì l'uno che l'altro i pendolini rinchiusi in una boccetta, ec., ne differisce in ciò solo, che questi pendolini, invece d'essere fili metallici nudi terminanti in pallottole di midollo di sambuco, sono fili rivestiti di paglia sottilissima, senza i globetti all'estremità; questo Elettrometro ha il vantaggio, che la sua marcia è molto più uniforme, e i suoi gradi perciò con sufficiente esattezza computabili per tutta la scala. Tali gradi sono marcati dall'innalzarsi, ossia divergere di esse paglie lunghe 3 pollici; ed ogni mezza linea, che si scostano le punte

misura un grado.

^cQuest'altro stromento intieramente di mia invenzione che ho descritto ampiamente, son parecchi anni, e spiegato in una lunga Memoria inserita nelle Transazioni Anglicane, e in altra nel *Journal de Physique* di ROZIER, e nelle già citate Lettere sulla Meteorologia elett. nella *Bibliot. Fis. d'Europa* di BRUGNATELLI, con de' miglioramenti, e correzioni, è conosciuto da tutti i Fisici, ma da pochi inteso a dovere, e usato con tutte quelle attenzioni, che si ricercano per trarne il miglior partito. Niuna meraviglia pertanto, se a molti non riesciranno alcune delle sperienze, che vado a riportare, o non così bene, come riescono a me, e le mostro tutto giorno a chi vuol vederle.

^dApprendosi di tanto le pagliette del mio Elettrometro, che segnino anche solo 2 gradi, cioè si discostino una dall'altra le loro punte una linea (V. Nota *b*), non solamente può l'occhio discernere chiaramente un tale scostamento, e tensione elettrica, ma distinguere anche coi noti artifizj la specie di elettricità, cioè se positiva El.+, o negativa El.-, secondo che un altro corpo electr.+, come un tubo di vetro stropicciato, od electr.-, come un bastone di ceraspagna parimente strofinato, accrescono o diminuiscono quella divergenza de' pendolini. Più patenti poi sono tali segni, ove marcando 3 o 4 gradi divergano le paglie linee 1 1/2, o 2.

Non è quindi necessario ricorrere per tali prove ad un elettrometro più delicato, qual è quello a listarelle di fogietta d'oro (ivi): però servendosi di questo colpiscono assai più i segni, che ne appajono, scorgendosi divaricare le fogliette tanto che le estremità vanno alla distanza di 4, 6, 8 linee, e a battere fin anco contro le pareti della boccetta.

^ePer accennar qui alcuno dei modi, con cui determino tal condensazione, dirò, che faccio delle prove infondendo nel piatto collettore affacciato al compagno, che comunica col suolo, l'elettricità forte di 1, 2 o 3 gradi al più del mio elettrometro a pagliette; procedente però tal elettricità da un'amplissima sorgente, per esempio da una grande boccia di Leyden carica appunto a 1, 2 o 3 gradi; ed osservando quanti gradi poi ne ottenga colla solita manipolazione, alzando cioè esso piatto collettore pel suo manico isolante, e portandolo prontamente al contatto dallo stesso elettrometro; ottenendo per tal modo un'elettricità 100, 150 ec. volte più forte di quelli 1, 2 o 3 gradi, vedo tosto quanto vi è stata accumulata o condensata, cioè 100, 150 volte ec.; i quali gradi allora non potendosi misurare coll'elettrometro a boccetta troppo limitato, convien riportarli al quadrante elettrometro, e sapere in qual rapporto stanno i gradi di quello coi gradi di questo.

^fNelle mie Memorie precedenti trovasi questa scala molto più estesa, comprendendo altri metalli, e semimetalli, solfuri, e miniere, oltre il carbone.

^gIn alcune di quelle sperienze mi era parso che fosse molto minore, e l'avea valutata a 1/200 di grado solamente; ma trovai poco dopo ch'era assai maggiore, e presso a poco quale vien qui indicata.

MEMORIA DEL PROF. ALESSANDRO VOLTA SULL'IDENTITÀ DEL FLUIDO ELETTRICO COL FLUIDO GALVANICO

CONTINUAZIONE DELLA MEMORIA

§ XXX. Resta pertanto provato ad evidenza, che ad ogni contatto di un pezzo di argento o di rame con uno di zinco, e finchè dura tale contatto, conforme si è fatto osservare (§ 19 e segg.), viene spinto il fluido elettrico da quello in questo metallo: nel quale (notisi ciò bene) non rimane già in riposo, impiegandosi a soddisfare qualsiasi di lui appetenza, attrazione, o capacità rispettivamente maggiore, come potrebbe credersi (e come da taluni è stato male inteso ciò che di questo passaggio del fluido elettrico da uno in altro metallo per virtù del semplice loro contatto ho avanzato in tutte le antecedenti Memorie); ma tende continuamente ad uscirne con una forza eguale ad 1/60 circa di grado del mio elettrometro a paglie sottili, siccome l'argento tende con egual forza a ripigliare da altri corpi il fluido somministrato ad esso zinco. Insomma piuttosto che un'attrazione, che tiri il fluido elettrico dall'argento nello zinco pel mutuo loro contatto, vuol dirsi un impulso, qual ei pur sia, che ve lo caccia a forza^a. Tale dunque, e tanta elettricità manifestano, cioè 1/60 di grado di El. *per eccesso* (El. +) il zinco, di El. *per difetto* (El. -) l'argento, stando a tal mutuo contatto applicati, e finchè ci stanno; e a tanto di tensione possono quindi portarla in altri conduttori, o recipienti, cui si faccia comunicare questo o quello di tai metalli accoppiati, mentre l'altro comunica liberamente col suolo, condizione affatto necessaria (§§ V, XVI segg.).

§ XXXI. Questo principio è il fondamento di tutto. Al quale se si aggiunge la supposizione, già non più supposizione, ma verità di fatto, che ad ognuno di tali contatti de' due metalli, riceve il fluido una tale e tanta spinta, che questi impulsi cioè si ripetono per ciascheduna di tali coppie metalliche poste in serie, e perseverano costantemente durando i contatti, come le sperienze han dimostrato (§ XX e segg.) niente più manca per la spiegazione di tutti i fenomeni, che presenta il mio apparato.

§ XXXII. Si spiega particolarmente per tal azione continuata indeficiente come non solamente un condensatore, ma una boccia di Leyden picciola o grande che sia, ed anche grandissima, e fino una capacissima batteria elettrica, si carichino da un tal apparato in pochi istanti alla medesima *tensione* di questo, cioè ad 1 grado circa del mio elettrometro a paglie sottili, ove esso apparato sia composto di circa 60 coppie di zinco e argento, o zinco e rame; a 2 gradi ove sia composto di 120 coppie ec.; giacchè l'apparato colla sua perseverante azione continua a comunicare l'elettricità ad essa boccia o batteria, a infondervi cioè via via fluido elettrico se le tocca coll'estremità sua che ne ridonda, semprechè l'altra estremità che ne scarseggia possa mediante le necessarie comunicazioni risarcirsi quanto bisogna; o viceversa continua a sottrarne, se con questa estremità negativamente elettrizzata le tocca, mentre l'altra gode di opportuno sfogo, ossia comunica

a capace recipiente, in cui versare il fluido accumulato; continua, dico esso apparato elettromotore a comunicare la sua elettricità positiva o negativa a qualsisia recipiente, al condensatore, alla boccia, alla batteria, fino a che la carica vi sia portata ad una *tensione* equilibrata colla sua, finchè cioè la reazione sia eguale all'azione: locchè si compie in pochissimi istanti; rigorosamente però in tempo più lungo a misura che la capacità della boccia, o delle boccie riunite, che ricevono tal elettricità è più grande.

§ XXXIII. Or una boccia di vetro molto sottile, che abbia circa un piede quadrato di armatura, caricata ad 1 o 2 gradi del detto elettrometro a paglie sottilissime, che ne faccia cioè divergere le punta $1/2$, od 1 linea può già dare una scossa, debolissima invero, ma pur sensibile, provocandone la scarica mercè il toccarne l'uncino procedente dall'interna armatura con una lastra di metallo, che tiensi impugnata in una mano ben umettata, mentre un dito dell'altra mano pesca in un vaso d'acqua comunicante per mezzo di altra lamina metallica al tondo, ossia armatura esterna di essa boccia; una scosserella cioè, che prende una o due articolazioni di quel dito intinto^b. Che se facciasi la prova con boccie o grandi giare, pur esse di vetro sottile, aventi 2, 3, 4 piedi quadrati di armatura, e caricate similmente, o con un breve contatto del mio apparato, o colle scintille di un elettroforo, o con macchina elettrica ordinaria, caricate, dico, ad 1 o 2 gradi dello stesso elettrometro a pagliette, la scossa notabilmente più risentita a proporzione prenderà tutto il dito, ed anche forse ambe le mani fino al carpo. Finalmente con una batteria di 10, 15, 20 piedi di armatura riuscirà assai più grave la commozione con la stessa carica di 1 ovvero 2 gradi, e si estenderà al gomito, e per avventura fino agli omeri. Nulla dico dell'effetto che produrrebbero batterie di 60, 100, 150, 200 ec. piedi quadrati caricate con apparati di 200, 300, o più coppie metalliche, e quindi a più di 3, 4, 5 gradi, perchè non ho ancora sperimentato con elettromotori e batterie così grandiosi: del resto è facile predire che se ne avrebbero scosse tanto più valide ec^c.

§ XXXIV. Convieni, perchè riescano queste sperienze colle boccie di Leyden, e massime colle batterie di portata, che non vi sia fra i conduttori delle medesime che debbono comunicare fra loro, nè fra questi e le rispettive armature, la minima interruzione; giacchè altrimenti non potrebbe effettuarsi a dovere nè la carica, nè la scarica, essendo tale carica, che arriva ad 1, o 2 gradi solamente dell'elettrometro a paglie sottili, tanto debole, che non può lanciarsi all'intervallo di $1/60$ e neppure forse di $1/600$ di linea, ossia spezzare una lamina d'aria di tale grossezza, come mi sono con apposite sperienze assicurato^d nè superare qualsiasi altro equivalente ostacolo. Di qui viene che fino le catene metalliche formate di più anelli, ed anche di pochi, se non siano molto tese, arrestano la scarica, o almeno non la lasciano passare abbastanza liberamente per produrre la scossa, arrestano, dico, o ritardano la scarica della boccia o della batteria elettrizzata a così debole grado, come arrestano o ritardano quella della Torpedine^e e del mio nuovo apparato, che tanto vi rassomigliano, l'impediscono cioè i piccolissimi intervalli fra anello ed anello, o qualche patina che li ricopre e toglie l'immediato contatto metallico.

§ XXXV. Quindi anche i conduttori imperfetti, come l'aria diradata eziandio al sommo, il vetro rovente, e la fiamma stessa (la quale non è già un buon conduttore, siccome si è veduto), i legni, le pelli, ed altri corpi non molto umidi, se non impediscono del tutto, difficultano almeno e ritardano tale scarica, tanto che non si ha una scossa sensibile. Così

è; l'interposizione dai migliori conduttori di una fiamma viva anche per una sola mezza linea, toglie di sentire la scossa, sia da una grande boccia o batteria elettrica, sia dal mio apparato elettro-motore, ne' quali la *tensione* arrivi a pochi gradi solamente dell'elettrometro a pagliette^f comunque lasci tragittare essa fiamma, ma lentamente, il fluido elettrico tantochè con un poco più di tempo si accumula nel condensatore in quantità sufficiente, per dar indi i soliti segni all'elettrometro, come ho più volte sperimentato.

§ XXXVI. Ed ecco così spiegata naturalmente la cosa: ecco tolta l'obbiezione che la fiamma, ottimo conduttore dell'elettricità, qual si pretendea (ma che tale poi non è), pur non lo sia, o sembri non esserlo, dell'agente galvanico: ecco infine dimostrato, che tutto procede del pari per le boccie o batterie elettriche, e per il nuovo mio Apparato elettro-motore.

§ XXXVII. Così non dee più far meraviglia che una carta sottilissima interposta ad ottimi conduttori, la pelle asciutta del nostro corpo, e fin l'epidermide delle foglie verdi, bastino ad impedire la scossa che dovrebbe dare, o il detto Apparato, o la batteria elettrica, e che danno poi ove tal carta, o pelle, trovinsi umettate a dovere. Non dee insomma far meraviglia, che cariche cotanto deboli non possano vincere la più picciola coibenza, e che i conduttori di lor natura molto imperfetti, o trattengano o ritardino assai il corso al fluido elettrico spinto con forza troppo debole, qual è quella che manifestasi con 1 grado o 2 di *tensione*.

§ XXXVIII. Ma nasce qui invece un'altra difficoltà. E come mai, dirassi, può una carica elettrica cotanto debole, e la di cui scarica non succede alla minima distanza visibile ma solo può elicersi coll'addurre degl'ottimi conduttori al contatto, o quasi a contatto, come può tal meschinissima carica eccitare sì potente scossa? Questa difficoltà, comune parimenti alle grandi boccie o batterie, agli amplissimi conduttori, e ai miei nuovi apparati elettro-motori, mi propongo ora qui di togliere in un modo, che dovrà soddisfare chiunque voglia meco ben ponderare le cose, che vado ad esporre. Ma prima mi giova far osservare, che una tal difficoltà non milita dunque contro l'identità del fluido elettrico e del galvanico, ossia di quello che è messo in giuoco de' detti miei apparati; giacchè è comune e a questi, ed alle grandi boccie o batterie; che ho quindi avuto ragione di dire nel primo annunzio che diedi di tali apparati alla Società Reale di Londra nel mese di Marzo del 1800, che le scosse prodotte da' medesimi sono simili, dell'istessa natura e polso di quelle delle *grandi batterie elettriche debolissimamente cariche*, supplendo, come in queste, così e meglio ancora in quelli, alla poca intensità, onde è spinto il fluido elettrico, la grandissima quantità del medesimo, che passa in una corrente continua per molti istanti successivi.

§ XXXIX. Si è creduto di spiegare sufficientemente come e perchè una batteria, od una boccia di Leyden di gran capacità, caricata a un grado debolissimo produce una forte scossa, quale non è prodotta da una picciola boccia caricata al medesimo grado, si è creduto di spiegar ciò in una maniera soddisfacente col dire semplicemente, che gli è perchè la capace boccia o batteria scarica *in un istante* una più grande quantità di fluido elettrico che la boccetta, e precisamente una copia tanto più grande, quanto ella ha più di capacità. Ma non si è fatto attenzione che questo termine *in un istante* non è rigorosamente giusto, che egli è anzi assolutamente falso, se si intende un momento indivisibile. Egli vi abbisogna sempre di un tempo finito per una scarica qualunque: che è quanto dire, essa

deve durare un certo tempo: quantunque questo tempo possa essere, e sia infatti per le scariche ancora delle più grandi boccie o batterie, brevissimo, e tale che difficilmente potremmo noi misurarlo, tale insomma, che ci sembra un istante. Or questo tempo, questa durata della scarica debbe tirare più in lungo a carica eguale (al medesimo grado cioè dell'elettrometro) per una grande che per una piccola boccia, e tanto appunto più in lungo, quanto la capacità dell'una, e quindi la quantità di fluido elettrico che forma una tal carica, supera la capacità dell'altra; giacchè a carica eguale *la tensione elettrica*, e per conseguenza la velocità con cui il fluido elettrico viene spinto, e deve scorrere scaricandosi, è la medesima. Per tal modo, supponendo che la capacità sia 10 volte più grande, siccome ha bisogno in questo caso io volte più di fluido elettrico per portarvi la carica al dato grado, così parimenti vi bisognerà 10 volte più di tempo acciò la scarica di tutto questo fluido si compia colla *tensione* e velocità data. Così è: per l'istessa ragione che vi va 10 volte più di tempo circa a caricare questa boccia, che ha 10 volte più di capacità, a caricarla, dico, a un dato grado, con una macchina elettrica di un'attività data e costante, di quello ci vada a caricare una boccetta, la quale non abbia che 1 di capacità; ci andrà pure 10 volte più di tempo per compirne la scarica, che fassi con una *tensione* data.

§ XL. Non è dunque vero, che le boccie e batterie di una grande capacità versino collo scaricarsi una *più grande quantità* di fluido elettrico *in un istante*, ossia nel medesimo tempo che le piccole e di ristretta capacità, cariche le une e le altre al medesimo grado dell'elettrometro. Elleno non ne versano che la medesima quantità pel primo istante (attesochè la *tensione* elettrica, e quindi la velocità della corrente di questo fluido, è la medesima per le grandi boccie come per le piccole nella nostra supposizione); ma la scarica delle grandi, ossia molto capaci, dura più istanti che quella delle piccole boccie. Non v'ha dubbio: la scarica delle prime impiega più tempo; ella si estende, per così dire, a molte scariche successive, quantunque si compia ancora in un tempo cortissimo, tale che a noi pare un istante, come già si è detto (§ prec.).

§ XLI. Ciò ritenuto, parrebbe che una boccia di Leyden grandissima non dovesse dare una più forte commozione di quello faccia una boccia mezzana, o piccola, caricate al medesimo grado dell'elettrometro, s'egli è pur vero che la medesima quantità di fluido elettrico viene a versarsi sì dall'una che dall'altra *in un istante*; giacchè il fluido elettrico essendo animato egualmente, sollecitato dalla medesima tensione, spinto in una parola colla medesima velocità, tanto dalla picciola boccia quanto dalla grande, cariche ad egual grado di *tensione*, dovrebbe urtare o scuotere ugualmente nell'uno e nell'altro caso la persona attraverso di cui si scarica. E di vero la corrente elettrica non è ella eguale in tali casi, o vogliam dire, non passa la medesima quantità di fluido elettrico in un dato tempo? Ciò è, che abbiamo stabilito, posta la *tensione* di carica eguale, vale a dire al medesimo grado dell'elettrometro. Come va dunque che la scossa è più forte quando viene da una boccia più grande, o da una batteria; e tanto più forte, quanto questa boccia o batteria ha maggiore capacità? Ciò viene da che la scarica è prolungata, cioè a dire che la corrente elettrica dura un tempo tanto più lungo, quanto la dose di fluido che forma la carica di detta grande boccia o batteria supera la dose che forma la carica della picciola boccia, portate al medesimo grado dell'elettrometro l'una e l'altra.

§ XLII. Si avrà forse della pena a credere che la forza della commozione sia dovuta alla continuazione del torrente elettrico, alla sua durata per un certo tempo, sembrando che

siffatte commozioni elettriche, siccome le scariche delle boccie di Leyden che le producono, siano istantanee, ed essendo sempre state riguardate come tali. Ma ben riflettendo si comprenderà tosto che niente si può effettuare assolutamente in un istante indivisibile; e che in particolare la corrente di fluido elettrico prodotta da una scarica qualunque, deve in ogni caso durare un certo tempo, un tempo finito; comechè questo tempo possa essere cortissimo, e non misurabile coi nostri mezzi, come si è già detto (§ XXXIX e seg.). Ora la cosa procede giusto così: il tempo che dura il torrente elettrico prodotto dalla scarica di una grande batteria, per esempio di 40, 60, o più piedi quadrati di armatura, caricata a 1 o 2 gradi del mio elettrometro a paglie sottili, scarica che può dare una assai forte commozione alla persona, cui questo torrente attraversi (§ XXXIII), un tal tempo non arriva sicuramente ad $1/20$ di secondo, e forse neppure ad $1/50$, o ad $1/100$ ^g. Non ostante si concepisce che può durare, e la ragione ci persuade, che dura effettivamente 100 volte più che il torrente prodotto da una boccia carica ugualmente ad 1, o 2 gradi, ma la cui capacità sia 100 volte più picciola. Or bene; egli è a cagione di questa durata troppo corta di un torrente elettrico eguale altronde in velocità, che la scossa riesce insensibile, o quasi insensibile con tal picciola boccia; laddove ella è non solamente sensibile, ma fortissima; allorquando un torrente della medesima forza o velocità dura 100 volte più, provenendo dalla batteria di una capacità 100 volte maggiore, da una batteria caricata del pari a 1, o 2 gradi soltanto del mio elettrometro a pagliette.

§ XLIII. Questo tiene infine alla natura, e disposizione dei nostri organi, i quali, per essere affetti sensibilmente da un agente qualunque, hanno bisogno d'essere sottoposti alla di lui azione per qualche tempo, e sì per un tempo più o men lungo, secondo la natura d'esso agente e il suo grado di attività; e secondo ancora l'eccitabilità propria a ciascun organo. Gli è così che voi non provate punto di impressione sensibile pel contatto passeggero e momentaneo di un ferro caldo, che vi brucierà le dita ove duri alcuni istanti. La cosa è molto più marcata allorchè l'agente applicato ad alcuno de' nostri organi, o sensi, è poco energico, come quando si applica alla lingua una sostanza leggermente sapida, alla pelle un liquore debolmente caustico, ec., giacchè non si risente il sapore, e il dolore, che dopo alcuni istanti: vi bisogna dunque per eccitargli un'azione continuata per un certo tempo. La necessità di una tal continuazione di azione è ancora più osservabile allorchè (per riaccostarci al nostro soggetto) si vuol eccitare coll'apparecchio elettro-motore quella specie di pungimento, e di dolor cocente, che si sente facendo toccare una delle estremità di esso apparecchio (segnatamente quella che manifesta l'elettricità negativa)^h alla punta del naso, alla fronte, o ad un'altra parte del volto; giacchè se detto apparecchio non è troppo attivo, s'egli non è composto che di 20 coppie metalliche incirca, il bruciore non comincia a farsi sentire, se non dopo che il contatto ha durato alcuni secondi.

§ XLIV. Egli è ben lungi, che l'azione elettrica, o la corrente di fluido prodotta o da una scarica di Leyden, o da uno de' miei apparecchi debba durare sì lungo tempo per eccitare ciò che si chiama la *commozione*: questa non è sì tarda a comparire come l'anzidetta sensazione di dolore; al contrario è molto pronta. Noi abbiam detto (§ XLII) e l'esperienza lo dimostra, che non richiede forse più di $1/20$ di $1/50$, di $1/100$ di secondo, o meno ancora, cioè di quel tempo che impiega la scarica di una grande batteria caricata ad 1, ovvero 2 gradi: che un sì corto spazio di tempo basta per dare una scossa assai forte. Ma sempre sta che vi vuole un qualche tempo; e che un istante indivisibile non basta, e neppure un tempo

finito eccessivamente corto, com'è quello che impiega a scaricarsi una boccia 100 volte meno capace, caricata similmente ad 1 ovvero 2 gradi soltanto (§ ivi), tempo, che non arriva forse ad $1/2000$, ad $1/2000$ [*sic!*] o $1/10000$ di secondo.

§ XLV. Coerentemente a ciò che veniamo di far osservare, si può, paragonando la scarica della grande giara o batteria colla scarica della boccetta 100 volte meno capace, si può, dico, considerare la prima come la ripetizione di 100 scariche eguali a quella della boccetta, scariche le quali si succedono e colpiscono la persona 100 volte di seguito: e siccome tutti questi colpi replicati si succedono cotanto rapidamente, cioè nello spazio di $1/50$, di $1/200$ di secondo o meno, si può riguardargli, sendo così prossimi gli uni agli altri, come riuniti e confusi in un sol colpo, che si fa sentire per tal guisa 100 volte più forte. E' cosa ben sicura che le impressioni portate sopra i nostri organi non si estinguono all'istante, ma durano qualche tempo. Quando dunque e le prime impressioni sussistendo ancora, ne sopravvengono delle altre in seguito, tutte queste impressioni si accumulano, per così dire, e ne risulta un'impressione altrettanto più viva ed energica.

§ XLVI. Concludiamo, che la durata della scarica, o della corrente elettrica, proporzionale alla capacità dei recipienti, supplendo alla debolezza, o picciola *tensione* della carica, possono ottenersi delle forti scosse, per debole che sia cotesta carica, fosse ella ancora di $1/2$ grado, di $1/4$, di $1/10$ del mio elettrometro a paglie; purch'ella si trovi posseduta da recipienti proporzionalmente più grandi (come sarebbero delle batterie di 100, 200 ec. piedi quadrati di armatura), affine che il torrente prodotto dalla scarica abbia una durata tanto più lunga (quantunque non ancora misurabile a' nostri sensi).

§ XLVII. Egli è facile al presente di fare l'applicazione di ciò che abbiamo fin qui considerato, al mio apparecchio. Se una batteria elettrica, caricata ad 1 o 2 gradi dell'elettrometro a paglie, può dare una buona scossa, allorchè avendo 10 piedi quadrati di armatura (§ XXXIII) ella produce colla sua scarica una corrente di fluido elettrico che, dura $1/50$, $1/100$ di secondo, o meno (§ XLII); e se avendo 40, 60, 100 piedi, ella dà, per la medesima carica di 1, o 2 gradi, la quale si scaricherà per conseguenza in un tempo altrettanto più lungo, cioè di $1/400$, di $1/600$, di $1/1000$ di secondo, dà dico delle scosse altrettanto più forti (§§ XXXIII, XLI), e cosa non dobbiamo aspettarci da' miei apparecchi elettro-motori, i quali siano composti di 60 a 120 coppie di rame e zinco, tanto cioè da manifestare anch'essi 1 in 2 gradi di *tensione*? Che non dobbiamo aspettarci da questi apparecchi, considerando, che il torrente elettrico eccitato da essi, in luogo di durare soltanto per qualche frazione picciolissima di minuto secondo, è continuo, e indeficiente? Cosa non dobbiamo aspettarci, ripeto, da questi apparecchi, che in un istante quasi caricano a 1, 2, 3 gradi, secondo che sono essi composti di 60, 120, 200 coppie metalliche ec. le giare, e le batterie più grandi, e le portano così allo stato di dare delle potenti scosse, come abbiam veduto? È egli sorprendente che possano darne di ugualmente forti, o più ancora, essi medesimi? Deve anzi far meraviglia, che non lo diano ancora più forti e più violente di molto, che alcuna delle più grandi batterie caricate al medesimo grado di tensione; giacchè, riguardo alla durata del torrente elettrico, debbono paragonarsi questi apparecchi, che sono *elettro-motori perpetui*, alle batterie di una grandezza immensa, o la di cui capacità sarebbe infinita.

§ XLVIII. Lungi pertanto dal maravigliarci della forte commozione, che eccitano con una

tensione elettrica assai debole i miei apparecchj, la di cui capacità altronde può considerarsi come infinita, avendo riguardo alla durata della scarica, che è interminabile; dobbiamo piuttosto rintracciare la causa perchè non riesca ancora più forte tale commozione, e non superi di lunga mano quella della batteria la più grande che mai costruire si possa, caricata al medesimo grado; la di cui capacità sarebbe sempre finita, e la scarica limitata quindi a un tempo più o men corto; laddove interminabile è quella, ripetiamolo, de' detti apparati elettromotori. Ma conviene osservare primieramente che la durata della scarica, ossia del torrente elettrico, oltre un certo tempo, che non è già lungo, che non arriva forse a 1/10 di secondo, non serve più ad accrescere o rinforzare la composizione. Non è che dentro certi limiti, i quali sarebbe difficile di determinare, che è riposta la continuazione dell'azione sopra i nostri organi. Gli urti e colpi che questi ne ricevono, colpi reiterati che si succedono senza interruzione, confondonsi in certa maniera in un sol colpo, come ho cercato di spiegare qui sopra (§ XLV). Durando dipiù, oltrepassando per esempio 1/10 od 1/8 di secondo, cominciamo a distinguere la durata della sensazione dall'intensità. Così continuando la corrente elettrica a stimolare l'apice della lingua, continua pure è la sensazione di sapore, continuo e crescente il bruciore sulla fronte, sul naso, o su altre parti delicate, se queste seguitino ad essere invase dal torrente elettrico di un apparecchio abbastanza forte¹.

§ XLIX. Avvi un'altra ragione per cui l'apparecchio, sia a colonna, sia a corona di tazze, non dà la commozione tanto valida, quanto aspettarcela potremmo dall'azione incessante di tal apparecchio, dalla scarica elettrica cioè continuata senza fine. Questa ragione è che gli strati umidi interposti a ciascuna coppia metallica riescono di un notevole ostacolo alla corrente elettrica, cioè la rallentano non poco, essendo essi conduttori imperfetti, come indicato già abbiamo, (nota ai §§ XLII e XLVII), i liquori salini assai meno a dir vero, dell'acqua semplice, ma pure imperfetti anch'essi in un grado considerabile.

§ L. Concludiamo da tutte queste osservazioni che le scosse prodotte dai miei apparecchi elettromotori ben lungi d'essere troppo forti, comparativamente al grado di *tensione* elettrica che si manifesta in essi, come potrebbe sembrare a prima giunta, o a chi non ponesse mente alle riflessioni sopra esposte ne' §§ XXXVIII e seg., sono anzi molto meno valide di quello dovrebbero essere in vista di tali riflessioni; e ciò per le ragioni accennate ne' due ultimi §§ (XLVIII, XLIX). Ma ritorneremo ben presto su questo proposito.

§ LI. Farò qui osservare intanto che diverse esperienze riportate più sopra dimostrano che questi apparecchj, malgrado una *tensione* elettrica sì debole, che non arriva per avventura ad 1 o 2 gradi del mio elettrometro a paglie sottili, forniscono nulladimeno una quantità ben grande di fluido elettrico in pochissimo tempo; potrebbe quasi dirsi in un istante, una quantità invero prodigiosa. Son queste le sperienze medesime colle quali si riesce a caricare delle grandi boccie di Leyden, e fino delle batterie di molti piedi d'armatura, mediante il più corto contatto possibile d'uno di questi apparecchj elettro-motori, un contatto, che non dura un 1/50 od 1/200 di secondo (§ XLII e nota); e si arriva a portarvi la carica alla medesima tensione che ha l'apparecchio, cioè di 1, 2, 3 gradi: carica, cui giungerebbe appena a dare una buona macchina elettrica con alcuni giri del suo globo o disco, e quindi nel tempo di parecchi secondi; o pure un buon Elettroforo con 20, 30, 40 delle sue scintille. Sarebbe infatti una macchina ben buona e possente quella, che caricasse nel tempo di 1 secondo una boccia di un piede quadrato di armatura fino a 5 gradi di un

buon quadrante elettrometro, che corrispondono a 60 gradi circa del mio a paglie sottili (v. nota 1^a al § XXXIV); e la quale caricherebbe quindi ad 1 solo di questi ultimi gradi nel detto tempo di un minuto secondo una batteria di 60 piedi quadrati. Certamente sarebbe una macchina molto possente quella che facesse tanto. Ora i miei apparecchj fanno anche di più in men tempo assai: essi caricano una tale batteria, ed eziandio delle più grandi, ad 1, 2, 3 gradi, secondo che sono essi apparecchj composti di 60, 120, 180 coppie metalliche (in ragione cioè di 1/60 di grado per coppia) in quanto tempo? In 1/20, 1/50, 1/100 di secondo, e forse più prontamente ancora. Egli è visibile da ciò che i miei apparecchj forniscono molto più abbondantemente che la migliore macchina elettrica; voglio dire che ad ogni istante tramandano e fanno passare maggior quantità di fluido elettrico in un recipiente di grande capacità, od in un circolo conduttore, di quello far possa codesta macchina: che insomma il torrente elettrico eccitato e mantenuto dai detti apparecchj, è più grande, più copioso di quello che può eccitare e mantenersi da una macchina elettrica la più grande e la meglio costrutta.

§ LII. Questa conclusione inaspettata sorprenderà forse e sembrerà paradossa a molti: (a quelli singolarmente che o nulla affatto o appena qualche segno elettrico aveano intraveduto ne' miei apparecchi, onde poco o niun conto stimarono doversene fare, prevenuti altronde per un altro immaginario agente, o così detto *fluido galvanico*): essa però non lascia d'esser vera a tutto rigore, ed è resa evidente non solo dalle addotte sperienze, ma da altre ugualmente incontestabili. Essa spiega altronde assai bene e naturalmente come i medesimi apparecchj valgano a produrre certi effetti, o a portargli ad un più alto grado di quello possano le macchine elettriche ordinarie: quali effetti sono la decomposizione dell'acqua, e la termossidazione de' fili metallici che vi pescano, la fusione dei medesimi all'aria, la combustione di quelli del ferro ec. Per comprenderne la ragione basta concepire, che vi abbisogna un torrente di fluido elettrico molto abbondante, al segno che questo fluido ristretto coartato al sortire da uno de' fili metallici, e passare nel-l'acqua, la quale come si è detto (note ai §§ XLII, XLVII e XLIX), è conduttore molto imperfetto, od all'entrare da questo liquido nell'altro filo parimenti metallico, lacera, per così dire, codesto liquido, ossia scompagina e decompone le di lui particelle, sulle quali porta la sua azione, quelle particelle che in picciol numero toccano esso filo; basta, dico, concepire che per cagionare tali decomposizioni chimiche fa d'uopo d'un torrente elettrico molto copioso e continuato; e ritenere che un tal torrente vien fornito e mantenuto molto meglio dagli apparecchi elettro-motori di cui si tratta, che non una macchina elettrica ordinaria, e sia pure delle più potenti, come si è veduto (§ precedente).

§ LIII. Ho per altro creduto sempre che anche colla semplice corrente prodotta dal giuoco d'una buona macchina elettrica comune si potrebbe per avventura giugnere ad ottenere questi medesimi effetti (i quali altronde si erano già ottenuti colle scariche di Leyden^m; ond'è che invitato io avea particolarmente il Dott. VAN MARUM a farne la prova colla sua grande macchina del Gabinetto di TEYLER. In oggi veniamo a sapere che la cosa è stata verificata in Inghilterra: è riuscito a taluno di quei Fisici di svolgere dall'acqua delle bolle di gas flogogene e di gas termossigene per mezzo della semplice corrente elettrica di una macchina ordinaria; la qual corrente resa continua col giuoco sostenuto di essa macchina, veniva obbligata ad attraversare un picciolo strato d'acqua sortendo od entrando per una sottilissima punta metallica, affine di concentrarvi tutta la forza.

^aLe prime mie sperienze, colle quali ottenea segni all'elettrometro da un piattello di metallo qualunque posto a combaciamento di un altro metallo diverso, e quindi staccatone, sperienze descritte ampiamente nelle Lettere a GREN, e ad ALDINI, pubblicate le prime fin dal 1797 in questi annali, e ricordate qui sopra (§ II), poteano per avventura lasciar dubbio, che il zinco per esempio prendendo del fluido elettrico all'argento, lo prendesse solo, e tanto solo quanto corrispondesse ad una certa qual sua appetenza, ossia bisogno di saturarsene in certo modo, e che amasse quindi ritenerlo, nè se ne mostrasse aggravato, ossia carico sopra il naturale suo stato, elettrico quindi per eccesso, se non dopo staccato dall'argento, da cui avea tratto tal dose di fluido. Io però non pensava così; ma bene, che durante ancora il suo accoppiamento coll'argento tendesse esso zinco a cacciar fuori d'altra parte il fluido elettrico ricevuto, o che andava ricevendo da quello, a sgravarsene cioè versandolo ne' conduttori umidi, con cui avesse comunicazione: e così che l'argento tendesse a tirarne se sè dagli stessi, o da altri conduttori umidi, per risarcirsi di quello già da lui versato, o che andava versando nello zinco; con che venisse poi a formarsi, ove fosse compito il circolo conduttore, quella corrente continua di fluido elettrico, che ho sempre sostenuta, quella corrente che producea a mio avviso tutti i fenomeni dell'in allora mal supposta elettricità animale, ossia di quello che anche in oggi vuol chiamarsi *Galvanismo*. Ora le sperienze, con cui ottengo segni sensibili all'elettrometro da due metalli diversi accoppiati, mentre, e per tutto il tempo che stanno effettivamente congiunti (§ 5 e segg.), e ne ottengo di tanto più forti dal nuovo apparato a colonna, a corona di tazze, ec. quanto maggiore è il numero de' metalli diversi permanentemente accoppiati, e disposti in giusta serie (§ 20 e segg.), queste sperienze pongono la cosa fuori di dubbio, e confermano nella più bella maniera le mie antiche idee.

^bFarò osservare qui che con questa maniera, la più acconcia a far sentire le picciolissime scosse, ne ottengo la minima, cioè una appena appena sensibile al dito mignolo, dalla giara di 1 piede quadrato di armatura, pur che sia di vetro ben sottile caricata a 1/2 grado; ed una parimenti minima dalla mia batteria di 10 piedi quadrati caricata ad 1/8, ed anche a 1/10 solamente di grado: le quali debolissime cariche ben si comprende che non possono manifestarsi nè all'elettrometro mio a paglie sottili, nè a quello pure di BENNET a listerelle di foglietta d'oro, se non coll'ajuto di un buon condensatore.

^cAl tempo che stesi, e lessi all'Istituto Nazionale di Francia (in Novembre cioè del 1801) la presente Memoria, non avendo ancor potuto procurarmi delle più grandi batterie costrutte colle attenzioni richieste, avea fatte delle prove soltanto con picciole, e al più di 10 piedi quadrati di armatura, ch'io mi era costrutte in mia casa a Como alcuni mesi prima. Or questa batteria di 10 piedi caricata con uno de' miei apparati a colonna di circa 120 coppie di rame e zinco, mi dava una abbastanza forte commozione fin oltre al gomito. Intanto il Dott. VAN MARUM da me eccitato a sperimentare più in grande, faceva le sue prove in compagnia del Prof. PFAFF con una batteria di circa 150 piedi quadrati di armatura, che caricava con varie pile, fino con una di 200 coppie, e ne avea scosse molto più gagliarde, non perb tali ancora quali mi sarei aspettato, e quali ottenute si sarebbero, se fosse stata meglio costrutta la batteria stessa, e soprattutto il vetro delle giare più sottile.

^dQueste sperienze, per cui ho congegnata a bella posta una macchinetta, che serve benissimo anche ad altre investigazioni, mi hanno mostrato: che per la scarica ossia per il salto della scintilla fra due palle metalliche di un pollice circa di diametro ad 1 linea di distanza, vi vuole che la carica tanto di un semplice conduttore, quanto di una boccia picciola o grande, ed anche grandissima, giunga a 12 in 13 gradi di un elettrometro di HENLY, ossia quadrante elettrometro, reso più leggiero dei comuni, e per altri riguardi da me perfezionato, colle debite correzioni alla scala, onde averne i gradi esattamente comparabili, che per il salto della scintilla di 2, 3, 4 linee vi vogliono proporzionatamente da 25, 34 1/2, 50 gradi di carica; e così 6 gradi solamente, o poco più per il salto di 1/2 linea, 3 g. per quello di 1/4 lin. ec., insomma, che la distanza a cui può giungere la scintilla, ossia farsi la scarica, è in esatta o quasi in esatta proporzione col grado di elettricità che segna l'elettrometro corretto, almeno dentro gl'indicati limiti. La qual cosa è invero molto rimarcabile, come lo è più ancora che la lunghezza del tiro della scintilla per equal grado dell'elettrometro non differisca notabilmente, qualunque sia la capacità del recipiente che porta la carica, o picciola cioè di un semplice conduttore, o grande di una boccetta di Leyden, o grandissima di un'ampia giara, o di molte unite in una batteria, conforme abbiamo già accennato: così dunque tanto lanciarsi la scintilla a due linee di distanza, e non più, da una batteria carica a 25 gradi del quadrante-elettrometro, la qual carica importa una grandissima quantità di fluido elettrico; quanto da una sola mediocre o picciola boccia, od anche da un semplice conduttore, la cui carica, segnando ugualmente all'elettrometro 25 gr. è formata da molto minor copia di fluido. Ora 1 grado di quel quadrante-elettrometro valendone circa 12 dell'altro mio a paglie sottili, come da molti confronti fatti ho potuto rilevare, risultano 150 gradi di questo elettrometro per la scarica che può farsi ad 1 linea di distanza: e ritenuta la giusta proporzione sopraindicata per un sol grado di carica a questo stesso elettrometro (cioè 1/2 linea che si aprano le punte delle pagliette) ad 1/150 di linea potrà giugnere la scarica, e non più; per 2 gradi ad 1/75 lin. ec. ^eIl Sig. CAVENDISH nella sua egregia memoria (inserita nelle Transazioni Anglicane per l'anno 1776), in cui paragona appunto la scarica elettrica della torpedine a quella di una grande batteria caricata debolissimamente, per ciò che dall'una, come dall'altra, una grandissima copia di fluido elettrico si scaglia con una picciolissima intensità, ha mostrato come si possono

imitare appunto con una grande batteria carica ad un debolissimo grado, tutti gli accidenti della scossa della Torpedine, e segnatamente quelli di non trasmettersi essa commozione per archi conduttori aventi la più piccola interruzione, di non eccitare quindi scintilla visibile, di non produrre movimenti elettrometrici, ec.

^fLe prove, che ho fatte a questo oggetto mi hanno mostrato, che acciò la fiamma traduca la scossa di una boccia o batteria, vuol essere la carica più di 20 o 30 gradi del detto mio elettrometro.

^gQuando tengo ben impugnata in una mano umida una larga lastra di metallo annessa alla base di una buona pila, e porto il vertice di questa al contatto del conduttore procedente dalle armature interne della mia batteria ottimamente disposta per così caricarla, se nel medesimo tempo comunico coll'altra mano parimenti umida colle armature esterne, all'atto di tale carica ne rilevo in ambe le mani una scossa, prodotta, come si comprende, dalla copia di fluido elettrico che viene estratto da una faccia delle bocce componenti la batteria, corrispondentemente a quello che si accumula nella faccia opposta, conforme alla nota teoria delle cariche di Leyden; rilevo, dico, una scossa da quella copia di fluido elettrico, che occorre così attraversando il mio corpo ad un capo della pila, a misura che l'altro capo ne versa nella batteria, e v'induce la carica; scossa, che riesce tanto più forte, quanto più è attiva essa pila, e quanto la batteria è più capace. Dopo questa scossa, che ricevo per un contatto della pila colla batteria, il quale avvegnachè brevissimo, e sensibilmente istantaneo, basta a compiere di questa la carica, a portarla cioè al grado di *tensione* che ha la pila medesima, non ho più altre scosse continuando, o replicando tali contatti; ma bene ne rilevo una eguale, ed anzi più gagliarda, provocando ora dell'istessa batteria la scarica con una semplice lamina metallica egualmente impugnata da una mano senza la pila. Così poi alternando i toccamenti, or colla pila, or colla semplice lamina, ho quante scosse voglio da altrettante cariche e scariche della batteria, ec.

Or la carica che s'induce nella batteria dalla scarica della pila (come vi s'indurrebbe dallo scaricarvi sopra un'altra batteria, ossia compartir a quella la carica di questa), abbiám già detto, ed è chiaro altronde per la scossa assai sensibile che caggiona all'atto stesso che vi si induce, che ciò compiesi in tempo così breve, che può quasi dirsi un istante. La scarica poi di essa batteria si fa in tempo ancora più breve, come indica la scossa più valida anzi che no di tale scarica; e come debb'essere, trovando la corrente elettrica più facile e spedito passaggio per l'arco conduttore formato della semplice lamina metallica e del corpo della persona, che per questo e la pila, nella quale i dischi umidi interposti ai piattelli metallici offrono, per essere conduttori molto meno perfetti (come vedremo meglio in seguito) altrettanti ostacoli al libero corso del fluido elettrico, e lo ritardano notabilmente. Con tutto questo passa esso da un capo all'altro della pila con tanta prestezza, se tali dischi siano ben intrisi di acqua, e meglio assai di qualche buona soluzione salina, e tanto ne passa continuamente, che a versarne nella mia batteria di 10 piedi quadrati di armatura tutta quella dose, che vi vuole per portarvi la carica ad 1, 2, 3 gradi dell'elettrometro a paglie, secondo che essa pila è composta di 60, 120, 180 coppie di rame e zinco, basta un contatto il più breve, ch'io abbia potuto finora effettuare, e la cui durata ho potuto calcolare che non arriva ad $\frac{1}{4}$ di secondo, e basterebbe probabilmente anche molto meno. Il Sig. VAN MARUM infatti portava la carica della sua batteria, otto o dieci volte più capace della mia, all'istesso grado delle sue pile tanto grandi che piccole, con un contatto delle medesime, che giugneva al più ad $\frac{1}{4}$, di secondo (vegg. la sua Lettera a me diretta, ed insorta negli *Annali di Chimica* sì Francesi, che Italiani, e in estratto nell'*Histoire du Galvanisme* di Suë).

Che se i dischi umidi della pila lo sian poco, o trovinsi quasi asciutti, sicchè non possa questa dare, provocandola, che scosse leggieri, od anche insensibili affatto, pel ritardo che soffre la corrente elettrica da tali dischi troppo cattivi conduttori; marcando ciò nonostante essa pila la *tensione* corrispondente al numero e qualità delle coppie metalliche di cui è formata (cioè di 1 grado dell'elettrometro a paglie sottili per circa 60 coppie di rame e zinco, di 2 gradi per 120 coppie, ec.), varrà pur anche a caricare fino ad 1, 2 gradi ec. la batteria; ma si richiederà per ciò un contatto che duri per avventura $\frac{1}{4}$ di secondo, $\frac{1}{2}$, un secondo intiero, od anche più. secondi, come ho più volte sperimentato: e allora, non si avrà scossa alcuna per l'atto di tale carica della batteria, che fassi troppo lentamente; ma bene poi si avrà scaricandola.

^hNon si comprende facilmente la ragione per cui è molto più intenso e vivo il bruciore eccitato dal capo o polo negativo della pila, che dal positivo, quantunque la *tensione* elettrica marchi un egual grado. La differenza è grandissima, riuscendo più cocente il dolore con una pila di 20 coppie metalliche applicata in quella maniera, che con una di 60 applicata in questa.

ⁱNelle sperienze di VAN MARUM sopraccitate (nota seconda al § XXXIII) una batteria di 1341/2 piedi quadrati di armatura, caricata col contatto di una colonna di 200 coppie metalliche, dava una commozione, la quale, avvegnachè bastantemente forte, lo era meno della scossa che dava essa medesima la colonna, minore, dico, della metà circa. Vi è pertanto luogo a credere che una batteria di 400, 500, o 600 piedi, caricata al medesimo punto, l'avrebbe data di egual polso che la colonna; e che una batteria più grande ancora, e. gr. di 1000 piedi, portata al medesimo grado di carica della colonna, avrobbe prodotto una commozione più forte che non essa colonna.

Ma come mai potrebbe darsi che la commozione della batteria riuscisse più forte, la carica essendo tutt'al più eguale, ossia portata alla medesima *tensione* di quella della pila? Come mai la pila darebbe essa medesima una commozione men forte che la batteria da lei caricata? Ciò viene da che nella pila la corrente elettrica non è mai del tutto libera, ch'ella vi è più o meno impedita e ritardata dalle interruzioni fra i metalli, cioè dagli strati umidi interposti, i quali non sono abbastanza

buoni conduttori, come già indicammo (nota al § XLII), e come vedremo meglio in seguito; laddove nelle batterie ben costrutte non esistendo nè queste, nè altre cause di ritardo, le scariche si fanno più liberamente.

Così è: il fluido elettrico trova impedimento e ritardo nel suo corso, quand'anche i cartoni o panni interposti alle lamine metalliche nella pila, siano ben imbevuti d'acqua salata. Che se non lo sono a dovere, se trovinsi poco umidi, o se invece d'acqua salata sieno intrisi di acqua pura, la quale è conduttore molto più imperfetto, il torrente elettrico sarà tanto più ritardato, e voi dovete aspettarvi una commozione tanto più debole. In questi casi, non solamente la batteria di 400 o 600 piedi quadrati di armatura, ma una di 100, e di 50, ed anche solamente di 20 piedi, o di 10, ricevendo la carica da questa pila, vi darà una commozione più forte che non la pila medesima, o a meglio dire non così debole come questa.

Finalmente, quando i cartoni si troveranno asciugati fino a un certo segno, voi non potrete, più avere da essa pila alcuna commozione sensibile; e nullameno, facendola toccare al condensatore, lo caricherete, presso a poco, egualmente, come se i cartoni fossero ben umidi, e ne otterrete i segni all'elettrometro circa di egual forza; così pure caricherete al medesimo grado una boccia di Leyden, od anche una batteria, dalla quale otterrete la commozione corrispondente alla sua capacità, e al grado della carica, ec., commozione che, come pur ora diceva, voi non ottenete provocando direttamente la pila medesima. Solamente farà d'uopo per compire la carica del condensatore, della boccia, e soprattutto della batteria, che il contatto loro colla colonna duri un tempo tanto più lungo quanto i cartoni di questa si troveranno più asciutti. Non basterà dunque più allora di $1/2$, nè di $1/10$ di secondo; ma vi vorranno $1/2$, 1, 2, 3 secondi, o più ancora. Ho creduto dover aggiugnere qui queste sperienze, e queste osservazioni, che serviranno a spargere più di luce sopra i seguenti §§ della presente Memoria.

!Ciò che accade alle parti sensibili, ai nervi cioè dei sensi, non succede egualmente alle parti dotate della sola irritabilità, ai muscoli, soffrendo questi una volta sola, e per breve tempo, la contrazione che vi cagiona lo stimolo elettrico, per quanto stia applicato ad essi muscoli, o ai nervi influenti sul loro moto, lungamente. Una tal contrazione, dalla quale dipende, nelle sperienze di cui si tratta, la scossa o commozione, succede dunque solta[n]to alla prima invasione del torrente elettrico (e talvolta anche al momento che, rompendosi il circolo conduttore, si arresta tal corrente ad un tratto, o piuttosto per l'istante impedimento che incontra dà addietro, come figurar ci possiamo). Col dire *prima invasione* non intendo già che un solo istante indivisibile produca tutto l'effetto, od uno così grande, come alcuni istanti che formino per es. la durata di $1/10$ o di $1/8$ di minuto secondo: ciò sarebbe contrario a quanto ho sopra avanzato (§ XXXIX e seg.). Intendo dire che la convulsione nè si sostiene nè si rinnova per tutto il tempo di più di quel $1/10$ od $1/8$ di secondo, che continui esso torrente elettrico a scorrere con egual tenore. Per rieccitare le contrazioni muscolari, e quindi le scosse, fa d'uopo cambiare un tal tenore, frenare la corrente, o meglio arrestarla, e rimetterla alternativamente: il che si ottiene col rompere, e chiudere di nuovo il circolo conduttore ec.

Ma quantunque i muscoli dopo la prima volta non vengano più scossi e convulsi violentemente dalla corrente elettrica malgrado il continuar di questa, non è perciò che non sieno in qualche modo essi medesimi, o i loro nervi, affetti durante un tal flusso, e non ne soffrano alterazione. Essi, avvegnachè non visibilmente offesi, ne rimangono dopo qualche tempo in certa maniera paralizzati. Curiosa molto, e rimarcabile è la sperienza di assoggettare ad una siffatta corrente continua, mantenuta da uno de' miei apparecchj discretamente forte, le gambe di una rana dianzi trucidata, facendole entrare nella catena, ossia circolo conduttore, in guisa che tal corrente monti per una e discenda per l'altra gamba. Il miglior modo è di porle a cavalcione di due bicchieri pieni d'acqua collocati nel circolo, ec. Adunque in principio vi si eccitano le più violente convulsioni ogni volta che s'interrompe, e si torna a chiudere detto circolo. Ma restando questo costantemente chiuso, e continuando quindi la corrente elettrica senza interruzione per lo spazio di mezz'ora circa, avviene che non si risentano più, ossia più non balzano quelle sì tormentate gambe, all'aprirsi e chiudersi del circolo come dianzi, talchè sembrano aver perduta ogni eccitabilità. Esse, cioè i loro muscoli o nervi, l'hanno perduta infatti; ma solo in un senso; giacchè se invertasi la corrente elettrica, se si rivolti o la pila o quelle gambe onde si presentino a tal corrente in senso opposto, onde cioè il fluido elettrico monti ora per la gamba per cui discendea, e discenda per quella per cui montava; ecco che di nuovo si scuotono col vigore di prima, od anche maggiore, ad ogni alternativa di aprirsi e chiudersi il circolo. Restando ora le stesse gambe della rana in questa nuova posizione, e mantenendosi la corrente elettrica un'altra mezz'ora circa, perdono i muscoli di dette gambe la facoltà di convellersi in questo secondo stato, ma riacquistano quella di convellersi nella primiera posizione, cioè rivoltate che sieno un'altra volta. E così poi, alternando 10 posizioni di mezza in mezz'ora, od anche più frequentemente si distrugge e si ristabilisce a vicenda una tale relativa eccitabilità quante volte si vuole per tutto un giorao, e più a lungo ancora.

Simili sperienze fatte sopra due diti della mia mano, o d'altro uomo, mi presentarono presso a poco i medesimi fenomeni, i quali sopra le intiere braccia ed altre grandi parti del corpo non furono così marcati. Vi fu però sempre quello di non eccitarsi la forte commozione che al chiudersi il circolo conduttore, e qualche volta un'altra men forte all'aprirsi del medesimo; ma niuna commozione, o scossa propriamente detta durante tutto il tempo, che stava chiuso il circolo, e manteneasi quindi la corrente elettrica. Dico niuna scossa propriamente; giacchè alcune leggiere palpitazioni o subsulti parziali qua e là si osservano talora in questo tempo; e se la pila è delle più forti, composta di 100 o più coppie di argento e zinco, e ben in ordine, si prova per tutto il tempo che dura tal circolazione del fluido elettrico in tutte o in alcune delle parti

che esso attraversa un certo, fremito, o stupore, un senso di costrizione più o meno molesto, che riesce fino insopportabile, oltre il dolor vivo pungente nelle parti delicate, cui si applichi in pochi punti il conduttore.

Non ci tratterremo ad osservare quali e quante applicazioni si possono fare di queste ed altre sperienze variate su diversi organi alla medicina sì fisiologica che pratica, non essendo questo per ora il nostro scopo.

^mSono note le bellissime sperienze de' Fisici Olandesi PAETS, VANTROOSTWICH e DEJMAN, colle quali facendo scoccare una serie di forti scintille elettriche provenienti dalle scariche successive di una boccia di Leyden tralle punte di due fili metallici introdotti in un tubo pieno d'acqua, ne svolgevano mano mano gas flogogene e gas termossigene, finchè la scintilla elettrica venendo a colpire il volume già formato di questi gas insieme confusi, e accendendolo, ne lo faceva scomparire intieramente o quasi, riproducendosi l'acqua. Più note ancora e più comuni sono le sperienze di fondere delle sottili fogliette, o de' fili metallici, colle scariche di grandi boccie o batterie elettriche. Non son dunque nuovi questi effetti prodotti dall'elettricità forte e scuotente. Nuovo è soltanto e meraviglioso che si producano da un'elettricità non altrimenti scintillante, non accumulata e condensata, ma che scorre in certo modo liberamente e con un flusso continuo, senza scoppio, da un'elettricità la cui *tensione* è così debole, che non affetta sensibilmente, o appena, i più delicati elettrometri? Ma dee cessare la meraviglia riflettendo che ove tal corrente elettrica sia oltre modo copiosa, e tanto da trovar grande resistenza nell'angusto passaggio per un sottil filo metallico, o da questo nell'acqua, ec., può e dee rompere tali strozzamenti, decomporre, fondere, scagliare le parti, non altrimenti che fa la scarica d'una grande boccia incontrando simili angustie ed ostacoli. Ora che la corrente continua eccitata e mantenuta da miei apparati elettro-motori copiosa e ridondante a segno, che non si sarebbe creduto, superando quella che può prodursi dalle migliori macchine elettriche, egli è ciò che ho dimostrato qui sopra in maniera da non potersene dubitare. Non è dunque meraviglia, che così facilmente produca gli effetti or indicati; come non lo sarà, che in qualche modo arrivi a produrli anche la corrente elettrica continua eccitata e mantenuta dal giuoco sostenuto di una macchina elettrica ordinaria, ove giungasi a rendere tal corrente abbastanza copiosa: anche in questo modo cioè aver potremo, senza scoppio di scintille, scorrendo continuamente il fluido elettrico per una serie non interrotta di conduttori, di cui faccian parte de' sottili fili metallici comunicanti fra loro per mezzo di un conveniente strato d'acqua, aver, dico, potremo lo svolgimento da quest'acqua di alcune bolle di gas termossigene, e di gas flogogene.

Tali erano le mie congetture, che si sono poi compitamente verificate, come si accenna nel presente §.

L'ELETTROSCOPIO CONDENSATORE
IN UNA LETTERA A
LORENZO MASCHERONI

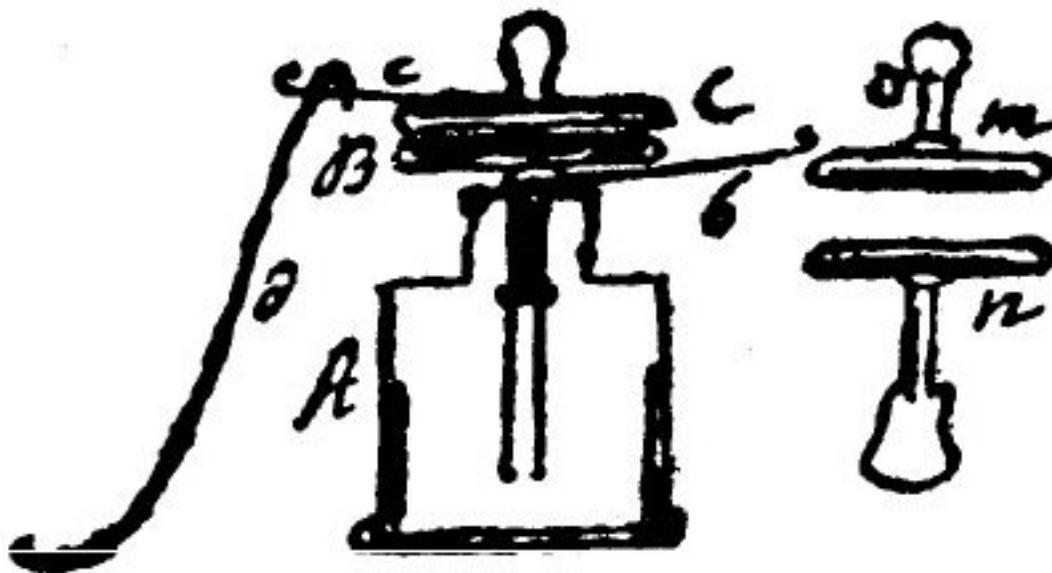
Amico Car.^{mo} e Collega Stim^o

Como 23. marzo 1799.

Ho ricevuto a suo tempo la prima vostra lettera per mezzo dell'Ab. MANGILI, e la seconda, che mi scriveste direttamente, la ricevetti pure alcune settimane sono; e sono confuso d'aver ritardato fino ad ora a rispondervi. Lo fo oggi trovandomi a Como, dove son venuto a passare questi pochi giorni di Ferie pasquali in seno alla mia Famiglia, e in compagnia della moglie, che sensibile alla vostra memoria vi rende i dovuti saluti. La Memoria sull'Elettricità eccitata dal semplice combaciamento de' conduttori diversi fra loro, siano metallici o conduttori secchi di 1^a classe, com'io li chiamo, siano non metallici, conduttori umidi, cioè o liquidi, o imbevuti di qualche umore, che chiamo conduttori di 2^a classe, una tal memoria, che BERTHOLLET e MONGE testimonj di alcune sperienze che mostrai loro mi avevano incoraggiato di mandare a cotesto Istituto Nazionale, e ch'io avevo quasi promesso, mi venne, e mi viene di nuovo cercata con istanza da VENTURI per il tomo della nostra Società Italiana, che si sta ora stampando. Io però, eccitato anche dala vostra lettera, persisto nel pensiero di presentarla all'Istituto Nazionale, quando l'avrò stesa e terminata; giacchè la maggior estensione che ho data alle mie sperienze, e i nuovi risultati, han fatto che differissi a compilare una tal Memoria, accumulando intanto più materiali; e già preveggo che non verrò a capo di compierla se non nel tempo delle nostre vacanze estive. Intanto pel tomo della Società Italiana stenderò entro il prossimo mese d'Aprile un'altra Memoria, per la quale ho pure pronti i materiali, sulla conversione in vapor elastico dell'acqua, e di altri liquidi, e sull'elasticità assoluta di essi vapori a tutti i gradi di calore cominciando dalzero REAM., o sotto, fino a 100 e più gradi, espressa dalla colonna di mercurio, che il vapore è atto a bilanciare ecc. Sono note intorno a tal soggetto le sperienze di BETANCOURT, e l'apparato di cui egli si è servito. Io mi sono servito di diversi apparati meno soggetti ad errore, e credo che i miei risultati siano perciò ancora più esatti; ed ho scoperto alcune belle leggi; delle quali dovrete aver qualche contezza, avendovene io più volte parlato, e mostrate anche alcune sperienze or coll'uno or coll'altro di tali miei apparati. Fra questi avrete forse presente quello, con cui mostro che l'aria, ove non si formino in seno ad essa vapori, acquista per eguali aumenti di calore sempre eguali accrescimenti di elasticità, o di volume, in guisa che un volume di essa, che a 0 REAM. e sotto una data pressione è eguale a 216, per 1. 2. 3. 4. ecc. gradi, che s'accresca il calore, cresce a 217, 218, 219, 220, ecc.; oppure cresce in tal proporzione la sua forza espansiva. Così dunque erronei dimostransi i risultati di quelle sperienze riportate negli annali di chimica e nell'enciclopedia metodica, parte chimica articolo *Air*, in cui per i primi 20. gradi essendosi dilatata l'aria per 1/10 circa di quel volume, che aveva alla temperatura 0, per altri 20. gradi, cioè da 20. a 40. parve dilatarsi in una proporzione maggiore, e in una molto maggiore ancora dai 40. ai 60. gradi: erronei, dico, sono tai risultati, dovendosi una tal maggiore ampliazione dell'aria al vapore formatosi in maggior

quantità in seno ad essa nei più alti gradi di calore ecc. Infatti nelle mie sperienze, e col mio apparato esattissimo, in cui colla bollitura del mercurio è stato espulso ogni umido aderente alla pareti del recipiente, che contiene l'aria, riscaldandosi questa da 0 a 20. gradi cresce il suo volume (sotto l'istessa pressione) da 216. a 236: riscaldandosi fino a 40. gr. arriva il volume a 256: a 276 giusto riscaldata a 60. gr. a 296 riscaldata fino a 80. gr. ecc. Ma se assieme all'aria trovisi un poco d'acqua anche in quantità invisibile, anche un solo umido velo attaccato alle pareti del recipiente, allora nei gradi alti di calore osservasi uno straordinario accrescimento nel volume d'aria pel vapore elastico, che aggiunge il suo al di lei volume: così per es. a 66. gr. di calore, invece di arrivare soltanto a $216+66$, cioè 282 (come succede escludendo dall'aria ogni vapore), arriva al doppio, cioè a 564. perchè il vapor acqueo a tale temperatura ha per se solo la forza di equilibrare la metà della pressione atmosferica, ossia 14. pollici di mercurio: resta dunque; che per equilibrare l'altra metà il fluido aereo si estenda a doppio spazio, ecc.

Ritornando all'elettricità mossa dal semplice mutuo contatto di conduttori diversi, potreste intanto voi medesimo mostrare costì alcune delle mie sperienze, o indicare a qualche abile elettricista, come io le eseguisco, che è nella seguente maniera. Sopra uno dei soliti elettrometri a boccetta coi pendolini sia di paglia alla mia maniera, sia di fogliette d'oro a quella di BONNET, avvito un piattello d'ottone del diametro di 2. in 3. pollici leggermente incrostato di ceralacca; il quale poi, per aver un ottimo Condensatore, il copro di un altro simile piattello nudo che lo combacia a dovere, guernito di un manico, per poterlo comodamente levare e riporre. Due sottili fili metallici sporgono, uno dal piattello inferiore, l'altro dal superiore, per comodo di poter infondere ed accumulare in questo o in quello l'elettricità a piacimento; per fare la qual cosa conviene, che il piattello opposto comunichi col suolo per mezzo di un filo di metallo, o altrimenti, nel tempo di tal accumulazione. La figura qui annessa mette tutto sott'occhio.



A è l'elettrometro; B il piattello incrostato, e avvitatogli in testa; C l'altro piattello sovrapposto; b il filo metallico attinente al piattello B; c l'altro filo attinente al piattello C, il quale comunica col suolo mediante il filo ricurvo *d* allorchè s'infonde e accumula l'elettricità nel piattello B.

Quando si voglia invece accumularla nel piattello superiore C, dee il filo metallico d appoggiarsi al piattello inferiore B. Ora accumulata che sia, per averne i segni ingranditi, basta tor via il filo d , che semplicemente sta appoggiato, ed innalzare pel suo manico il piattello C: tosto i pendolini dell'Elettrometro A divergono, ecc. Se l'elettricità si è infusa es. gr. da una boccetta di Leyden carica $1/3$, o $1/10$ di grado solamente, s'apriranno i pendolini di ben 10. o 12. gradi; e ciò anche alcune ore dopo (ben inteso che l'apparato sia ben costruito, e in buon ordine), e solamente dopo un giorno, due, tre, sarà svanita una tal elettricità. Quello che si ottiene con una boccetta di Leyden caricata debolissimamente, di accumulare cioè tanta elettricità nel Condensatore da manifestarsi poi con segni elettrometrici assai forti, si ottiene parimenti con qualsiasi conduttore molto capace elettrizzato così debolmente, che non mova neppur di un grado l'istesso elettrometro cui si applichi immediatamente; giacchè applicato al Condensatore si raccoglie in esso, cioè in minore spazio, l'elettricità diffusa in uno tanto maggiore. Finalmente si ottiene lo stesso accumulamento anche con un conduttore picciolo e debolmente elettrizzato, se ripetutamente si elettrizza questo a tale debol segno, e così elettrizzato, si riporta ogni volta a toccare il piattello condensatore. Così dunque se il piattello di zingo m di 2 pollici di diametro fatto combaciare un momento al piattelletto d'argento n sorta da tal combaciamento elettrizzato *in più* un grado scarso, o meno, appena potrà darne segno addirittura l'elettrometro; ma se si applichi ad esso piattello d'argento non isolato 10. 15. 20. volte, e ad ogni volta che si stacca pel suo manico isolante o si faccia toccare al filo b del Condensatore, come nella figura, deponendovi ogni volta quella poca elettricità acquistata, ne verrà accumulata in esso Condensatore tanta, da far indi divergere i pendolini dell'Elettrometro 10. 12. o più gradi, quando si alzerà il piattello C. Con tale artificio ho potuto ottenere segni elettrici sensibili non solo dal combaciamento di piattelli metallici anche poco diversi, ma sibbene da qualunque di questi con altri piattelli deferenti non metallici, di 2.^a classe cioè; come legni, cartoni, cuoi, abbastanza umidi, non tanto però da bagnare l'istesso piattello metallico; e finanche da piattelli tutti di questa 2.^a classe, come legni e legni imbevuti di fluidi diversi. Che? Anche quando non appariva diversità alcuna tra piattello e piattello ho potuto ottener qualche cosa. È dunque dimostrato direttamente che tutti i conduttori sono anche *motori* di elettricità nel mutuo loro combaciamento: che più degli altri e in 1.^o grado lo sono i metalli molto diversi, come Argento e Stagno, Ferro e Zingo, e massime Argento e Zingo: che in 2.^o grado, cioè meno, ma sufficientemente ancora lo sono tutti i metalli, quali più quali meno, affrontando altri conduttori non metallici, o di 2.^a classe, e diversamente secondo è diverso l'umore onde son questi intrisi: che meno ancora, cioè in 3.^o grado, riescono i conduttori di questa classe tra loro, a norma essi pure della loro diversità: che qualche cosa finalmente ma ben poco, fanno nel loro mutuo contatto due conduttori sia della 1.^a sia della 2.^a classe, dell'istessa specie, come Argento e Argento, Ottone e Ottone, Cartone e cartone, legno e legno dell'istessa qualità ecc. i quali corpi omogenei io colloco nel 4.^o ed ultimo grado, riflettendo nel tempo stesso, che quel poco che fanno è probabilmente dovuto a qualche impercettibile differenza che trovasi fra essi, nella superficie cioè, che si affacciano. Infatti quando io trovo di non ottener nulla col combaciamento replicato 30. o 40. volte di due piattelli d'argento lucidi e mondi, e l'aiuto del Condensatore nell'indicata maniera; basta ch'io appanni in qualche modo uno dei due piattelli, o lo passi leggermente due o tre volte sopra un panno, un cuoio, una tavola di legno, sopra la mia mano, sopra un altro metallo,

ecc., perchè ripetendo la prova mi compaiano dei segni elettrici più o meno sensibili. Ora confrontando tutti questi risultati delle mie sperienze non si trovano essi perfettamente corrispondenti a quelli intorno al Galvanismo? Se nell'arco vengono a combaciarsi motori in 1.° grado, due metalli assai diversi, si contraggono i muscoli, si scuotono i nervi della rana anche intiera e intatta, o soltanto decapitata e scorticata. Se entravi un sol metallo e siamo nel caso di motori in 2.° grado, perchè si convella vuol essere la rana al dippiù sventrata. Se non v'entran metalli, ma solo conduttori umidi diversi, che son motori in 3.° grado, non si scuoterà la rana se non sarà molto più eccitabile, coll'essere preparata in guisa, che la corrente elettrica debba tutta passare raccolta per i nervi ischiatici, e se la diversità dei conduttori umidi, che si adducono al contatto, non è notabile, o la rana stessa così preparata non gode di molta vitalità. Finalmente se il contatto chiudendo il circolo si fa tra conduttori umidi o di 2^a classe in nulla apparentemente diversi, es. gr. tra muscolo e muscolo detersi ugualmente dal sangue, od ugualmente bagnati, non riuscendo questi che motori in 4° grado, non arrivano a scuotere e far convellere i membri della rana anche il meglio preparata se non in qualche caso, in cui cioè trovisi fornita di una straordinaria eccitabilità, in cui malgrado il non apparire, convien pur credere che abbiavi qualche diversità ne' punti degli stessi muscoli, o qualsiasi parti dell'animale, che si adducono al contatto.

Resta dunque da tutte le sper.^e ed osservazioni comprovato che la mossa data al fluido elettrico nel mutuo contatto de' conduttori, che entrano nel circolo, è la sola causa dei fenomeni del Galvanismo, giacchè questi corrispondono esattamente all'esistenza, e ai gradi di tale causa, onde ogn'altra diviene superflua, e restano tolte tutte le obbiezioni che mi si son fatte dedotte dalle sperienze in cui si ottennero le convulsioni o con un solo ed unico metallo, o senza metallo alcuno. Ma non più.

Avrete ancor voi sentita con molto dispiacere la perdita che abbiam fatto del cel.

SPALLANZANI. Passando ultimamente da Milano ho inteso con molto piacere, che il nostro MANGILI sia stato eletto per successore al medesimo nella Cattedra di Storia Naturale. A proposito di SPALLANZANI si stamperà fra non molto un Elogio, ed una raccolta di poesie, alla quale dovreste voi pure concorrere con qualche vostra produzione. PERANDOLI, che ha molto impegno per la cosa, ve ne prega per mezzo mio, così pure il nostro MUSSI, che m'impose scrivendovi di farvi mille saluti. Unendo a questi i miei vi lascio dichiarandomi

Vostro Obbl.^{mo} Ser.^e e Aff.^{mo} Amico

A. Volta.