

ARTICOLO I

*Del Galvanismo semplice ossia dei fenomeni così detti galvanici
prodotti dall' applicazione di soli due o tre conduttori, ossia motori
elettrici diversi*

§ 1. Si è dato il nome di *Galvanismo* ai molteplici fenomeni derivanti in origine dalle belle ed insigni scoperte fatte da Luigi Galvani, Medico e Professore nell'Università di Bologna, di certe convulsioni, e forti sbattimenti, che a grande maraviglia si eccitano ne' membri recisi, e più o meno spogliati de' loro integumenti, di qualsisia animale, e singolarmente nelle gambe delle rane, e ciò in virtù di una semplice applicazione di corpi, che appartengono alla classe de' conduttori elettrici, e singolarmente di metalli, fatta in guisa tale applicazione da formare arco di comunicazione fra una ed altra parte di essi membri, massime fra nervo, e muscolo. Questi effetti somigliantissimi a quelli, che produce sugli stessi organi animali una scarica elettrica artificiale anche debole, anzi pur debolissima, portarono naturalmente il celebre e sagace Professore Bolognese a pensare, che essi provenissero appunto da elettricità, e sì da un'elettricità naturale e propria di quegli organi, alla quale diede perciò il nome di *Elettricità animale*. Molto anche conduceva a far credere questa una vera elettricità organica, od animale, quella della *Torpedine* non dubbia, e così potente dell'Anguilla tremante denominata *Gymnotus electricus*, e di altri pesci, dotati come questi della meravigliosa virtù di produrre in chi li tocca una vera scossa elettrica.

§2. A tali prime scoperte di Galvani pubblicate da lui in una egregia opera latina con figure, intitolata *de Viribus Electricitatis in motu musculari* nel 1791., ma che non venne conosciuta, che verso la primavera del 1792., a tali fenomeni delle convulsioni, e contrazioni muscolari più o meno violente ed estese nelle rane, ed altri animali a sangue freddo, e a sangue caldo ancora altri fenomeni egualmente sorprendenti, ed altre luminose scoperte si aggiunsero in seguito da altri fisici, che si accinsero a ripetere, e variare le *Sperienze Galvaniane*; fra' quali merita di essere distinto il nostro Volta Professore di Fisica Sperimentale nell'Università di Pavia e venerato mio Maestro. Le principali di queste nuove scoperte a lui dovute, e pubblicate nelle prime sue Memorie del 1792. e 1793. (che si trovano negli *Annali di Chimica* stampati in Pavia dal Professore Brugnatelli) sono varie sensazioni, che si eccitano cogli stessi artifizj, coll'applicazione cioè di cotali archi composti di due metalli diversi: sensazioni cioè di sapore sulla lingua, e questo acido od alcalino, secondo la disposizione rispettivamente ad essa lingua di tali metalli combinati, ed anche quando non toccano questi immediatamente la lingua, ma vi comunicano soltanto per mezzo di altri conduttori non metallici; di un lampo ossia fulgore passeggero negli occhi; di bruciore più o meno vivo e sostenuto nelle parti molto delicate, o spogliate degli integumenti, nelle piaghe, ec.: ma soprattutto l'aver dimostrato, che la condizione essenziale perchè vengano prodotte, e quelle convulsioni, e queste sensazioni, ella è, che nell'arco conduttore, con cui compiesi il circolo, trovinsi a contatto *conduttori di specie diversa*, singolarmente metallici, onde poi conchiuse fin dall'Autunno dell'istesso

anno 1792., che tali effetti provenivano tutti, non già da un'*elettricità animale* nel vero senso, cioè propria e attiva degli organi, come opinato avea, e volle poi sostenere anche in seguito il sullodato Galvani con Aldini, ed altri suoi seguaci, e come egli stesso il Volta avea pur adottato in sulle prime sotto certe condizioni; ma sibbene da un'*elettricità artificiale*, ed estrinseca, mossa cioè dal mutuo contatto di essi conduttori diversi, singolarmente metallici. Dietro codesta nuova sentenza del Professore di Pavia, che mantenne poi sempre e difese contro ogni attacco, la causa degli indicati fenomeni parvegli, e fu provato in allora conveniente, che si chiamasse piuttosto *Elettricità metallica*, che *Elettricità animale*.

§3 Dicesi *metallica*, non già che sia propria esclusivamente dei metalli; ma per l'eccellenza di questi, che Volta chiamò conduttori e motori di *prima classe* (aggiungendo a questa classe anche i Carboni) nel potere d'incitare, e muovere il fluido elettrico pel semplice mutuo loro contatto; del quale potere non sono già privi affatto gli altri conduttori non metallici, i conduttori umidi, o di *seconda classe*, essendosi l'istesso Volta, il quale ne dubitò per qualche tempo, accertato alla fine, e mostrato avendoci con molte prove, che ne godono pur essi, ove vengano parimente a toccarsi due di specie diversa, sebbene in grado incomparabilmente più debole che i metalli; e generalizzato avendo così il principio della forza incitatrice e motrice del fluido elettrico propria de' conduttori. Di questa dunque godono in qualche grado anche i conduttori umidi, o di 2. classe, avvegnachè in generale molto meno de' metalli, come si è detto. Epperò non è maraviglia, se anche senza alcuno di questi si riesce talvolta ad eccitare delle convulsioni in una rana, che preparata di fresco alla nota maniera di Galvani, in guisa cioè che le gambe tengano alla spina dorsale per i soli nervi lombari, od ischiatici, trovisi in sommo grado eccitabile; non è maraviglia, se vi si riesca facendo arco conduttore con diverse sostanze umide, ed anche senza altro estraneo conduttore colle parti stesse dell'animale, ripiegando per esempio semplicemente una gamba di essa rana, e facendola toccare, segnatamente in una parte del ginocchio, o dell'articolazione del piede, ai muscoli snudati del dorso, o ai detti nervi ischiatici parimente nudi. In tutti questi casi è pur visibile il contatto di conduttori fra loro diversi, quali sono nell'ultimo addotto esempio essa parte del ginocchio, o dell'articolazione del piede, la quale mostrasi bianco-lucente, tendinosa e dura, e que' nervi, o que' muscoli assai più molli, e intrisi d'altro umore.

E che in fatti quelle convulsioni (altronde non molto forti in simili casi), quando pure accadono, siano dovute alla diversità delle parti, che vengono portate al mutuo contatto, si fa vieppiù evidente al Volta dall'aver egli osservato, che qualora non succedano, perchè, secondo lui, la picciola differenza superficiale tralla parte della rana, e il dorso, o i nervi, cui portasi quella a toccamento, non valga ad incitare sufficientemente il fluido elettrico per produrre in essa rana le convulsioni (le quali diffatto mancano sovente facendo così l'esperienza, e sempre, poi mancano, ove la rana non sia delle più vigorose, e preparata di fresco nella migliore maniera; laddove impiegando per arco conduttore, ossia ponendo nel circolo a mutuo contatto due metalli abbastanza diversi, come argento e stagno o meglio zinco, non mancano mai, e si ottengono anche senza quella preparazione cotanto vantaggiosa della rana, cioè anche in una rana intiera, e trucidata soltanto, o al più scorticata, che è 30 o 40 volte meno eccitabile di una compiutamente preparata), ove, dissì, non succedano tali convulsioni, o malamente vi si riesca, e con difficoltà coll'addurre

semplicemente questa o quella parte della gamba al contatto de' detti nervi, o muscoli; assai più facilmente ottengono, e più strepitose coll'interporvi un corpo intriso di qualche umore eterogeneo, o salino, o collo sporcare di tal umore l'una, o l'altra di codeste parti, che si adducono al combaciamento. La cosa riducesi dunque anche qui all'impulso dato al fluido elettrico da un *contatto eterogeneo* di conduttori; impulso tanto più efficace, quanto è maggiore tal eterogeneità, ossia la differenza tra i due corpi, o superficie, che applicansi a mutuo contatto.

§ 4. Ecco come spiegava il nostro Volta in alcune lettere al Professore Vassalli (pubblicate nel già citato Giornale di Brugnatelli anno 1796.) quelle sperienze delle convulsioni eccitate, senza l'applicazione di alcun metallo, nelle rane squisitamente preparate, ed al sommo irritabili; sperienze, per cui credettero i *Galvanisti* di trionfare: ecco come riuscì a rendere vani questi ultimi loro sforzi per sostenere la pretesa *elettricità animale*. A tali spiegazioni, e dimostrazioni si arresero molti; ma altri vollero pur difendere la prima opinione di Galvani, e cercarono tutte le vie d'impugnare quella vittoriosa del Professore di Pavia. (c)

^c Il Professore Aldini nella Parte terza di un'operetta da lui pubblicata nel 1802. (Saggio di Esperienze sul Galvanismo), e di nuovo nella sua Opera grandiosa intitolata Essai théorique et expérimental sur le Galvanisme 1804 torna in campo colle sue rane tagliate, le quali nelle più favorevoli circostanze di ottima compita preparazione, e di una eccitabilità in sommo grado convulsionosi in guisa di vibrar fortemente e a slanci le gambe, qualunque volta venga stabilito un arco di comunicazione tra i muscoli di queste, e i nudi nervi lombari, formato tal arco di diversi conduttori umidi, senza alcun metallo, anzi pure di sole sostanze animali: torna ad obbiettare le antiche sperienze di Galvani e sue, nelle quali otteneansi le anzidette convulsioni, sia coll'inclinare detti nervi pendenti, e condurli pianpiano a baciare la viva carne della coscia; sia col ripiegare una gamba, e portare uno od altro de' suoi muscoli, segnatamente qualche parte tendinea di questi, a contatto de' nervi medesimi, o del pezzo di tronco, che trovisi ad essi unito; sia coll'interposizione a queste parti di altre muscolari, tendinee, ec. recise al medesimo, o ad altro animale, o di altre sostanze conduttrici, animali o non animali: sperienze che sono state fatte, e variate anche da altri, particolarmente dal Dott. Valli, e dal Volta medesimo: torna, dico, l'Aldini in campo con queste ben note sperienze, che esso Volta ha già spiegate compitamente nelle sopracitate lettere al Professore Vassalli, e in altre Memorie; e ne aggiunge delle nuove affatto analoghe, che ricevono per conseguenza la medesima spiegazione; come sono quelle per esempio di eccitare le solite convulsioni nelle rane preparate ancor qui di tutto punto, ed irritabilissime, sostenendole con una mano umida pe' piedi, ed adducendo i loro nervi ischiatici, o il pezzetto di spina, o tronco rimastovi attaccato, al contatto della lingua sporgente di un vitello o di altro grosso animale trucidato di fresco, mentre un dito dell'altra mano bagnato di acqua salsa tiene turato l'orecchio dello stesso animale, o meglio sta inserito nella midolla spinale del teschio reciso: sperienze che non hanno altro d'importante, che l'apparato di un più gran macello; e che altronde si riducono anche più chiaramente delle altre fatte colla rana sola, al principio stabilito, e dimostrato dal Volta, che tutti cioè i conduttori diversi posti a mutuo contatto incitano e movono in virtù ed a norma di tale diversità, anche solo superficiale, il fluido elettrico; i metalli generalmente assai più, che i conduttori

^gGiova qui richiamare ciò che si è già accennato nelle ultime righe della nota (c), cioè che gli organi elettrici della Torpedine consistono in un aggregato di molti prismetti, o canali membranosi, in ciascuno de' quali trovasi una serie numerosa di piccoli diaframmi, o pellicole applicate, e sovrapposte le une alle altre; come appunto le laminette, o dischi metallici negli apparati a colonna del nostro Volta. La differenza è in ciò solo che quelle laminette non sono metalliche

come queste. Ma se anche i conduttori umidi, o di 2. classe, sono *motori* di elettricità, come esso Volta ha provato, sebben debolissimi in generale; e se poi fralle sostanze animali ve ne possono essere di abbastanza attivi, come egli presume, una tal differenza non distruggerà il parallelo

ARTICOLO II

*Del Galvanismo composto o a meglio dire Voltaismo,
cioè degli apparati formati da una serie ordinata
di Elettromotori semplici.*

§ 11. Abbenchè queste sperienze fossero nel loro picciolo abbastanza decisive, e sufficienti a dimostrare il gran principio scoperto, e stabilito dal Volta, dell'elettricità cioè mossa dal semplice mutuo contatto de' conduttori diversi, massime metallici; era però naturale ch'egli cercasse di rendere questi effetti elettrometrici (che fino allora non avea portati, che a 2. o 3. gradi al più del suo Elettrometro sensibilissimo) più cospicui, onde colpissero davantaggio: al che riuscì ben presto, ad ottenere cioè 10. 20. 30. gradi, coll'impiegare due Condensatori in vece di un solo, nel modo che viene da lui descritto nelle citate Memorie, e che sarebbe troppo lungo di qui spiegare. Convieni anche dire, ch'egli è unicamente coll'ajuto di Condensatori doppj, che ha potuto fin qui avere de' segni elettrici dal contatto mutuo di soli conduttori umidi, l'azione de' quali, per quanto sieno diversi, è affatto minima, come si è detto già più d'una volta; per quelli almeno che ha sottoposti alle prove, e che non son molti. Crede egli però, che ve ne possano essere di più attivi; e questi presume che trovinsi fralle sostanze animali e viventi, de' quali la natura abbia potuto servirsi per la costruzione de' mirabili organi elettrici della Torpedine, ec.^f.

§12. Ma non contento ancora, pensò ai mezzi di accrescere realmente la forza od intensità della sua *elettricità metallica* (già più percettibile di quella degli altri conduttori) in guisa di poter far dare all'elettrometro de' segni ben marcati a dirittura, senza punto aver bisogno di *Condensatore* nè doppio, nè semplice, e se fosse possibile, di ottenere anche la scintilla, delle commozioni nelle braccia, ec.; e rinvenne infine sul cadere dell'anno 1799 quell'artificio, il quale non che appagare, superò di molto la sua aspettazione. Ognuno già comprende essere questo il nuovo suo apparato Galvanico, o a dir più giusto, elettrico, che ha fatto tanto rumore in tutta l'Europa ed occupa anche in oggi un gran numero di Fisici di Chimici, e di Medici. Ecco come vi fu condotto.

§ 13. Avea digià trovato, che ove in una catena di conduttori in circolo, parte di 1. e parte di 2. classe, trovinsi più coppie metalliche attive, ossia eterogenee, ciascuna di queste impelle, e move il fluido elettrico nella direzione, e colla forza, che a lei compete; onde si elidono quelle di tali forze, che siano dirette in senso opposto l'una all'altra, e si rinvigoriscono vicendevolmente quelle che cospirano, ossia tendono nella medesima direzione; cosicchè le convulsioni, che si eccitano per esempio nella rana collocata nel circolo, (il quale può essere formato da una catena di persone) qualor entri nel medesimo una coppia metallica sola di argento e stagno, non si eccitano più nel caso che ne intervengano due di tali coppie, e queste rivolte in senso contrario: che se rivolgansi in cambio nel medesimo senso, e in tal modo cospirino le loro forze, compaiono allora le convulsioni più facilmente, o assai più forti, che con una coppia sola, ec. Un gran numero di siffatte sperienze variate in molte guise avea il Volta descritte ampiamente,

aggiungendovi varj schemi, ossia tipi rappresentanti le diverse combinazioni di metalli e conduttori umidi, in quelle sue lettere a Gren inserite, come si è detto, nel Giornale Tedesco di questo autore, e negli *Annali di Chimica* di Brugnatelli al principio del 1797. Presentava egli con tali figure o tipi da 20. combinazioni diverse, e determinava con sicurezza per quali di esse doveano convellersi le rane, per quali nò, ec. Riandando dunque i risultati di codeste sue sperienze, e ruminandovi sopra, concepì la fondata speranza di poter accrescere, e portare ad un alto segno la *tensione*, o carica elettrica, mercè il moltiplicare ancor più le coppie metalliche, e unirle in un acconcio apparato.

§ 14. Era evidente, che nulla avrebbe potuto ottenere costruendo tal apparato di soli metalli, soprappo- nendo es. gr. ad una lamina d'argento una di zinco, a questa una seconda di argento poi una seconda di zinco, e così di seguito: atteso- chè le forze, con cui l'argento spinge il fluido elettrico nello zinco, si controbilancierebbero, l'argento inferiore spingendolo di giù in su verso lo zinco, ed il superiore di su in giù verso il medesimo, ed ugualmente.

§ 15. Neppure potea promettersi alcuna cosa dall'intreccio di tre, o più metalli diversi, avendo l'istesso Volta scoperta una cotal legge nell'azione de' conduttori e motori di *prima classe* eterogenei, per la quale posto v. gr. che l'argento spinga il fluido elettrico nello stagno quando lo combacia con una forza = 5., e questo lo spinga nello zinco con una = 4., l'argento lo spingerà nello zinco, cui facciasi toccare im- mediatamente, con una forza $5 + 4. = 9.$ E così formando una tabella, o scala, che discenda, secondo- chè uno spinge il fluido elettrico in un altro (nella quale scala i principali si succedono come segue: ossido di manganese nero: piombaggine: carbone: oro: argento: mercurio puro: rame: ferro: stagno: piombo: zinco) sempre il superiore in detta tabella, il quale tocchi immediatamente un inferiore di quanti gradi si voglia, vi spingerà il fluido elettrico con una forza eguale alla somma delle forze dei gradi intermedj. Dalla qual legge infine risulta, che in ogni combinazione, ossia serie di metalli eterogenei la *tensione elettrica* ai due estremi è quella stessa, nè più nè meno, che si avrebbe dal contatto immediato del primo coll'ultimo. Inutili dunque, quanto allo scopo proposto di accrescere cotal tensione, sono i metalli intermedi in qualsivoglia modo intrecciati e disposti, e a nulla vale il moltiplicarli. Così deduceva il Volta da quella legge da lui scoperta, e verificata con ogni sorta di prove, da quel rapporto cioè e corrispondenza ne' gradi di azione di diversi metalli, o motori di *prima classe* tra loro; e così trovò col fatto, costruendo diversi apparati di soli metalli moltiplicati, e variati in tutte le guise.

§ 16. Era pertanto la cosa in certo modo disperata, e passò qualche anno prima ch'ei trovasse alcuno spediente. Quando alla fine gli suggerì quello, che è forse l'unico, d'interpolare cioè le coppie di metalli ben assortiti, e farle comunicare l'una all'altra, per mezzo di uno strato umido, ossia conduttore di *seconda classe* (come appunto avea fatto nelle sperienze sopraindicate (§ 13.) della catena di conduttori di *prima* e di *seconda classe* intrecciati), ponendo v. gr. argento, zinco, e strato umido; poi di nuovo argento, zinco, e strato umido; e così di seguito per quella serie che piacesse; a ciò lo determinò il riflettere, che l'azione de' conduttori umidi coi metalli, che combaciano, essendo comunemente piccolissima, come avea trovato (§ 8. e 10.), sarebbe stata ben lungi dal poter controbilanciare quella de' detti metalli tra loro; e poco o nulla l'avrebbe alterata, sia rinforzandola, sia indebolendola. Avendo dunque costruito un tale apparecchio colla

disposizione alternativa de' tre corpi indicati, argento, zinco, e strato umido, ripetuta più volte, trovò il nostro Volta quello che cercava, e che prevedeva dover riuscire, cioè che la forza, ossia *tensione elettrica* cresceva esattamente come il numero delle coppie metalliche componenti la serie (ben inteso, che si rivolgessero tutte nel medesimo senso, giacchè se ve ne avessero di opposte, sarebbe tanto da detrarre); cosicchè ove una sola coppia gli dava 1/60 di grado, che coll'ajuto del suo Condensatore saliva a 2 gradi circa (§ 10.), due, tre, quattro coppie cospiranti gli davano 2/60, 3/60, 4/60, per cui col Condensatore ottenne poi 4., 6., 8., gradi ben chiari e distinti. Si avanzò allora a far prove con 20. 40. 60. 100., e più coppie, e ne ottenne ancora i segni proporzionali al numero di esse coppie, tantochè con 60. di questi faceva muovere a drittura il suo Elettrometro a pagliette di 1. grado, cioè gli faceva marcare 1/2 linea di divergenza, senza ajuto di Condensatore; con 100. coppie lo innalzava a quasi 2. gradi; con 150. a gr. 2 1/2, e compariva poi anche, esplorandolo a dovere, una scintilletta .

§ 17. Fu varia la forma (ritenuta la condizione di far succedere a due metalli diversi posti ad immediato contatto uno strato umido, poi di nuovo i due metalli nello stesso ordine, seguiti parimente da altro strato umido, e così proseguendo), fu varia, dico, la forma, che diede il Volta a questi suoi apparati, che chiama semplicemente *Elettro-motori*, ed ai quali per certa somiglianza nel fondo, ossia sostanza della cosa, e fino nella forma cogli organi elettrici della Torpedine^g come egli spiega in alcune sue Memorie, gli sarebbe piaciuto di dar il nome di *Organo elettrico artificiale*. La prima forma, che è ancora la più usitata, si è quella di tante monete, o piastrette simili a monete, di argento, o di rame, ed altrettante di zinco, sovrapposte alternativamente le une alle altre, coll'interposizione a ciascuna coppia di un bullettino o strato di cartone, di panno, o di altra sostanza spugnosa, ben inzuppato d'acqua, o meglio di una soluzione salina, formanti tutti insieme tali piastre e bullettini una specie di colonna, o più colonne colle opportune comunicazioni fra loro. Quest'è, come lo chiama il suo autore, *l'apparato a colonna*, detto da' Francesi la *Pile galvanique*, o *Galvano-électrique*, da altri più giustamente la *Pile Voltaique*, e in generale la *Pile*, senza altra aggiunta. Noi adottando per comodo questo semplice nome di *Pila* non lasceremo di chiamarlo ancora qualche volta *Apparato a colonna*, lasciando per lo più di aggiungervi il nome dell'autore troppo conosciuto.

Faremo qui osservare, che riesce comodo e vantaggioso a più d'un riguardo, come suggerisce l'istesso Volta, che ogni coppia di zinco ed argento, o zinco e rame, formi una sol piastra coll'essere saldato l'un metallo coll'altro da saldatura metallica qualunque. Di tali piastre doppie si servono ora comunemente i Fisici, che si occupano di tali sperienze.

§ 18. Un'altra costruzione ancor comoda, e più adatta a certe sperienze, e quindi molto pure in uso, è quella *a corona di tazze*, così chiamata dal Volta, consistente cioè in una serie di bicchieri, o piccole coppe contenenti acqua, o meglio un qualche liquor salino, disposte in forma semicircolare, od altra che più piaccia, e concatenate per mezzo di archi metallici terminati ad un capo in una lastra di zinco, ed all'altro capo in una d'argento, o di rame, che pescano, quella in in bicchiere, e questa nell'altro seguente ec.

Alcuni Inglesi invece dell'apparato a corona di tazze ne usano un altro non molto diverso, che chiamano *Trog-Apparat*, e che consiste in una vaschetta quadrilunga di legno intonacato di mastice divisa in una serie di celle da lamine metalliche doppie, aventi cioè l'una faccia d'argento, o rame, l'altra di zinco, riempiendo poi tali celle d'acqua salata, ec.

Questa costruzione imita anch'essa assai bene gli organi elettrici della Torpedine, se, come possiamo credere, la serie numerosa di pellicole tenute in que' canaletti membranosi, che compongono tali organi, non si toccano fra loro, ma lasciando qualche interstizio fra l'una e l'altra formano altrettante cellette ripiene all'uopo di umore qualsiasi.

§ 19. Da tutte queste forme di apparati, e d'altri ancora di diversa costruzione, che tutti convengono, come facilmente si rileva, nella condizione essenziale, di due metalli cioè di diversa specie formanti ciascuna coppia, ed uno strato umido, per cui comunicano una all'altra tali coppie metalliche, rivolte tutte nel medesimo senso; da queste diverse forme di *apparati* Elettromotori (il qual nome, esprimente meglio di qualunque altro la cosa, conviene ad ogni costruzione) ottenne il nostro Volta i sopra indicati effetti elettrometrici (§ 16.), de' quali fu in vero molto soddisfatto, ma non sorpreso, giacchè tali se li prometteva. Ciò che lo sorprese a prima giunta si fu la *commozione*, che gli avvenne di sentire nelle mani e braccia, facendo con esse arco conduttore da un'estremità all'altra di tali apparati, che ancor mostravano sì debole *tensione elettrica*. Questa commozione, sensibile già ad un dito tuffato in acqua comunicante per mezzo di lastra metallica ad un capo dell'apparato, mentre venivasi a toccare l'altro capo con un'altra lastra impugnata dall'altra mano ben umettata, questa commozione, dico, sensibile in tali favorevoli circostanze a tutto il dito, o a parte almeno del medesimo, quand'anche l'apparato non fosse composto che di sole 5. o 6. coppie, e quindi per un'elettricità, che arrivava appena ad 1/10 di grado dell'elettrometro a paglie sottilissime (§ 16.); più sensibile a proporzione, ed estendentesi fin oltre il carpo con un apparato di 10. 12. 15. coppie, si propagava fino ai gomiti, e alle spalle con uno di 20. 30. 40. ec. la cui *tensione* non arrivava ancora ad 1. grado intiero; ed era perfettamente simile alla commozione che si prova da una grande boccia di Leyden, o meglio da una batteria elettrica, cariche debolissimamente.

§ 20. Paragona infatti il Professore Volta all'estremamente debole scarica di una grandissima batteria elettrica, alla corrente di fluido che ne viene, scarica, e corrente, che attesa l'amplissima *capacità* di essa batteria dee durare un certo tempo (sicuramente più che la scarica di una semplice boccia) quella del suo apparato, la quale dura dippiù ancora, essendo in questo la corrente elettrica continuata ed incessante; e da questa durata ripete egli la commozione cotanto sensibile prodotta da una sì debole *tensione elettrica*, quale l'elettrometro ce l'addita nell'apparato di cui si tratta; giacchè anche una capacissima batteria con una egualmente debole *tensione*, che non arrivi cioè ad 1. grado dell'istesso elettrometro a pagliette produce una scossa sensibile, e tutt'affatto simile a quell'altra; come ha verificato con molte prove, ed ha spiegato ampiamente nelle ultime sue Memorie, lette da lui all' Instituto Nazionale in Parigi in Novembre del 1801.

^fV. la nota (c) sul fine.

^gGiova qui richiamare ciò che si è già accennato nelle ultime righe della nota (c), cioè che gli organi elettrici della Torpedine consistono in un aggregato di molti prismetti, o canali membranosi, in ciascuno de' quali trovansi una serie numerosa di piccoli diaframmi, o pellicole applicate, e sovrapposte le une alle altre; come appunto le laminette, o dischi metallici negli apparati a colonna del nostro Volta. La differenza è in ciò solo che quelle laminette non sono metalliche come queste. Ma se anche i conduttori umidi, o di 2. classe, sono *motori* di elettricità, come esso Volta ha provato, sebben debolissimi in generale; e se poi fralle sostanze animali ve ne possono essere di abbastanza attivi, come egli presume, una tal differenza non distruggerà il parallelo

ARTICOLO IV

Ulteriore confronto del valore delle scariche elettriche, sotto il doppio rapporto della loro intensità, o tensione elettrometrica, e della quantità di fluido che le forma, con varie ricerche di Elettrometria.

§ 37. Si è spiegato nell'articolo precedente con sufficiente chiarezza, con prove, e con acconci esempi, come alla debolezza delle cariche supplisca nelle boccie di Leyden molto capaci, e nelle batterie capacissime, la grande quantità di fluido elettrico, che forma tali cariche in apparenza sì meschine, per cui riuscendo di altrettanto maggiore durata le scariche, abbenchè sembrino ancora istantanee, veniamo a provarne le scosse non minori di quelle, che ne fanno sentire boccie assai più picciole con cariche tanto più forti (con cariche cioè che tanto più innalzano l'elettrometro, a tanto maggior distanza estendono la sensibile loro sfera di attività, e tanto più lontano possono vibrar la scintilla). Ma nulla si è detto ancora della differenza, che trovasi riguardo alla qualità, o tempra, se così può chiamarsi, di tali scosse, differenza non molto grande in vero, ma però rimarcabile, e che gioverà indicare qui a compimento dei confronti delle varie scosse; confronti, che abbiamo già spinti tanto avanti, che per ogni altro lato nulla più vi manca.

Adunque paragonando la commozione cagionata dalle grandi boccie o batterie cariche ad un debolissimo grado con quella prodotta da una picciolissima boccietta carica ad un grado tanto più alto, faremo dapprima osservare, che quando sono così fiacche e questa e quella, che riescono pochissimo sensibili, punto non si distinguono l'una dall'altra, o appena; ma se siano valide abbastanza, allora è, che ci affettano alquanto diversamente la scossa della boccietta, e quella della grande boccia, o batteria, quand'anche riescano di egual polso: la prima possiam dire in certo modo ch'è più acuta, l'altra invece più grave: quella cioè più viva, parzialmente vibrante, meno propagantesi, è più passeggera (come infatti vedemmo, che la scarica di una picciola boccia compiesi in un più breve istante); questa più muta, gravante un maggior numero di parti, e portantevi certo qual intormentimento; e ciò per essere la scarica elettrica produttrice di tal commozione, meno istantanea, ossia più protratta (comechè ad un tempo ancora insensibile), in ragione della maggiore *capacità* di essa boccia grande, o batteria.

Ora di quest'ultima tempra, o tono, che voglia dirsi, sono ancora le scosse, che danno gli apparati Elettromotori, e quelle pure, che dà la Torpedine: quali appunto esser deono le une, e le altre, attesa la somiglianza delle scariche sì di detti apparati, che degli organi elettrici di tali pesci, con quelle delle grandi, anzi grandissime batterie caricate debolissimamente: come già si è mostrato, e porrassi ancora più in chiaro con altre osservazioni in progresso. (a) § 38. Molto più grande, e marcata di cotal differenza riguardo alla qualità o tempra delle scosse provenienti da grandi boccie, e batterie debolissimamente cariche, o da picciole boccie cariche fortemente, si è la differenza riguardo alla distanza, a cui possono succedere le rispettive scariche, e giungere il salto della scintilla. E' facile comprendere, che per una più forte *tensione*, indicata da maggiori

gradi dell'elettrometro, deve il fluido elettrico poter superare un maggiore intervallo, ossia spezzare un più grosso strato di aria, e scagliarsi quindi più lontano. Ma il determinare di quanto precisamente abbia a divenire più lungo cotesto tiro della scintilla, ossia maggiore la distanza, a cui potrà farsi la scarica, la *distanza esplosiva* a dir breve, corrispondentemente alla maggiore *tensione* elettrometrica, non è sì agevol cosa; e solo può sperarsi di giungere a tale determinazione giusta con un gran numero di sperienze le più esatte. Molte di queste ne ha intraprese il nostro VOLTA, che si è compiaciuto di comunicarci; i risultati delle quali fissano, se non coll'ultima precisione, con sufficiente giustezza il *rapporto* tra i gradi di carica, ossia di *tensione elettrica*, e l'anzidetta *distanza esplosiva*, ossia la distanza a cui può giungere la scintilla e farsi la scarica, e presentano alcune belle leggi. § 39. E primieramente ha trovato, che tutte le boccie grandi, e piccole, cariche all'istesso grado dell'elettrometro, ed anche i semplici conduttori, quali essi fossero, portati all'istessa *tensione* elettrica delle boccie, scagliano la scintilla, e si scaricano ad eguale distanza. Ha trovato verificarsi ciò quasi a rigore, almeno dentro certi limiti, ed anche oltre tali limiti non fallire molto, sperimentando con una macchinetta o Spincterometro di una particolare costruzione, che serve a queste, ed a molte altre prove ancora di diverso genere^b, congegnata in modo tal macchinetta, che la scintilla all'atto della scarica scoccasse tra due palle metalliche di un pollice circa di diametro, distanti una dall'altra più o meno a volontà. Ha dunque veduto seguire sempre tali scariche e scoppj ad una data distanza, giunta che fosse la carica a un dato grado dell'elettrometro precisamente, o quasi: cioè alla distanza di 1. linea per 10. gradi circa di un quadrante elettrometro (un grado del quale ne voleva 16. dell'altro suo elettrometro sensibilissimo a paglie sottili); alla distanza di 2. linee per 19. in 20. gradi dell'istesso quadrante elettrometro, ec., fosse il semplice primo conduttore della macchina elettrica caricato agl'indicati gradi, o fossero più conduttori uniti; fosse una boccettina di Leyden di 4. pollici quadrati di armatura (che ha già una capacità molto maggiore di un semplice conduttore lungo anche 10. 15., 20. piedi, e discretamente grosso); fossero altre boccie di assai maggiore grandezza, cioè di 10. 40. 100. 200. poll. quad. di armatura. Così è: sempre accadeva la scarica ad una data distanza delle due palle metalliche, arrivata la *tensione elettrica* a un tal dato segno, ossia salito il quadrante elettrometro a un tal dato grado, si può quasi dir precisamente, qualunque fosse la capacità del conduttore, o della boccia.

Siccome però a far sorgere una tal *tensione*, a portare, che è lo stesso, la carica a un tal grado richiedevasi, come ben si comprende, tanto maggiore dose di fluido elettrico, ed in conseguenza tanti più giri della macchina elettrica, quanto era più grande cotesta capacità; così poi la scarica delle grandi boccie riusciva più forte e potente; cioè più brillante e piena la scintilla, più romoroso lo scoppio, e più valida la scossa rilevata da chi si fosse trovato compreso nel circolo di essa scarica. § 40. Risulta pertanto da queste sperienze, che coll'essere per un dato grado di carica, corrispondentemente alla maggiore capacità de' recipienti, maggiore anche la copia di fluido elettrico, si ottiene bensì colla scarica una scintilla più piena e grossa, più scuotente, ec. come era noto; ma non già più lunga, almeno notabilmente: ciò che sorprenderà senza dubbio. Sebbene ritenendo la spiegazione che dietro il nostro esimio Maestro abbiamo data nell'articolo precedente, cioè che la maggiore quantità di fluido elettrico richiesta a portare la carica ad un dato grado secondo che la capacità del recipiente è più grande fa che la scarica riesca poi di tanto maggiore durata, ossia abbisogni per compiersi di più successivi istanti; ritenendo, dico, tale spiegazione

naturalissima e soddisfacente, restiamo appagati anche in questo, riflettendo, che la scintilla poichè viene per tal modo prolungata nel tempo non lo deve essere nello spazio, che troppo sarebbe: no, non lo deve essere più di quello il richiegga la *tensione*, che supponiamo eguale a quella di un altro recipiente meno capace. Ma lasciata la spiegazione, per ciò che riguarda le sperienze, sono queste poche ancora e non abbastanza variate, per poter conchiudere in generale e con sicurezza che la distanza, a cui può scagliarsi la scintilla elettrica, e farsi la scarica, la *distanza esplosiva*, sia *in ragione semplicemente* della *tensione*, o grado elettrometrico, senza alcun riguardo cioè alla quantità di fluido. Se ciò si è verificato in tutte le prove fatte dal sullodato nostro Maestro coll'accennata sua macchinetta, non possiamo essere certi, che si verifichi ugualmente coll'instituire le sperienze in altra maniera, o con diversi apparati, ne' quali la scintilla abbia a scoccare tra palle più grosse, o più sottili di quelle da lui adoperate ed eguali tra loro; tra una palla ed un piatto; tra questo o quella, ed una punta ec. Sebbene anche sostituendo ora una punta metallica ottusa, ora ponendo una tal punta, e un piattello in luogo delle due palle nella detta macchinetta, ha osservato l'autore, che variando per tali cambiamenti la distanza, a cui giungeva la scintilla, variava ugualmente per le boccie grandi, e per le picciole, purchè fossero cariche ai medesimi gradi dell'elettrometro, eccettuati solamente alcuni casi segnatamente quelli ne' quali intervenisse qualche punta troppo sottile. Fuori di questi casi adunque ne' quali più non osservasi l'enunciata regola, fu sempre la distanza esplosiva, il tiro, ossia lunghezza della scintilla indipendente dalla grande o picciola capacità della boccia, o del conduttore, e dipendente soltanto dal grado di *tensione* o carica misurata dall'elettrometro; o se vi fu differenza, fu così picciola che può trascurarsi. § 41. È pertanto comprovata in tutte le maniere la proposizione sopra avanzata, che la distanza a cui può giungere la scintilla elettrica, è in ragione semplicemente della *tensione*, o grado elettrometrico, e niente in ragione della quantità di fluido, che porta una tal *tensione*, ossia della capacità delle boccie, o de' conduttori: è comprovata questa bella legge in guisa, che non si può ricusare di ammetterla, colle restrizioni però già accennate, cioè esclusi i casi, in cui venga provocata la scarica da punte sottili, e forse alcuni altri, e posti dei limiti, oltre i quali non abbia per avventura più luogo tal legge e dentro i quali ancora non si osservi essa a tutto rigore, e appuntino, ma bensì a un dipresso, tantochè non vi siano deviazioni rimarcabili. Ora questi limiti, ossia gli estremi delle sperienze fatte dal nostro VOLTA, comprendono una ben grande estensione, tanto riguardo alle boccie, avendone egli sottoposto alle prove molte di varia grandezza, dai 2. pollici quadrati di armatura fino a 200., e più; quanto riguardo alle distanze superate dalle scintille, cominciato avendo le prove da 1/10 di linea, per cui bastava la picciola carica di circa 16. gradi del suo elettrometro a pagliette, che valgono appena 1. grado del quadrante-elettrometro da esso lui adoperato, e portate avendole successivamente fino a 8. linee, per cui vi vollero 68. gradi circa di esso quadrante elettrometro, qualunque fosse la boccia, giova pur ripeterlo, grandissima, mezzana, o piccolissima, o fosse anche il semplice conduttore della macchina elettrica, che facesse montare l'elettrometro a tali gradi. § 42. Un'altra bella legge ci additano ancora codeste sperienze; ed è, che le distanze a cui può giungere la scintilla, crescono quasi esattamente, come le *tensioni*, o gradi segnati dall'elettrometro, cosicchè per doppia, tripla, quadrupla *tensione*, la distanza, cui la scintilla vale a superare è appena un poco più che doppia, tripla, quadrupla. Ecco quali in dette esperienze fatte dal nostro Professore non una, ma più e più volte, e colla possibile accuratezza, e diligenza, furono le *distanze esplosive*, cioè quelle, a cui seguiva il salto della scintilla dall'una all'altra palla

metallica del suo *Spincterometro*, corrispondentemente ai diversi *gradi di tensione*, ossia carica di qualsivoglia boccia grande, o picciola o del semplice conduttore della macchina elettrica, o del medesimo prolungato con diversi altri più o meno capaci, giacchè la capacità maggiore o minore di essi conduttori, o boccie, non portava in tali distanze esplosive alcuna differenza, giusta i precedenti §§.

.....Questi risultati ci assicura egli avergli ottenuti costantemente a un dipresso, anche trascurando alcune scrupolose attenzioni, e ad un rigore poi quasi preciso qualunque volta ha cercato di porre nelle sperienze la massima esattezza, di farli in tempi propizi all'elettricità, o almeno non troppo umidi, di allontanare ogni circostanza, che accidentalmente potesse indurre qualche varietà, come l'interposizione di alcun corpicello, o granellino, o pelo fralle due palle, o velo di ruggine, o patina qual si fosse, anche di solo umido, sopra le medesime; avendo cura soprattutto di collocare l'elettrometro in guisa che il suo movimento fosse al più possibile libero, non influenzato cioè da atmosfere opposte, o laterali; al qual fine deve trovarsi infisso all'estremità di una verga metallica, o di un bastone inargentato, come suol praticare VOLTA (non solamente in queste sperienze, ma in tutte le altre, in cui vuole, che l'elettrometro segni giustamente i gradi di elettricità), che sporga in fuori, e si lasci indietro pel tratto di qualche piede il resto del conduttore, o conduttori, di cui fa parte. Ora da tali risultati appare, che se le *distanze esplosive* non sono a tutto rigore in *ragione diretta semplice* delle *tensioni*, ossia gradi elettrometrici, crescendo questi alquanto meno di quelle, la differenza però è così picciola, che per le distanze di poche linee, e meglio per quelle al di sotto di una linea, possiamo senza errore notevole attenersi a tal *ragione diretta*. Una sensibile discrepanza comincia solo dopo le distanze di 2 e 3 linee, ed è ancora picciola, come vedesi dalla qui riportata tabella; la quale indica pure di quanto poco, e come regolarmente vada mancando essa ragione diretta semplice. Non pretende però il nostro esimio sperimentatore di poter avanzare tal regola, e neppure i descritti risultati, come infallibili, e dell'ultima precisione; e solo ce li dà per giusti nel senso di una grande approssimazione: con che non ha fatto poco: massime che si estendono essi già molto, cominciando da una *tensione*, o carica così debole, che appena manifestasi al quadrante--elettrometro^e, e per cui il tiro della scintilla si ha appena alla distanza di 1/4 di linea; ed arrivando fino a delle cariche assai forti, valedoli a lanciare la scintilla ad 8. linee, e per le quali sovente le boccie di Leyden o si spezzano, o si scaricano da loro senza arco conduttore. § 43. I semplici conduttori di conveniente forma senz'angoli e punte, possono elettrizzarsi a gradi assai più alti, e scagliare quindi la scintilla a molto maggiore distanza, a quelle di 2. 3. 4. 6. 8. pollici, e più ancora, adoperandosi eccellenti macchine elettriche. Ora se anche per gradi di elettricità così elevati osservasi la stessa legge, cioè siano presso a poco proporzionali a tali gradi le distanze, a cui giunge la scintilla, è ancora ignoto, e lo sarà probabilmente per lungo tempo, difficilissimo essendo il determinar ciò con sicure sperienze, per le quali richiederebbonsi altri elettrometri diversi, e più esatti di quelli che abbiamo. I quadranti-elettrometri ordinarj non servono in alcun modo a misurare cariche così forti, e non possono neppur sostenerle, disperdendo essi l'elettricità troppo intensa con frequenti, o continui spruzzi dagli estremi della colonnetta, da qualche punto dell'arco graduato, e più dalla palla in cui termina il pendolo, la quale non vuol essere molto grossa: questi spruzzi si manifestano con un certo stridore, e sono visibili all'oscuro. Del resto anche per le cariche, che possono le boccie sopportare,

e rispetto alle quali la distanza esplosiva si è trovata dal nostro VOLTA abbastanza proporzionale ai gradi di *tensione*, cioè doppia, tripla, quadrupla, ec. per cariche a un dipresso doppie, triple, quadruple, o di pochissimo minori (§ prec.), avverte il medesimo, che ciò si verifica soltanto ove le scintille scocchino tra due palle metalliche; poichè altrimenti scoccando tra una palla, massime se poco grossa, e un piatto, e più tra un piatto ed una punta, la distanza, che può superarsi dalla scintilla, cresce in maggior proporzione della carica, singolarmente quando la direzione del torrente elettrico è dalla punta al piatto, ciò che favorisce molto il salto di essa scintilla, e la fa essere più lunga. Conchiude poi essere probabilissimo, che per i semplici conduttori di sufficiente grandezza, ed elettrizzati ai più alti gradi, a segno di lanciar grosse scintille fragorose ad alcuni pollici di distanza, cotali distanze, cui giungono a superare, eccedano pure di molto la proporzione delle cariche, ancorchè scocchino esse scintille tra due palle; le quali in tal caso ancorchè eccedano in grossezza uno, o due pollici fanno in qualche modo officio di punta. § 44. Venendo ora alle cariche debolissime, al disotto cioè delle più deboli comprese nella tabella qui sopra esposta (§ 42.), vedesi, che non possono esse più misurarsi dal quadrante-elettrometro (§ cit. e nota *a*), ma solo con elettrometri molto più delicati, con quelli cioè a pendolini leggerissimi rinchiusi in una boccetta, elettrometri inventati da CAVALLO, migliorati da SAUSSURE, e che da alcuni vengono denominati *micro-elettrometri*: tra i quali quello a boccetta, non più cilindrica, ma quadra e a semplici pendolini di paglia, sostituiti da Volta ai due fili metallici sottili terminanti in pallottoline di sovero, o di midollo di sambuco, (elettrometro oggi giorno usitatissimo, a cui ci siamo tante volte riportati nel presente scritto, e ci riporteremo pure in seguito) ha il vantaggio considerabilissimo di seguire un andamento molto equabile, e di aver quindi tutti i suoi gradi comparabili si può dire esattamente, almeno fino ai 18. o 20. (che portano uno scostamento delle due pagliette pendenti, di 9. in 10. linee, osservato alle loro estremità). La descrizione di questo elettrometro così perfezionato, e le prove dell'indicata comparabilità de' suoi gradi, se non rigorosissima, tale da non portare entro gl'accennati limiti error sensibile (per la quale prerogativa è preferibile a quelli di BENNET e d'altri Fisici a listarelle di foglia d'oro, tre o quattro volte più sensibili, a dir vero, ma non così comparabili) trovansi nelle *Lettere sulla Meteorologia Elettrica* di esso VOLTA pubblicate sono già molti anni: alle quali prove ne ha aggiunto in appresso altre in conferma, con esperienze instituite a quest'oggetto in varie maniere, e con maggiore accuratezza e precisione. § 45. Colla scorta di un sì fedele e prezioso stromento ha dunque il medesimo ricercato, se anche per tali cariche debolissime, per le quali non può servire il quadrante-elettrometro, osservisi la legge (§ 42.), che le distanze esplosive a cui cioè giunge la scintilla, e fassi la scarica, siano presso a poco proporzionali ai gradi delle cariche medesime; e fin dove ha potuto determinare con qualche esattezza tali distanze (il che riesce assai difficile, e infine impossibile per le estremamente piccole), ha trovato ch'essa legge si verifica, o almeno non falla notabilmente. Così avendo già veduto, che per la distanza di lin. 1/4 vi voleva la carica di gradi 2. 1/2 del quadrante elettrometro (§ cit.), che valgono gr. 40. del suo elettrometro a paglie sottilissime, trovò che ve ne volevano 20. di questi per 1/8 di lin., e 10. circa per una distanza, che potè giudicare essere appunto 1/16 di linea, eguale cioè alla grossezza di una carta, di cui ben 16. ve ne vogliono a far una linea. Seguendo un tale rapporto, per 4. gradi dello stesso elettrometro a paglie sottili la scarica non potrà farsi che ad 1/40 di linea, per 2. gradi a 1/80 lin. per 1. grado a 1/160 lin. ec. Se tali deduzioni non possono verificarsi esattamente con esperienze affatto sicure per

la già accennata difficoltà di misurare con precisione le troppo picciole distanze, che diviene poi impossibilità per le picciolissime qui indicate; possiamo però persuaderci almeno, che non vadano molto lungi dal vero. Che se pure se ne allontanano, non sarà certo nel senso, che si prendano da noi cotali distanze troppo picciole corrispondentemente alle cariche, ma bensì in senso contrario; stantechè, a norma della tabella sopra riportata (§ 42.), le distanze esplosive diminuiscono piuttosto in una proporzione maggiore che le cariche o *tensioni* elettriche: e quindi le qui notate frazioni di linea sono anzi troppo grandi, che troppo picciole; cosicchè a 2. gradi di carica non 1/80 di linea, ma 1/100 forse, od anche meno deve corrispondere; ad 1. grado 1/200 di lin. o meno; a 1/2 grado meno di 1/400 di lin. ec..§ 46. Ben si comprende, che quando le scariche, per così deboli *tensioni*, non possono farsi, che a distanze così picciole e impercettibili, neppure la scintilla può essere visibile, o appena: che niun altro segno elettrometrico sensibile, di attrazione cioè o ripulsione può osservarsi, a meno che si abbia ricorso al Condensatore (col quale se sia de' migliori, può raccorsi sufficiente elettricità per qualche scintilla, anche da tali cariche più deboli di 1/4 di grado dell'elettrometro a paglie sottili, e può manifestarsi qualche segno all'istesso elettrometro, da quelle di 1/20, di 1/60, e fino di 1/100 di grado: come ha mostrato il nostro VOLTA, ottenendone dalle cariche prodotte da una sola coppia di metalli diversi, ec.): e che, se una lamina d'aria estremamente sottile è da tanto d'impedire, od arrestare la scarica e corrente elettrica, basterà pure ad impedirli, ed arrestarli qualunque altro strato coibente sottilissimo; e basterà qualunque cattivo o troppo imperfetto conduttore, se non ad arrestarli, a ritardarli molto, tantochè non verrà a produrre scosse sensibili, comunque essa corrente provenga da una sorgente ricchissima, quali sono le grandi boccie, e batterie cariche a que' tali gradi, od anco da una indeficiente, quali sarebbero le batterie d'immensa capacità, e lo sono effettivamente gli apparati Elettromotori montati a simili *tensioni*, come si è fatto vedere. Però è, che un poco di ruggine, od altra patina, che copra un metallo in que' punti ov'esso viene toccato da altro metallo, non lascia passare la scossa; anzi neppure una catena metallica la lascia passare, la quale non sia ben tesa, o i cui anelli meno che lucidi e tersi eccedano un picciol numero; come non la lasciano passare un legno, una carta, un cuoio poco umidi, la pelle asciutta delle mani, l'epidermide delle foglie verdi, ed altri corpi, che pur sono, o partecipano della natura de' conduttori. § 47. L'aria molto diradata, e la fiamma, che sono decisamente conduttori, nè già cattivissimi, e che anzi si sono sostenuti, e si tengono tuttavia da molti per assai buoni, non lasciano neppur essi passare la scossa, sebbene permettano il tragitto della corrente elettrica, come il permettono pure gli altri conduttori imperfetti: ritardano solamente, per essere non abbastanza permeabili all'elettrico, essa corrente a segno, che essendo già non molto incitata, ossia movendosi (ne' casi di cui si tratta) con una debolissima tensione, riducesi per tale ritardo a non poter dare commozione sensibile. Tratteniamoci un poco intorno alla fiamma, a cui si è attribuito molto più di conducibilità o permeabilità al fluido elettrico, di quello che realmente ne goda; e si è tratto quindi erroneamente un argomento, od indizio di differenza fralle cariche elettriche, e le così dette galvaniche, (fra quelle cioè delle boccie di Leyden, e quelle delle pile Voltiane) dall'osservarsi, che non si avea scossa alcuna da queste ultime, ove la scarica dovesse attraversare una fiamma, anche per un picciol tratto: erroneamente dico, giacchè succede lo stesso anche delle scariche delle boccie di Leyden, che non abbiano maggior *tensione* di quella delle pile; onde in luogo di un'obbiezione contro l'identità del fluido elettrico e galvanico, ne ricaviamo anche da questa perfetta conformità una novella prova.

La fiamma adunque (secondo le accurate sperienze di VOLTA da lui medesimo comunicateci) facendo parte dell'arco scaricatore, ossia interrompendolo colla sua frapposizione, viene bensì attraversata dalla corrente elettrica, ma a stento; ovvero le porta tale impedimento, e ritardo, che se la carica o *tensione* non arriva almeno a 30. o 35. gradi dell'elettrometro a paglie sottili, che valgono 2. gradi circa del quadrante elettrometro, sia piccola, sia grande la boccia, o sia una batteria, non si ottiene scossa sensibile: epperò non si è potuta finora ottenere dagli apparati elettro-motori o pile, che sono ben lungi dall'arrivare a simile *tensione* (per arrivarvi dovrebbero essere composti da 1800. a 2000. coppie di rame e zinco, in ragione di 1/60 circa di grado, che vale la *tensione* elettrica prodotta da ciascuna coppia, come si è fatto più volte osservare ne' precedenti articoli). Al di sopra di tali gradi uno strato di fiamma qualunque esso sia, di spirito di vino, di olio, di cera, od altro combustibile frapposto ai conduttori metallici, ancorchè esso strato abbia più linee o qualche pollice di spessezza, non toglie di sentire la scossa, ma la indebolisce soltanto.

Del resto, che il fluido elettrico, cui tendono scaricare le pile, e le boccie di Leyden cariche a non più forte *tensione* delle pile, tragitti, a stento sì, ma pur tragitti per la fiamma non meno che per gl'altri conduttori imperfetti, quali sono l'aria diradata, carte, pelli, legni, ecc. poco umidi, si fa manifesto dal comunicarsi tali cariche, sia da una ad altra boccia, sia da una pila ad una boccia piccola o grande, ed anche ad una capacissima batteria, fino a portarvi un'egual *tensione* elettrica, malgrado l'interposizione ai due conduttori metallici di una fiamma; e dal comunicarvici in tempo ancora non molto lungo, cioè di uno, o due minuti secondi, come ne assicura il nostro Autore aver trovato, e ciascuno può coll'esperienza verificare. Ma che dico in tempo non molto lungo? Questo di uno, o due secondi è lunghissimo in paragone di un minuto terzo, e meno ancora, che, come si è spiegato ampiamente nell'articolo precedente, impiega la pila a comunicare ad una anche grande batteria la carica elettrica eguale alla sua, ove non siavi nell'arco conduttore tale interposizione della fiamma, od altro imperfetto deferente; epperò non è maraviglia, se rallentata cotanto allorchè avvi l'interposizione suddetta la corrente elettrica, mossa altronde debolmente da tali cariche inferiori a 30. gradi dell'elettrometro a paglie sottili, manchi la scossa. § 48. Veduto abbiamo come il salto della scintilla, ossia la distanza, a cui può giungere la scarica elettrica spezzando lo strato d'aria frapposto a conduttori metallici, salve alcune restrizioni, sia in ragione semplicemente della *tensione* ossia grado di carica, indipendentemente dalla quantità di fluido, che forma tal carica, e quindi dalla capacità delle boccie; ma che il valore, o gravezza della scossa dipende pur molto anche da questa capacità, a cui, come si comprende, corrisponde la quantità di fluido richiesto per una data carica: che in una parola la scossa è in *ragione composta* della *tensione*, e della *quantità* di fluido elettrico. Ora importa di sapere se questa ragion composta sia giusta ed esatta, cioè tale, che per date *tensioni*, ossia cariche di dati gradi, riescano le scosse precisamente del doppio, del triplo, del quadruplo più valide, secondo che le capacità delle boccie, e quindi le quantità di fluido elettrico, sono due, tre, quattro volte più grandi, ec. Ma qui dobbiamo dire che la cosa non ha potuto ancor bene determinarla il nostro Autore colle sue sperienze, per quanto numerose, e diligenti sieno state; anche perchè è difficile il valutare giustamente le scosse, e poter accertare, che una sia doppia, tripla, quadrupla dell'altra. Si può meglio giudicare, se due scosse siano, o no eguali, onde pare che si dovrebbe poi poter verificare se l'indicata ragion composta abbia luogo, col provare se si abbiano effettivamente scosse eguali da boccie di diversa capacità caricate appunto in ragione

inversa di esse capacità, es. gr. da una boccia di 20. pollici quadrati di armatura caricata a 40. gradi, e da una di 80. pollici caricata a 10. gradi. Ma s'incontra qui un'altra difficoltà, per ciò che, conforme abbiamo fatto osservare (§ 36.), le commozioni riescono in qualche maniera diverse riguardo alle loro qualità, ossia al senso ed impressione che fanno sugli organi, secondo che provengono da picciole boccie cariche fortemente, o da grandi cariche debolmente, sebbene tal diversità delle commozioni non sia molto grande, e in parecchi casi neppur rimarcabile. § 49. Chechè ne sia di queste, ed altre difficoltà, ecco ciò che il nostro sperimentatore crede poter avanzare sul punto del valore delle scosse, dipendentemente dalla capacità delle boccie, e batterie, e dal grado di carica: ecco il risultato di molte sue sperienze. Una bocchetta di vetro sottile (di $\frac{1}{3}$ circa di linea) avente circa 9. pollici quadrati di armatura, deve essere carica almeno 8. gradi dell'elettrometro a pagliette, per poter dare una scossa debolissima, e appena sensibile a un dito tuffato nell'acqua di un catino, la quale comunica per mezzo di una lastretta di metallo coll'armatura esterna di essa bocchetta, mentre si viene a toccare l'uncino, o filo metallico procedente dall'armatura interna con un'altra larga lastra o cannone impugnato a dovere dall'altra mano ben umida. Egli è questa una delle migliori maniere di esplorare le deboli scosse, e di sentire anche le minime, qual è quella appunto che dà detta bocchetta di 9. pollici di armatura carica 8. gradi: scossarella, che sentesi appena, e non affetta che una o due articolazioni di esso dito. Un'altra boccia 4. volte più capace, cioè di 36. pollici circa, ossia di $\frac{1}{4}$ di piede quadrato d'armatura, caricata 4. volte meno, cioè a 2. gradi dell'istesso elettrometro a paglie sottili, produce l'istessa minima scossa nel dito; e così pure una boccia di $\frac{1}{2}$ piede quadrato colla carica di 1. grado; una di 1. piede con quella di gr. $\frac{1}{2}$ ed una di 2. piedi colla carica di gradi $\frac{1}{4}$: le quali cariche tutte sono formate come si comprende dell'istessa quantità di fluido elettrico. Qui dunque la grandezza della capacità nelle boccie supplisce esattamente, come pare, o quasi esattamente, alla minor *tensione*, ossia grado di carica: e siccome il prodotto di questa *tensione* nella quantità di fluido elettrico risulta il medesimo, così pure eguale è l'effetto della scossa, eguale almeno il suo valore; nè si accorge ancora che differisca nella qualità, ossia modo di affettare gli organi. § 50. Carichinsi del doppio ciascuna di queste boccie, cioè 16. gradi quella di 9. pollici; 4. quella di poll. 36., e così gradi 2., 1., $\frac{1}{2}$ quelle rispettivamente di $\frac{1}{2}$, di 1., e di 2. piedi quadrati di armatura; la scossa, che darà ciascuna, e che prenderà allora tutto il dito, riuscirà ugualmente più risentita, ma comincerassi a distinguere qualche leggier differenza di sensazione: la quale differenza diverrà poi più notabile a misura che accrescendosi ancora del doppio, del triplo, del quadruplo ec., le rispettive scosse, diverranno corrispondentemente più valide, e si estenderanno al carpo, al gomito, e più avanti. In che consista questa differenza, che non è poi molto grande, si è già detto (§ 36.). Qui importa di osservare, che qualunque ella sia non toglie, che si possano giudicare le scosse delle picciole boccie, e delle grandi, cariche in ragione inversa delle capacità, di egual polso e valore, almeno presso a poco. § 51. Ma in ciò ancora convien riconoscere dei limiti: poichè se dalle bocchette di pochi pollici quadrati di armatura fino alle boccie, o giare di 1. piede quadrato, ed anche di 2. è sembrato al VOLTA, che si osservi esattamente, o quasi esattamente codesta legge, così che la gravezza delle commozioni sia tanto in ragione della capacità delle boccie, quanto in ragione dell'intensità della carica; un tal giusto rapporto ha trovato il medesimo non aver più luogo per boccie, e batterie di molto più grandi capacità, ossia non corrispondere intieramente all'aumento di queste capacità la grandezza e potere delle scosse. Così una batteria di 8. piedi quadrati, la quale seguendo esattamente l'indicata

ragione, dovrebbe produrre qualche scossarella sensibile nel dito (§ 49.) colla carica di 1/16 di grado dell'elettrometro a pagliette, non ne produce punto se non è caricata un poco di più, cioè ad 1/12 od 1/10 di grado e similmente colle cariche di 1. 2. 3. 4. gradi, ec. non produce già scosse 8. volte maggiori di quelle, che si ottengono da una boccia di 1. piede quadrato carica a quegli stessi gradi ma scosse soltanto 5. o 6. volte maggiori, come può giudicarsi all'ingrosso: ad averle quindi 8. volte maggiori vi vuole, una batteria di un'altra metà più grande, cioè di 12. piedi, o più. In generale a fare, che per un dato grado di carica le scosse riescano del doppio più valide, si richiedono batterie di capacità già più che dupla cominciando da quella di 1. o 2. piedi quadrati di armatura; poi quasi tripla; poi maggiore ancora, proseguendo alle grandezze di 8. 10. 15. 20. piedi quadrati, ec.; fin dove è arrivato colle sue sperienze comunicateci il nostro Volta: dietro l'analogia delle quali presume egli che vi vorranno anche 4. 5. 6. volte più capaci le batterie acciò valgano a produrre similmente per un dato grado di carica un doppio effetto, quando si tratterà di quelle che oltrepassino i 40. 60. 100. piedi quadrati di armatura; finchè l'ingrandirle ulteriormente non servirà più nulla a fare, che la scossa riesca più potente. § 52. Le quali cose tutte convengono benissimo con ciò che si è detto, e spiegato già ampiamente (§ 19. 29. e seg.), cioè che le boccie di Leyden di grande capacità, e le batterie capacissime, fanno sentire le scosse tanto più valide e poderose di quelle, che per eguali gradi di carica si hanno dalle piccole boccie, per ciò che a misura della maggiore quantità di fluido che forma la carica di quelle, ne riesce di tanto maggiore durata la scarica, comechè sembri pur anche istantanea; e perciò, che corrispondentemente a tal durata un maggior numero d'impressioni successive si confondono in certo modo in una impressione sola, la quale riesce così altrettanto più potente e risentita. A proposito di che si è soggiunto (§ 31. 34.) che ciò si dee intendere dentro certi limiti, e fino a quel segno, che tal durata della scarica, o corrente elettrica sembra a nostri sensi ancora un istante; giacchè poi prolungandosi ad un tempo sensibile, ed anche solo ad un minuto terzo, come finalmente accader dee con batterie di molto grande capacità, il dipiù che durasse oltre tal limite la scarica, per essere queste batterie più smisurate ancora, es. gr. di 600. piedi quadrati di armatura, di 800., di 1000., non influirebbe già più alla forza della scossa sensibilmente momentanea, ma solo agli altri effetti, che tengono alla durata della corrente elettrica per un tempo notabile (§ 32.): come avviene appunto cogli apparati Elettro-motori, la corrente continua de' quali non solamente dura un tempo sensibile, ma quanto durerebbe la scarica di una batteria d'immensa capacità, cioè un tempo indefinito, per non dire infinito. Per la quale durata, ossia scarica indeficiente, oltre le scosse, producono gli Elettromotori altri effetti sui nostri organi, e sopra altri corpi, che non valgono a produrre le grandi boccie di Leyden, e neppure le batterie, che finiscono in brevi istanti di scaricarsi. I principali di questi effetti sono le impressioni sui sensi della visione, del gusto, e del tatto già altre volte accennate, e delle quali ci occuperemo in un articolo particolare; siccome in un altro tratteremo degli effetti chimici, quali sono la decomposizione dell'acqua, di varj sali, ed altre sostanze, l'ossidazione e dissossidazione de' metalli ec. provenienti dall'azione degli Elettro-motori e che nè le boccie di Leyden, nè le batterie anche più grandi han potuto operare, se non in picciolissima parte, e molto imperfettamente.

LETTERA A MARTINO VAN MARUM

*Da Como, 22 giugno 1802**

Signore e mio carissimo amico

ho ricevuto la vostra lettera del 29 9^{bre} solamente ai primi di maggio, al mio ritorno a Pavia da un lungo viaggio in Francia. Lo è stato assai di più di quanto avrei voluto, a causa del congresso di Lione, al quale ho dovuto intervenire come deputato di Como, mia patria, e di una malattia, da me sofferta alla fine di questo congresso, seguita da una convalescenza assai lunga, durante la quale mi recai a Ginevra per ristabilirmi meglio ed attendere la dolce stagione per il mio ritorno in Italia. Ho passato assai gradevolmente due mesi a Ginevra, godendo soprattutto della buona compagnia degli scienziati, che abbondano in quel paese. Durante questo tempo non vi ho dimenticato, amico mio; vi scrissi alla fine di febbraio o al principio di marzo, dandovi mie notizie, aggiungendo qualche riflessione alle esperienze e osservazioni contenute nella vostra lunga lettera, di cui avevo visto solamente qualche estratto sui giornali, e comunicandovi che avreste potuto scrivermi ancora a Ginevra prima della mia partenza, che avrei ritardato ancora oltre un mese. Ma nei due mesi in cui rimasi a Ginevra non ne ho ricevuto affatto da voi, nè dal prof. Pfaff, al quale scrissi nel medesimo tempo, e press' a poco le medesime cose, indirizzando a Kiel, dove doveva trovarsi. Le mie lettere consegnate alla posta di Ginevra, si saranno perdute? Ne sarei molto seccato. Questa, che vi scrivo da Como, non dubito che vi perverrà, amico mio e collega, come tutte le altre scritte da qui vi sono pervenute gli anni scorsi. Vi prego di scrivermi appena la riceverete e di dirmi se avete ricevuto anche l'altra oppure no.

Avrete senza dubbio continuato le esperienze con i miei apparecchi per l'elettricità metallica, le avrete variate, ne avrete immaginate delle nuove; e non dubito affatto che esse siano tutte una conferma dei miei principj, come lo sono state quelle contenute nella vostra lettera del 9^{bre} scorso, che avete resa pubblica. Voi ne avrete dunque certamente per un'altra lettera, che attendo con impazienza. Sono stato meravigliato delle esperienze fatte con i dischi grandi, da voi portati a 200. Ancora qui *magnificentissimis tuis experimentis superasti conatus omnium*. Ma ciò che mi ha ancora di più soddisfatto sono le altre con quelli piccoli, quelli ordinari impiegati per caricare batterie elettriche piccole, medie e grandi. Finora io non avevo ancora saggiato a questo modo che una batteria di circa dieci piedi quadrati d'armatura, che tuttavia rispose benissimo e fu sufficiente d'altronde per verificare ciò che mi proponevo di dimostrare. Con una pila di 120. coppie metalliche, divisa in due, io caricai, nel più breve tempo possibile, questa batteria a 2. gradi del mio elettrometro a paglie sottili, al punto d'averne una scossa passabilmente forte, che si estese sino alle spalle. Voi siete andato molto più lontano: voi avete caricato una batteria di circa 140. piedi quadrati con una pila di 200. coppie e avete ottenuto commozioni considerevolmente più forti, ecc. Tuttavia non sono state tanto forti quanto avrebbero potuto essere. Voi dite che queste commozioni della grande batteria non uguagliavano ancora quelle date dalla pila stessa, che erano il doppio più forti. Ciò probabilmente deriva

dal fatto che il vetro delle vostre bottiglie era troppo spesso: se fosse stato sottile come quello delle mie, la vostra batteria avrebbe avuto molto maggior capacità, e con la carica e tensione eguali a quelle della pila, una tale batteria vi avrebbe dato una scossa eguale e anche più forte. La mia batteria di 10. piedi mi dà in tutte queste prove una commozione 4. o 5. volte più debole di quella della pila impiegata per caricarla (per avere, per esempio, la più debole possibile in un dito immerso nell'acqua, mentre l'altra mano ben umida impugna una larga lama metallica posta al contatto richiesto per chiudere il circuito, mi basta caricare questa batteria con una pila di 8. o tutt'al più di 10. coppie, mentre ne occorrono soltanto 2. per ottenere la medesima commozione appena percettibile, direttamente da questa qui). Se dunque, mi costruissi una batteria simile di 40. o 50. piedi quadrati d'armatura, ne avrei una commozione, se non eguale a quella della pila impiegata a caricarla, almeno poco inferiore; e con una di 100. piedi una commozione che oserei dire piuttosto più forte, che più debole. Ma come più forte? Sembrerebbe che tutt'al più con una batteria anche di capacità infinita (che produrrebbe, con la sua scarica una corrente elettrica continua e costante, altrettanto come la pila), sembrerebbe, dico, che si potrebbe tutt'al più produrre una commozione eguale a quella fornita dalla pila stessa. E tuttavia se si riflette che nella pila la corrente subisce sempre un ritardo o della difficoltà al suo passaggio per gli strati umidi, che non sono abbastanza buoni conduttori, e che nè questo ostacolo nè di alcun altro genere ha luogo nella scarica d'una batteria ben costruita, si comprenderà come la scarica di questa può produrre, per questa più grande libertà della corrente, una commozione più violenta di quella della pila, *a eguale tensione*; purchè solamente la capacità di questa batteria sia abbastanza grande affinchè la sua scarica continui per il tempo necessario a produrre sui nostri organi un pieno effetto. Poichè, alla fine, è il tempo in cui dura la scarica, ovvero la corrente, che fa sì che, *a parità di tensione*, la quale fornisce una velocità eguale al fluido elettrico, si abbia una scossa tanto più forte che non le bottiglie di Leida, dove le batterie hanno più capacità, come ho spiegato nelle mie ultime memorie.

Del resto, anche dalla mia batteria di 10. piedi caricata a 1. grado con una pila di 60. coppie, a 2. gradi con una di 120., ecc., io ho una commozione più forte di quella che mi danno le pile stesse, se gli strati umidi di queste pile non lo sono abbastanza o se l'umido è costituito da acqua pura. In questo caso voi sapete che la commozione è debolissima e quasi impercettibile, sebbene la *tensione elettrica* rimanga ancora la stessa. Il fluido elettrico è spinto con la stessa forza; ma la corrente subisce molto ritardo a causa dei conduttori molto cattivi che deve attraversare. Questo ritardo pertanto, non impedisce che la batteria si carichi al medesimo grado di tensione; soltanto che occorre per questo più tempo: se i dischi di carta sono quasi disseccati, tanto che non si abbia più dalla pila una commozione sensibile, occorrerà, per caricare la batteria al medesimo grado della pila, uno o più secondi; mentre, se questi cartoni sono ben inzuppati basterà 1/4, o 1/8, di secondo anche per una batteria di 50. 60. 100. piedi quadrati; e 1/20 di secondo o meno ancora, se, invece d'acqua semplice, essi saranno intrisi di un buon liquido salino.

Concludiamo che la *rapidità della corrente elettrica* e di conseguenza la forza della commozione che si avverte, è in ragione composta della *tensione elettrica* e della libertà o facilità di passaggio in tutte le parti della catena o circuito. Ora, la *tensione elettrica* corrisponde esattamente, come le nostre esperienze elettrometriche dimostrano, al *numero di coppie metalliche*, disposte nell'ordine conveniente, di cui è composta la pila, in ragione di 1/60 circa di grado del mio elettrometro a paglie, per ciascuna coppia, se esse sono di

rame e zinco. La *facilità di passaggio* del fluido elettrico dipende dalla permeabilità o *facoltà conduttrice* dei dischi umidi di cartone, di panno e simili, interposti tra queste coppie metalliche. Così, supposto che la pila sia formata da 120. coppie, darà sempre al mio elettrometro 2. gradi e caricherà similmente a 2. gradi una bottiglia di Leida e una batteria di qualsiasi grandezza, sia che i dischi siano solamente un poco umidi o che siano ben inzuppati, piccoli o grandi, imbevuti d'acqua pura o di un liquido salino, ecc. Non occorrerà che un po' più di tempo, quando siano umettati d'acqua pura e nella misura in cui saranno più piccoli o meno umidi, per il ritardo subito dalla corrente elettrica a causa di questi ostacoli. Ebbene, questo ritardo, questa diminuzione di rapidità della corrente, farà sì che la commozione data dalla pila sia altrettanto meno forte, e quasi impercettibile o nulla. Serviamoci dell'esempio di questa stessa pila di 120. coppie: i cartoni interposti sono piccoli di 1 pollice circa e poco umidi? Non se ne potrà ottenere commozione sensibile; tuttavia, essa farà indicare l'elettrometro 2. gradi, e in qualche secondo caricherà a 2. gradi una batteria, che, con questa carica, darà una buona commozione. Inumidendoli sufficientemente d'acqua: ancora la medesima tensione elettrica di 2. gradi, ma la commozione non mancherà, per quanto debole, ed essa comincia pure a farsi sentire alla 20.^{ma} coppia. Si sostituiscano ai piccoli dischi di cartone di 1. pollice circa di diametro altri di 8. o 10. pollici ben umettati d'acqua pura (e perciò si prendano anche delle ampie lamine metalliche), la commozione sarà considerevolmente più forte e sensibile già alla 6.^a o 7.^a coppia: tuttavia la tensione elettrica non sarà aumentata; solamente la larghezza dei dischi bagnati facilita il passaggio del fluido elettrico. Si riprendano le piccole placche e i piccoli dischi di cartone e li s'imbevano di una soluzione salina, specialmente di muriato d'ammonio, un conduttore molto meno imperfetto dell'acqua pura: si avrà una commozione incomparabilmente più forte e quasi insopportabile, sebbene la tensione elettrica sia ancora di 2. gradi, e si comincerà ad avere una commozione appena percettibile alla 3.^a o anche alla 2.^a coppia. Infine, si inzuppino di questa medesima soluzione salina i dischi grandi, e li si interponga alle grandi coppie metalliche: non si guadagnerà nulla in *tensione elettrica*, che sarà ancora di 2. gradi per 120. di queste coppie, ma si guadagnerà molto per la rapidità della corrente, che troverà la più grande facilità di passaggio attraverso questi larghi strati conduttori e assai buoni conduttori. Da qui i prodigiosi effetti ottenuti dalla scintillazione e fusione di fili e foglie metalliche assoggettati a questa corrente mossa anche da un piccolo numero di questi pezzi, ed ancora più sbalorditivi di quelli da voi ottenuti con un apparecchio di 200. coppie.

Ma perchè la commozione, che ha guadagnato finora in forza sia per la migliore umettazione d'acqua, sia per una maggiore estensione del disco imbevuto da quest'acqua, e soprattutto per la sostituzione all'acqua di un buon liquido salino, non guadagna più nulla o quasi nulla per la grande larghezza data ai dischi imbibiti di questo medesimo liquido? Mentre la rapidità della corrente elettrica aumenta per questo sino a produrre le fusioni che si sono viste. Su questa difficoltà vi ho risposto nella mia lettera da Ginevra, e rispondo più ampiamente nella continuazione della memoria che ho letta all'Istituto di Parigi, di cui la 1.^a parte solamente è stata pubblicata negli Annales de Chimie, e il resto non tarderà ad apparire. Basterà dunque ricordarvi, che quando si vuole saggiare la commozione, il corpo dell'uomo, che allora fa parte del circuito, essendo esso un cattivo conduttore e tanto più cattivo quanto più esteso in lunghezza e le sue braccia non siano tanto larghe, e di gran lunga meno permeabile al fluido elettrico dei dischi della pila inzuppata d'acqua salata, il

corpo dell'uomo, dico, rallenta molto la corrente elettrica, che in tal caso non è più capace di fondere i fili metallici, che quest'uomo, comunicando con una mano ad un'estremità della pila, presentasse con l'altra all'estremità opposta. La commozione acquista, secondo me, in forza, a misura che il passaggio del fluido elettrico attraverso i dischi umidi della pila si trova meno impedito, finchè non lo sia più che nel corpo dell'uomo, che deve attraversare. Giunto al termine che l'ostacolo più grande si trovi in questo corpo, di modo che è questo che limita la rapidità della corrente, non la si aumenta più allargando ulteriormente le vie in altre parti del circuito, e precisamente quelle dei dischi umidi. Ecco perchè è inutile, per quanto riguarda la commozione, aumentare la larghezza oltre 1. o 2. pollici, dei dischi inzuppati di un buon liquido salino, e ciò è molto vantaggioso per fondere i fili metallici, quando non c'è nè il corpo dell'uomo, nè alcun altro cattivo conduttore che rallentino la corrente elettrica. Vedo dalla vostra lettera di 9^{bre} che anche voi eravate entrato in questa spiegazione, ma non l'avevate ancora compenetrata abbastanza per sciogliere ogni difficoltà. Io vi sono ritornato in un'altra memoria che è stata inserita nella *Bibliothèque Britannique*, che si pubblica a Ginevra, ma forse non mi sono ancora spiegato bene. A me sembra di comprendere bene la cosa: come pure l'altra, che costituisce un punto essenziale, cioè che i liquidi salini non sono preferibili all'acqua semplice se non per il fatto che stabiliscono, sia per la loro natura più conduttrice sia per la loro forte adesione ai metalli, una comunicazione molto migliore; senza considerare la loro azione motrice propria, che è ben poca cosa e può essere favorevole o sfavorevole secondo che essa è cospirante o opposta all'azione ben più marcata che col loro contatto mutuo eccitano i due metalli.

Siccome la batteria si carica assai da vicino allo stesso grado in cui si trovano i dischi imbevuti d'acqua salata, o d'acqua pura, e sempre in un tempo brevissimo, quantunque meno prontamente in quest'ultimo caso, è bene servirsi a questo scopo di pile con dischi inzuppati d'acqua semplice, la quale, attaccando molto meno i metalli, fa che l'apparecchio duri a lungo in buono stato, senza bisogno di smontarlo, essendo sufficiente l'immergerlo tutto intero nell'acqua quando i dischi sono troppo secchi, lasciandovelo un tempo conveniente ed asciugandolo adeguatamente all'esterno dopo averlo ritirato. Ci si può ancora evitare quest'ultima pena, immergendolo nell'acqua ben calda e togliendolo allorchè il calore di quest'acqua è tale che la mano ne possa appena sopportare il contatto: allora la pila fumante si dissecca da sè stessa all'esterno quanto basta, mentre i dischi di cartone o di panno conservano abbastanza acqua.

Vi scrivevo di provare a bruciare e fondere il filo di ferro ecc. con le scariche della batteria caricata dalla pila. Spero che l'abbiate fatto con successo. Io sono riuscito a fare scintillare la punta aguzza d'un filo di ferro molto sottile con la mia batteria di 10. piedi quadrati, caricata con un contatto brevissimo con una pila di 20. coppie solamente, o anche con una più piccola. Questi effetti, cioè la combustione e la fusione del metallo, aumentano a misura che carico a un più alto grado la batteria sia con pile di un maggior numero di coppie, sia altrimenti (per esempio, con la scintilla d'un elettroforo o con una macchina elettrica ordinaria); ma la vera scintilla elettrica confondendosi con quelle provenienti dalla de-flagrazione del metallo rende l'esperienza più o meno equivoca. Vorrei poter saggiare con grandi batterie, che caricherei con pile da 20. 40. 60. 100. coppie, ma queste grandi batterie costruite appositamente con l'esattezza e l'attenzione necessarie per questi tipi d'esperienze, io non me le sono potute procurare finora. Provvedete, dunque, voi, Signore,

anche per queste esperienze in grande, che io non sono in grado d' eseguire.

Ce ne sono ancora delle altre, che vi proporrei. Una, importante, è di tentare d'ottenere lo stesso sviluppo di gas idrogeno, e l'ossidazione rispettiva dei due fili metallici immersi nell'acqua ecc., che si produce per l'azione continua della pila, di ottenerlo, dico, con parecchie scariche reiterate e ravvicinate il più possibile di una grandissima batteria caricata a riprese dalla corrente di una buona pila. Si possono agevolmente disporre le cose in modo che tali cariche e scariche alternative si succedano con l'intervallo di mezzo secondo o meno ancora.

Ma mi piacerebbe ancora di più se voi riusciste nell'altro modo che vi ho già proposto, cioè con la corrente elettrica continua della vostra grande macchina, la qual corrente copiosa forse come quella d'una buona pila (voi la credete ancora più abbondante, ma io ne dubito molto), costretta da una disposizione conveniente a passare da un filo metallico attraverso l'acqua in un altro che comunicasse liberamente col suolo umido, o meglio con le spazzole della macchina in azione, dovrebbe fare apparire all'uno e all'altro di questi fili la medesima quantità all'incirca di gas idrogeno intorno a un filo, e d'ossigeno o ossido attorno all'altro, come con la pila. Sì, la stessa quantità e nella stessa maniera e con lo stesso aspetto, se veramente la vostra grande e prodigiosa macchina elettrica è capace di fornire e far passare entro conduttori senza fine tanto fluido elettrico in ogni istante o in un dato tempo, quanto ne fornisce e fa passare la pila. Sarà dunque il successo a decidere quale ne fornisca e versi di più. Per le altre macchine che non sono così grandi ed eccellenti come la vostra, è già stabilito che forniscono molto meno d'una pila anche piccola. E così non è sorprendente che si sia avuta molta pena ad ottenere con esse che si sviluppasse qualche piccola bolla d'aria dalla punta estremamente sottile d'un filo d'oro ecc., mentre con una pila di 10. coppie solamente si ottiene che fili non così sottili e più lunghi di 1. pollice, si ricoprono in tutta la loro superficie di un gran numero di bolle, ecc. In verità la quantità di fluido elettrico versato ad ogni istante da una pila, che non ha neppure la *tensione* di 1. grado del mio elettrometro a paglie sottili, che non ha per esempio che quella di 1/2 grado, non essendo formata che da 30. coppie, è prodigiosa: essa carica a questo medesimo grado una batteria di più di 100. piedi quadrati, in meno di 1/10 o di 1/20 di secondo, tanto che questa potrebbe essere caricata da 100. scintille di un mediocre elettroforo o da 5. o 10. giri di una passabile macchina elettrica, che impegnerebbero 15. o 20. secondi.

Finisco questa lettera scritta in fretta, proponendovi un espediente comodo nella costruzione delle pile, sia con grandi che con piccole placche. Per queste ultime è bene saldare la placca di zinco a quella di rame, o stagnare solamente il rame su una faccia con una stagnatura di stagno e zinco in dosi quasi eguali. Per le grandi placche niente di meglio di una simile stagnatura assai spessa, rialzando un po' i bordi delle placche in modo che non scoli acqua spremuta dai grandi cartoni inzuppati.

Di grazia scrivetemi, informandomi di tutto ciò che avete fatto dopo la vostra lettera del 9.^{bre} e di ciò che si è fatto di più notevole qui e all'estero. Da molto tempo non ho più notizie e non ho ricevuto giornali.

Con i sentimenti che vi ho dedicati da molti anni, Signore e mio caro collega, sono

Vostro obbedientissimo Serv^{re} ed affezionato amico
Alessandro Volta.

*Originale in francese, tradotto da A. Chierico.

LETTERA ALL'ABATE ZAMBONI
SULLE PILE A SECCO

Al Chiarissimo Sig. Professore Zamboni

7bre 1812

Il signor Cav. Barone Carlotti, Ciambellano di S. M. I. mi avea prevenuto qualche settimana fa con sua gentilissima lettera, dell'intenzione, ch'Ella, ornatissimo signor Prof., avea d'indirizzarmi e dedicarmi una dissertazione sopra una nuova pila da lei costrutta, di cui mirabili e non più visti erano gli effetti. Doveano entrambi immaginarsi ch'io sarei stato curioso al sommo di conoscere cotesto ingegno, ed avido di leggere lo scritto: ed era inutile l'aspettare un riscontro da me, che fossi per accettare di buon grado un'offerta tanto graziosa. Giorni sono mi pervenne qui a Como (dove son venuto a passare qualche mese di vacanza, giacchè Milano mi toglie alla mia cara Patria per la maggior parte dell'anno) la cortesissima di lei lettera de' 25 scaduto Agosto coll'enunciata dissertazione, che lessi tosto, e gustai moltissimo. Or dunque mi fo premura di ringraziarla, dell'una e dell'altra, e poichè richiede il mio qualunque giudizio sopra questa sua produzione, incamminata già a pubblicarsi colle stampe, le dirò schiettamente e con tutta ingenuità quello che ne sento, comunicandole ancora parte nella presente, e parte in altra lettera, che seguirà dappresso questa, alcune analoghe mie sperienze, e idee in gran parte conformi alle sue.

Quantunque l'idea di costrurre delle pile elettriche a secco o tali che nè soffrano alterazione o guasto ne' metalli onde sono composte, nè perdano la loro attività per lunghissimo tempo, non sia altrimenti nuova, nè nuovi i tentativi, poichè varj ne sono già stati fatti, e non dal solo De Luc, dal quale confessa Ella con dolore d'essere stato prevenuto, ma da altri Fisici, e da me ancora; quantunque essendomene io occupato fin dal principio, che inventai *l'apparato elettromotore*, e lo congegnai in varie forme, a *colonna* cioè (a cui fu dato poi il nome di *pila*, e ritenuto generalmente), a *corona di tazze*, ecc., sia anche riuscito son già alcuni anni a costrurne di tali colonne, o pile alcune discretamente buone, senza farvi entrare nè acqua, nè liquori acidi, nè altre soluzioni saline; i quali liquori oltre l'inconveniente d'intaccare, e guastare i dischi metallici, soggiacciono a quello di svaporar presto, e lasciare asciutti i bollettini di cartone, di panno, di pelle, o di qualsiasi stoffa, che ne erano inzuppati, talchè resi troppo cattivi conduttori non servono più, o malissimo; ond'è mestieri smontare sovente la pila, raschiare i dischi metallici per levarne l'ossido, e umettati di nuovo i bollettini rimontarla, acciò agisca ai nuovo colla primiera forza, che in gran parte, se non del tutto, era venuta meno, quantunque, dico, io sia riuscito con qualche felicità a costrurre delle pile durevoli senza farvi entrare acqua nè semplice, nè salata le

quali non soffrono alcun guasto, e che agiscono passabilmente bene per mesi ed anni, senza bisogno di smontarle mai, producendo esse effetti elettrometrici a pari o poco meno delle pile fornite di bollettini imbevuti di fresco d'acqua; confessar debbo, che son restato indietro non poco del segno, a cui sono arrivati Ella, e il signor De Luc. Son io certamente rimasto addietro non già riguardo all'attività, che è anzi maggiore a egual numero e qualità di coppie metalliche, nelle mie pile, in cui i bollettini sono pure di carta, come in quelle di De Luc, e sue; non però di carta semplice che per tempo secco trovo che son troppo restie, e fanno male, ma ben intrise di tale o tal altra sostanza, molle o semiliquida, come il vischio, il miele, e qualche altra che nè si corrompe, nè si asciuga di leggieri, nè s'indurisce che a capo di mesi e di anni, e che continua poi anche indurita ad essere passabilmente buon conduttore. Ma bene son rimasto indietro lo ripeto di lungo tratto riguardo al numero di esse coppie metalliche e bollettini cartacei, al numero dei gruppi o articoli, che voglian dirsi, di cui venner composte cotali mie pile in confronto di quelle di De Luc, e delle sue. Io, siccome mi proponeva soltanto di determinare le varie *tensioni elettriche*, che sorgono da varie di queste pile, e in varie circostanze; il tempo richiesto sia ad innalzare con esse i miei elettrometri comparabili a paglie, al grado cui potean giungere, giacchè tale innalzamento era or più or meno pronto e talvolta assai lento come accade massimamente ove i bollettini siano di semplice carta nè d'acqua nè d'altra sostanza intrisa, sia a caricare a quell'istesso grado, o presso a poco questo o quello de' miei condensatori, le boccie di Leyden, picciole, mezzane, grandi, e fino le batterie più capaci disposte a dovere e tenute in quell'ottimo stato che conviensi per tali prove delicate: siccome tutte, o la massima parte di cotali sperienze io dirigeva alle mie ricerche intorno all'*Elettrometria*, di cui mi occupo da gran tempo; così mi bastavano per loppù pile di 20, 30, 40 gruppi, dalle quali coll'ajuto di un condensatore anche non ottimo arrivava ad ottenere altrettanti gradi, o più del mio elettrometro a paglie sottili, delle scintillette, ecc., e quando pur volli aver qualche segno all'istesso elettrometro senza il soccorso del condensatore, con applicare cioè quello a dirittura ai poli della pila, mi contentai d'ingrandirla fino a 100, 150, 200 gruppi, tanto che salisse esso elettrometro a più d'un grado, a 2, a 3 tantochè le scosse, che io non potea avere direttamente dalla pila per la lentezza con cui si move il fluido elettrico attraverso que' bollettini troppo poco deferenti, le ottenessi dalle grandi giare o batterie caricate col dovuto tempo cioè in 10, 20, 30 o più minuti secondi, da essa pila, e al grado presso a poco di essa, e non mi curai di più: o a dir più giusto non ebbi la pazienza di accrescere ancora la pila, e portar i segni elettrometrici a più alto grado, stimando che non valesse la pena, contento altronde di prevederli, e poterli coi dati che aveva calcolare.

Il signor De Luc, ed Ella hanno altrimenti, e meglio pensato; e quindi mi han colle loro pile tanto ingrandite superato di gran lunga mano, se non nelle ricerche d'elettrometria, giacchè nulla più insegnano tali pile formate di un sì gran numero di gruppi, di quello dimostrano le mie più picciole, e comode, e dirò anche più costanti, più esatte, e più comparabili ne' loro effetti; ma nella novità di alcuni fenomeni vistosi, e sorprendenti, quali sono la perenne tensione non ad un grado, o due solamente, come riuscì a me, ma a più gradi degli elettrometri applicati immediatamente all'uno e all'altro polo, le notabili vicende e alternative a cui soggiacciono esse tensioni, indicate da essi elettrometri; e soprattutto le quasi perpetue oscillazioni de' pendolini (altra specie di elettrometri) adattati alla maniera di De Luc, e le realmente perpetue dell'ago calamitato adattato alla maniera sua, prestantissimo signor Professore, nella molto più bella, comoda, ed elegante macchinetta da Lei così bene immaginata e descritta, che mi piace al sommo e non posso

finir di lodare.

Quanto al preteso merito essenziale di presentarci un istromento meteorologico, che indicar ne possa il vario stato elettrico dell'aria, e della terra, dirò apertamente, che lo tengo per un'illusione; e posso dimostrare che è un errore manifesto e palpabile. E come mai ha Ella adottato tale idea di De Luc? Come mai non ha veduto, e toccato con mano, che le variazioni nei segni elettrometrici di coteste pile a bollettini di carta o simili, dipendono unicamente dal più o men umido massime da quello che comunica l'ambiente ai bollettini di carta, di sostanza molto igrometrica, umido che dando un più libero passaggio al fluido elettrico, onde acquisti più rapido corso, rende l'azione della pila se non altro più pronta, che vuol dir molto; poi anche dal velo umido, che or più or meno ricopre l'esteriore or di essa pila, or dell'elettrometro, or degli altri isolatori, che v'intervengano, rendendoli meno isolanti, per lo che dissipandosi o meno l'elettricità, meno si alza l'elettrometro, ecc.? Così è; l'umido produce nell'apparato degli effetti contrarj, e complicati secondo che viene contratto e ritenuto dall'interiore della pila, dai bollettini cioè, e riesce favorevole, o dall'esterna superficie della medesima, dell'elettrometro, ecc. e reca pregiudizio. Tali effetti complicati nelle varie circostanze è impossibile calcolarli esattamente, però si possono con facilità valutare all'ingrosso; e a rilevare quanto influisca vantaggiosamente l'umido dei bollettini cartacei, o simili, basta tenere la pila per uno o due giorni in luogo umido, ed esplorarla poi in luogo e giorno convenientemente asciutto; siccome a rilevare l'influenza nociva dell'umido esterno, basta indurvi a bella posta tale umidità superficiale; che se infine procurisi l'umido maggiore a detti bollettini, nel modo indicato, o altrimenti, e allo stesso tempo la maggiore secchezza all'esterna superficie della pila, con esporla e. g. per brev'ora a un'aura di fuoco, o a raggi del sole, si otterrà tutto quel vigore e prontezza di segni elettrici, ch'è atta a dare cotal pila, che non è a rigore, ma può ancora denominarsi *pila a secco*. Insomma è troppo grande e troppo manifesta l'influenza dell'umido per non dover attribuire a questo le vicende che si osservano negli effetti or alti or bassi, or più or meno pronti di siffatte pile a bollettini di carta, o di altre sostanze similmente suscettibili dell'umido atmosferico; a che dunque andar in cerca di altre cause, e immaginare gratuitamente che dipendano dal vario stato dell'Elettricità terrestre, e atmosferica? a che esaltare, e con qual fondamento tali pile, al grado di istromento meteorologico? Possono servire sibbene in qualche modo per l'igrometria, ma in niun modo per la Meteorologia elettrica.

Molte più cose Le potrei dire intorno a questa chimerica idea di De Luc che mi spiace di vedere da Lei adottata, e ad altre del medesimo non meno singolari e strane, ch'Ella combatte benissimo co' miei principj, e ch'io finirò di distruggere; ma riservo queste, e le ulteriori mie osservazioni sulla di lei macchina e dissertazione per l'altra lettera che le ho promessa. Intanto per non più ritardare le spedisco questa; e le domando se, e come devo rimmetterle il suo Manoscritto; di cui forse ha bisogno.

Mi fo pregio di dichiararmi colla maggiore stima.

SULLA PILA SECONDARIA

[traduzione da una nota in francese]

A questo punto non posso lasciare di fare osservare che la pila inattiva del signor Ritter, costruita con semplici monete d'oro, e cartoni inumiditi, che diventa attiva quando è stata assoggettata per qualche minuto all'azione di una buona pila di altro genere e potente, questa pila, dico, secondaria, che l'autore ha chiamata impropriamente *pila da caricare*, e che si potrebbe a più buon diritto chiamare *pila da cambiare*, non è più semplice di come era [prima], con le monete d'oro ossigenate su una faccia; sotto la potente azione della pila primaria, sulla faccia, dico, dalla quale il fluido elettrico posto in circolazione esce dal metallo per entrare nell'umido, sviluppa, come è noto, ossigeno, che allo stato nascente s'attacca al metallo, ecc. La cosa, se ci fosse ancora bisogno di prove, è dimostrata anche dal fatto che ogni moneta d'oro che abbia subito questa azione eccita un sapore vivo sulla lingua, le convulsioni nella rana, ecc.; comportandosi, in una parola, come uno dei doppi dischi metallici di rame e zinco di cui si compongono le pile ordinarie: sì: ogni pezzo d'oro della pila secondaria lavorata non è più un pezzo omogeneo semplice, ma ha acquistato due facce differenti per quanto riguarda la facoltà elettromotrice. Si può infatti smontare una tale pila secondaria e ricostruirla senza aggiungervi nulla, e la si trova ancora attiva.