

MEMORIA PRIMA
SULL' ELETTRICITA' ANIMALE
PARTE PRIMA

Scoperta del signor Galvani, e confronto di essa colle cognizioni, che finora si avevano intorno all'elettricità animale.

β 1. La Dissertazione da pochi mesi pubblicata dal Dr. Galvani dell'Istituto di Bologna, e Professore di quell'Università, celebre per altre scoperte anatomiche e fisiologiche, sull'azione dell'Elettricità nel moto muscolare, contiene una di quelle grandi e luminose scoperte, che meritano di far epoca negli annali delle scienze fisiche e mediche, non tanto per ciò che ha in se stessa di nuovo e di mirabile, quanto perchè apre un largo campo di ricerche non meno interessanti che curiose, e di utilissime applicazioni. L'esistenza di una vera e propria *Elettricità animale*, vale a dire che eccitarsi di per se negli organi viventi senza indurvene punto di straniera, cioè di quella già eccitata con qualsisia artificio in altri corpi; elettricità appartenente a tutti gli animali a sangue freddo, e a sangue caldo; che trae origine dall'organizzazione medesima, e dura e si mantiene anche ne' membri recisi, finchè avvi un residuo di forze vitali e il cui giuoco ed azione si esercita primieramente tra nervi e muscoli; è ciò che viene provato ad evidenza nella terza parte di quest'Opera con molte sperienze ben combinate, e accuratamente descritte.

β 2. Senza qui riferire in dettaglio cotali sperienze, ci basterà di dar un'idea generale sì del modo loro, che dei maravigliosi effetti. Consistono dunque questi nel veder eccitate vive e forti contrazioni ne' muscoli, e gagliardi movimenti in tutto l'arto, ugualmente che si ecciterebbero adoperando coll'elettricità artificiale, senza punto impiegar questa nè debole nè forte, col solo applicare un'estremità di un *arco conduttore* qualunque al muscolo, e l'altra estremità al suo nervo, il quale trovisi o semplicemente staccato da tutto il resto, e messo a nudo, o meglio rivestito in gran parte di una foglietta metallica: delle quali operazioni avrem campo di parlare ampiamente in progresso.

β 3. Or l'arco conduttore così semplicemente applicato, è noto a chi abbia anche solo leggier tintura della Scienza elettrica, non poter indurre elettricità alcuna; ma bene aver proprio ed unico officio di toglier quella che già esista, di rimettere in equilibrio il fluido elettrico già sbilanciato, trasportandolo da' luoghi in cui prevale per quantità o per tensione, a quelli in cui è deficiente: e appunto per questo si chiama *arco conduttore o scaricatore*. Dobbiam dunque presumere, che in tale stato di elettricità, ossia di sbilancio del fluido elettrico nelle relative parti trovinsi naturalmente costituiti codesti organi dell'animale, se il semplice arco conduttore dà luogo alle sopradette contrazioni del muscolo: che dico presumere? Dobbiam avere la cosa per certa, cioè che non altro che il fluido elettrico produce in tali circostanze codesti moti muscolari, e non altrimenti li produce, che trovandosi nell'indicato modo sbilanciato tra parte e parte dell'animale, e venendo dall'arco conduttore portato all'equilibrio.

β 4. Del resto quest'arco conduttore può essere di uno, di due, o più pezzi di metallo in

tutto o in parte, ed anche di altri corpi, che siano però *deferenti* dell'elettricità, come l'acqua, i corpi animali, i panni, legni, muri, purchè non troppo secchi, ecc. In somma quello, che vi vuole acciò succeda a dovere la scarica di una *boccia di Leyden*, cioè che nel *circuito*, ossia strada che ha da percorrere il fluido elettrico per portarsi dalla superficie della boccia che ne ridonda all'altra che ne scarseggia, non si frapponga alcun corpo *coibente*; quello stesso si richiede anche qui per l'animale preparato nel modo suddetto, acciò il fluido elettrico che sostiensì naturalmente sbilanciato, in virtù della propria organizzazione, tra nervo e muscolo, o tra l'interiore e l'esteriore del muscolo medesimo (com'è più probabile), si traduca dall'uno all'altro termine colla necessaria prontezza.

β 5. Quindi a misura, che col venir meno della *vis vitae* illanguidisce l'accennata potenza elettrica, sia riguardo l'azione, per cui il fluido elettrico si va sbilanciando nelle opposte parti, tra il nervo cioè e il muscolo, o tra l'interiore e l'esteriore di questo, come s'è detto, sia riguardo la forza onde viene esso fluido sollecitato all'equilibrio, ecco che cominciano, se non a intercettare assolutamente tal passaggio, a ritardarlo di troppo molti corpi anche non assolutamente coibenti, in ragione cioè che sono meno buoni conduttori. Il pavimento della stanza le muraglie, i tavoli di marmo, o di legno asciutti, i tappeti ecc. sono assai poco deferenti; epperò anche i primi, che entrando a far parte dell'arco conduttore o circuito, non servono più bene alla scarica, la trattengono o ritardan così, che non han più luogo le convulsioni nell'animale preparato, che accadevano prima, quand'erano cioè nel maggior vigore le di lui forze vitali. Poco dopo, scemate maggiormente coteste forze, non serve più neppure una catena di persone che si dian mano, ed è inutile di tentare l'esperienza in questo modo; indi ne anche una persona sola, che faccia officio di arco conduttore, è a proposito; appresso neppure l'acqua; e da ultimo neppure molti pezzi di metallo concatenati, riuscendo soltanto l'esperienza con un arco conduttore metallico di un pezzo solo, o di due al più; ai quali se frappongasi checchesia altro anche picciolissimo in grossezza, e. g. una sottil carta, tanto basta per impedire la libera e pronta trasfusione del fluido elettrico, quale è richiesta a far nascere la contrazione de' muscoli.

β 6. Or anche in ciò si riscontra nel membro od organo dell'animale, cioè nel muscolo unito al suo nervo, una grande analogia colla *bottiglia di Leyden*; giacchè si ritarda nella stessa maniera per l'interposizione degli stessi corpi la scarica sibbene di questa, e quasi s'impedisce del tutto, se sia l'elettricità debolissima, potendosi solo compiere in questo caso detta scarica a dovere col mezzo di un arco conduttore tutto metallico e continuo, anzi pure di un solo pezzo. In somma corrispondono per tutto quello che ha rapporto a una diversa attitudine de' corpi a trasmettere il fluido elettrico, cioè massima de' metalli che sono perfetti *deferenti*, men grande degli altri conduttori meno perfetti, e minore a proporzione appunto che lo son meno, fino alla niuna attitudine de' veri *coibenti*, corrispondono, dico, puntualmente, siccome la prontissima e intiera, la più o men tarda e imperfetta, e infine l'impedita scarica d'una boccetta di Leyden, così pure il facilissimo, il più o men difficile, e il niun successo delle contrazioni muscolari nell'animale preparato, cui si applica l'arco conduttore.

β 7. In vista di che chi potrà dubitare che siano questi moti de' muscoli cagionati da un simile giuoco del fluido elettrico, sbilanciato naturalmente tra l'interiore e l'esteriore di essi muscoli, o tra questi e i nervi, come lo è per arte nelle opposte superficie di una boccetta carica, e portato dal detto arco all'equilibrio?

§ 8. Tale è il complesso delle sperienze, e la sostanza della scoperta del Sig. Galvani relativamente all'Elettricità animale. La quale scoperta è veramente grande e originale: poichè, sebbene fosse noto già da un pezzo, che la *Torpedine* (Raja Torpedo L.) e l'*Anguilla tremante* (Gymnotus electricus L.) posseggono la facoltà di dare una vera scossa elettrica alla maniera della boccia di Leyden; ad ogni modo essendo propria siffatta virtù prodigiosa soltanto di alcuni pesci singolarissimi ^c e d'altra parte sembrando dipendere da un apparato d'organi particolare, come l'anatomia di tali pesci lo fa vedere, ed essere in balia dei medesimi il dare o non dare questa scossa, non si teneva comunemente, nè v'era ragion di pensare, che un giuoco simile di elettricità succedesse e avesse tanta parte nelle funzioni animali di tutti gli altri viventi, ne' quali nulla scoprivasi dell' accennata virtù di dar la commozione elettrica. Credeasi dunque, non trovandosene niun altro dotato neppure nel minimo grado di tal potere di scuotere, e questi *animali elettrici* all'incontro essendolo a un sì alto segno, credeasi che fosse tutta particolare e propria di essi soli l'*Elettricità animale*, che una tal prerogativa la possedessero essi esclusivamente.

§ 9. Ciò, dico, credeasi generalmente dai Fisici e Fisiologi, eccetto alcuni, i quali prendendo mal a proposito per elettricità animale quella eccitata dallo stropicciamento de' peli nelle bestie, de' capelli e delle vesti negli uomini, confondeano affatto le cose, con tenere l'artificiale estrinseca per una elettricità naturale intrinseca de' corpi viventi.

§ 10. Questa pretesa elettricità animale, che in fondo non era che la solita artificiale prodotta da stropicciamento, giacchè le istesse vesti e peli strofinati con qualsiasi corpo inanimato, sol che mantengansi da un blando calore asciutti, si elettrizzano egualmente che strofinati sulla pelle dell'animal vivo, questa, dico, pretesa elettricità animale si è cercato di sostenerla dai più zelanti partigiani suoi con alcune più curiose esperienze e osservazioni, dell'istesso genere però: coll'elettricità spontanea in certo modo, nè tanto debole, nelle penne de' vivi Pappagalli a certi tempi, e con quella debolissima invero, ma pur sensibile ai delicatissimi elettrometri, di un uomo, il qual facendo prima qualche passo, od agitando comechesia braccia e corpo, salga sopra uno sgabello isolante, e tocchi colla mano uno di tai elettrometri sensibilissimi, quali sono quelli di Cavallo e di Bennet.

§ 11. Ma il soffregamento delle penne fra loro, e colla pelle, quando il Pappagallo le arriccia, ed esse trovinsi ben bene asciutte, basta a spiegare il primo fatto, senza che si debba ricorrere ad alcuna elettricità propriamente animale: e pel secondo fatto dell'Uomo, si prova appunto che non è elettricità animale, che abbia origine cioè da alcuna funzione o virtù propria degli organi, quella di cui la persona dà segni nell'accennate circostanze, bensì che viene dallo stropicciamento delle vesti (e basta talvolta quello che produce il solo moto della respirazione), dall'osservare, che salendo l'uomo nudo sullo sgabello isolante, e toccando l' Elettrometro sensibilissimo non gli fa allora dare alcun segno, come ha provato il Sig. Saussure .

§ 12. Nè maggior caso dee farsi di altre prove di simil conio, p. e. quella dei nervi seccati al forno, con cui Comus (quel rinomato giocoliere fisico) avendo costruito un disco, che montato al modo di una macchina elettrica e fregato da ben adatti cuscini, eccitava viva elettricità, pretese dimostrare l'identità del fluido nerveo coll'elettrico; giacchè le stesse esperienze possono farsi con legno, e con cartone, seccati ugualmente nel forno, ed io costruito già avea con tali corpi delle macchine elettriche belle e buone^d. Simili sperienze

coi nervi, od altre parti animali, possono solo imporne a chi non sa, che tutti i corpi, sia animali, sia vegetali, sia minerali, spogliati a dovere d'umido riescono *coibenti e idioelettrici*, cioè eccitabili per istrofinamento^e, esclusi soltanto i metalli, che sono essenzialmente perfetti *conduttori ed anelettrici*.

β 13. Non deggio però dissimulare altre sperienze più speciose, e che con qualche più d'apparenza han potuto dar indizio, o almeno crear sospetto anche ai più giudiziosi di un'elettricità animale nel vero e proprio senso; ma che a me sono sembrate, siccome alla maggior parte dei Fisici, non avere neppur esse sodo e bastevol fondamento: alcune perchè ancora complicate coi fenomeni dell'elettricità artificiale; altre perchè affatto singolari, isolate ed uniche, vuo' dire di un evento totalmente fortuito, cui essendo riuscito a taluno di ottenere, non si sa come, una volta sola (seppur è che si ottenesse quale ce lo riferiscono, e niente vi sia stato d'illusione o di sorpresa); fur vani in appresso i tentativi, e più non corrispose il successo all'esperienza. Di questo genere è il fenomeno riportato da Nollet, di uno, che preso in grembo un gatto, mentre trattenevasi a strofinargli i peli della schiena portando un dito alla punta del naso ne trasse una scintilla, e ne ricevè tale scossa nel braccio e in tutta la persona, come se scaricata avesse sopra di sè una boccia di Leyden. Simile scossa e scintilla, sebbene non così forte, attesta aver ottenuta più volte dai gatti stropicciati, ripetendo le sperienze del Sig. D. Alessandro Tonso, il Ch. Ab. Vassalli ^f ma più sorprendente ancora è ciò, che riferisce Cottunio esser avvenuto a lui medesimo nello sparare un sorcio vivo: tenealo impugnato nella sinistra, e stringeva fortemente la coda tra il dito mignolo e l'anulare, mentre afferrato un temperino colla destra e cominciato a tagliar gl'integumenti, era già venuto a scoprire in parte i visceri: come dunque arrivò più addentro colla punta, fu improvvisamente colpito da una fortissima commozione nelle braccia e nel petto, di cui si risentì per più d'un giorno.

β 14. Un tal fenomeno sorprendentissimo certo direbbe molto per l'elettricità animale, se non essendo riuscita l'esperienza che una sol volta. non lasciasse molto dubbio intorno all'evento, e alla sua causa. Or dunque tralascio tutte queste sperienze o incerte o equivoche, sulle quali non si può fare gran fondo, cui però mi basta di aver accennate così di volo; e passo a dir qualche cosa di più particolare d'una, che a me pure, avendola più volte ripetuta, ha fatto molta specie, e mi è sembrata provar qualche cosa. Questa sperienza vien riferita, ma oscuramente (per qualche, cred'io, riguardo di pudore) in certe Tesi latine stampate due anni sono dal già lodato Ab. Vassalli Professore di Filosofia in Tortona ^g, il quale poi da me richiesto ebbe la bontà di darmene piena contezza; e d'allora è, che la ripetei, or con successo, ed ora (per qual cagione nol so) senza successo.

β 15. Consiste questa sperienza nel ricevere l'orina, all'atto che si getta in un bacino metallico isolato; con che se ne hanno segni, nè tanto deboli, anzi talvolta discretamente forti di *elettricità negativa*, a segno cioè di far divergere i pendolini di un elettrometro di Cavallo, otto, dieci, e più linee. Pensai, è vero, sulle prime, che potesse nascere tal elettricità dallo sparpagliamento delle gocce, in quella maniera che una simile *elettricità negativa* si produce nelle cascate d'acqua, giusta la bella scoperta del Fisico Tralles, ed anche ne' getti delle fontane artificiali, come ho io verificato (sia che venga eccitata cotal elettricità dallo sfregamento delle goccioline e de' vapori fra loro e coll'aria, come opinava da principio il Sig. Tralles medesimo; sia che nasca dall'evaporazione di coteste goccioline

che formano la minutissima spruzzaglia qual fumo, o nebbia, dalla trasformazione vuol dire, che esse goccioline subiscono in vapor elastico, come è assai più probabile, ed ho spiegato diffusamente nelle mie *Lettere sulla meteorologia elettrica*^h e l'autore medesimo, abbandonata quella sua prima opinione, ne convenne finalmente meco): pensai, dico, da principio, che venisse prodotta come che sia dallo sparpagliamento delle goccioline, e dal fumo e vapori esalanti dal getto d'urina, l'elettricità negativa che in lei talora manifestavasi, ossia nel vaso che l'accogliea. Ma un getto sì picciolo, qual fa l'urina sortendo dal corpo, e la pochissima spruzzaglia che ne viene, il poco fumo e vapori, difficilmente io m'induceva a credere che bastar potessero a produrre un'elettricità cotanto sensibile. Molto più poi accrebbero i miei dubbi le prove che ho fatte di spingere la stessa urina calda fuori da una grande sciringa, in copia, e con impeto maggiore di quello avvenga allorchè si spande naturalmente: colle quali prove varie volte ripetute, e in più modi, non mi è mai venuto fatto di ottenere il minimo segno d'elettricità. Allora nacque anche in me il sospetto, e quasi m'indussi a credere, che l'elettricità manifestata dall'urina al sortire dal corpo procedesse da vera e propria elettricità animale; pur non ebbi ancora la cosa per decisa: vi volevano altre prove più dimostrative per vincere la mia incredulità in fatto di Elettricità animale.

§ 16. Fin qui delle sperienze e osservazioni intraprese da' Fisici, e da molti di loro tenute per tali, che stabilissero una vera elettricità animale: ciò che per altro concluder non si poteva, essendo la maggior parte di tali sperienze mal intese, ed altre per lo meno equivoche, come abbiam fatto osservare, e niuna dimostrativa o corredata di tutti i caratteri, che si richiedono per escludere ogni dubbio. Un'ampia raccolta di siffatte sperienze e osservazioni, un cotal impasto di buone e cattive, ne offrono varie opere, altronde stimabilissime, di Bertholon, Gardini, Vassalli, ed altri simili opuscoli e memorie.

§ 17. Or dopo aver dato un succinto ragguaglio delle sperienze e fatti reali, sopra di cui han creduto alcuni Fisici poter fondare la pretesa elettricità animale, sperienze, in cui si hanno sibbene segni visibili di elettricità, ma che può essere, ed è probabilmente tutt'altra che vera animale, non sarà fuor di proposito il dir qualche cosa anche delle congetture e ipotesi puramente ideali di alcuni Fisiologi riguardo ad una qualsiasi elettricità animale, concepita cioè in una maniera più o men propria, in un senso determinato e fisso, o vago e indeterminato. Quelli tra i Fisiologi, che concepiron la cosa più vagamente e in astratto, si contentaron di riguardare i supposti Spiriti animali, o fluido nerveo, destinati, giusta l'opinione più ricevuta, a portare le esterne impressioni al sensorio comune, ed a produrre trascorrendo al cenni della volontà per la via del nervi al muscoli di ciascun membro, la contrazione di essi muscoli, e i moti che ne dipendono, si contentaron di riguardare cotesti spiriti animali inservienti alle sensazioni e ai moti volontari, per un fluido sottilissimo, mobilissimo, ed attuosissimo di una natura analoga alla luce, all'etere, al fluido elettricoⁱ: e ciò per impiegare in qualche modo la celerità istantanea, con cui il supposto trascorrimiento del fluido operatore dee farsi, giacchè in un istante si compiono gl'indicati effetti. Riduceansi pertanto a considerare i nervi in certo modo quai conduttori dei detti Spiriti animali, o fluido nerveo, come i metalli lo sono del fluido elettrico, senza punto determinare qual fosse di codesto fluido animale la vera specifica natura, chiamandolo soltanto elettrico, etereo, o simile, quasi per metafora, ossia per dinotare alcuna sua dissomiglianza nell'agire con tali fluidi sottilissimi e attivissimi, fuoco, luce, etere, vapor

elettrico. Che se insistevano un poco più sull'analogia con quest'ultimo, tutto alfine riduceasi a supporre, senza concepirlo un tal giuoco o funzione di un tal qual fluido, come elettrico: che è poi quanto spiegar niente. Or i Fisiologi. ch' ebbero idee così vaghe e indeterminate neppure debbono annoverarsi fra i sostenitori dell'elettricità animale, sebbene usurpassero sovente il nome di elettricità.

β 18. Ma ben ve n'ebbero altri, che andarono più innanzi, massimamente coll'indicata analogia de' *conduttori*, e che spingendo più in là le congetture, vollero determinatamente supporre, che gli spiriti animali avessero non che l'indole e natura di un fluido etereo qual si fosse, ma quella propria del fluido elettrico, e giunsero quindi a dichiararli per l'istesso fluido identico. Gli autori e sostenitori di questa opinione, alla testa de' quali dee porsi de Sauvages¹ l'appoggiavano principalmente alla conosciuta somma efficacia del fluido elettrico di irritare i muscoli, la qual arriva al segno, che quando un muscolo dell'animale già morto, oppur di qualche membro reciso, non si risente più ad alcun altro stimolo meccanico o chimico, allora poco fluido elettrico, che o colpisca con una mediocrementemente viva scintilla il muscolo medesimo, od anche non ferendolo immediatamente sia portato a scorrere per caso con sufficiente rapidità, è valevole a ravvivarlo in certo modo, e metterlo in contrazione: dal che concluder volevano, che trovandosi il fluido elettrico il più efficace fra tutti e sovrano agente per l'irritazione e moto del muscoli, fosse più che probabile, che di esso appunto si valesse la natura a tal uopo nell'animale economia. E qui si presentava ai nostri Fisiologi, e ne avvalorava le congetture, il riflettere come infatti la Natura se ne serve ne' sopramentovati *animalielettrici*, cioè la *Torpedine*, l'*Anguilla tremante* ecc. In questi fa ella sfoggio in certa maniera, ed è molto prodiga, armandoli di una potenza elettrica, che ridonda e scoppia anche al di fuori a lor talento, quando cioè piace a tali animali di produrre la scossa in chi s'avviene a stuzzicarli, o a toccarli, sia immediatamente, sia per mezzo di buoni conduttori dell'elettricità; in tutti gli altri animali si contiene più economica la Natura, e si restringe agl'usi interni, cioè alle funzioni animali e vitali: dir si potrebbe, che a que' primi ha concesse armi e batterie, onde combattere e atterrar nemici, e conquistar prede (come infatti se ne servono di tal poderosa elettricità non solo a difesa, ma a procacciarsi un pasto de' pesci così tramortiti dal colpo elettrico); e che agli altri animali tutti non ha dato di elettricità, ossia di forza e abilità di smovere e vibrare l'innato fluido elettrico, se non quanto è opportuno, e basta al governo del moti e delle funzioni proprie, insomma all'economia animale interna. Così dunque presumevano, che fosse universale a tutti gli animali una naturale innata elettricità, cioè il potere di sbilanciare al di dentro, se non al di fuori, il fluido elettrico proprio degli organi, e vibrarlo da parte a parte degli organi medesimi, non già ristretta tal facoltà ad alcuni pesci singolari, ed anche in questi limitata all'unico oggetto di scuotere e tramortire chi s'imbatte in loro.

β 19. Tali erano, o dovevan essere (giacchè non ci pare, che neppure su ciò si spiegassero abbastanza) le congetture e presunzioni di alcuni Fisiologi, i quali si figuravano, se non un'elettricità propriamente detta, caratterizzata cioè coi noti segni di attrazioni, scintille ecc., un giuoco qual esso si fosse del fluido elettrico inserviente alle funzioni animali, in specie a quelle che hanno immediato rapporto coll'influsso de' nervi su' muscoli, e sulle sensazioni, si figuravano, dico, un qualche giuoco ed azione di questo fluido, comechè nessun indizio esteriore apparisse di vera elettricità, nessuno dei consueti segni, a cui questa si riconosce^m, eccetto che in quei pesci singolari più volte nominati, che danno la

scossa. Però è, che da più altri Fisiologi non si faceva molto caso di siffatte mere ipotesi e teorie vaghe, ed anzi si combattevano, obiettando loro, oltre questa mancanza di segni elettrici veri e riconoscibili, e di prove dirette, la poca o niuna conformità apparente colle leggi conosciute dell'Elettricismo ⁿ.

β 20. Ma anche quando fossero convenuti tutti, e Fisici e Fisiologi, nell'ammettere il vero fluido elettrico per primario operatore de' moti muscolari, per quel fluido, onde esercitarsi naturalmente nell'economia animale l'azione del nervi sopra del muscoli, il che è ben lungi che fosse, attribuendosi dalla maggior parte de' Fisiologi tal azione a tutt'altro, e confessandosi dai più sinceri di non conoscerla, di non intender bene nè da qual agente immediato, nè come si compia: quand'anche, dissi, fossero convenuti tutti in riconoscere per funzionario il fluido elettrico propriamente detto, quale e quanta distanza da una simile ipotesi, sempre incerta e vaga, chè più di così non poteva essere, alla scoperta che prova con esperienze dirette, e pone nel numero delle verità dimostrate l'elettricità animale? Qual differenza dall'esser questa soltanto sospettata o supposta, al venir chiaramente, e incontrastabilmente mostrata? Ecco quello, che era riservato al Sig. Galvani; onde resta a lui tutto il merito e l'originalità di questa grande e stupenda scoperta.

β 21. E invero è ella men originale, e ammirabile la scoperta di Franklin dell'identità del fluido elettrico e del fulmineo, perchè Nollet e altri prima l'avean sospettata, e già avanzato aveano, che lor piacerebbe di spiegare e fulmine, e lampi, ed altre meteore coll'elettricità? Travidero essi per semplice congettura l'elettricità delle nuvole temporalesche; ma Franklin la scoperse, e la rese manifesta e palpabile: formarono quelli al più delle ipotesi, questi verificò la cosa, e mise una tal elettricità atmosferica nel novero delle verità fisiche sperimentalmente dimostrate. Così dunque anche il nostro Galvani avendo verificata con esperienze non equivoche l'elettricità animale, supposta prima da alcuni, ma da nessuno provata (fuori della Torpedine, dell'Anguilla tremante ecc.) ha il merito in questo di una scoperta originale, non altrimenti che lo ha l'Americano Filosofo riguardo all'elettricità delle nuvole.

β 22. A dir vero, ponendo al confronto le due scoperte, vi è un riflesso, che potrebbe far risaltare meno questa del nostro Italiano: ed è, che si aveva già qualche cosa di accertato intorno all'elettricità animale: avevamo l'esempio della Torpedine, e degli altri pesci elettrici; laddove per l'elettricità naturale atmosferica nulla v'era di dimostrato avanti la scoperta di Franklin, non v'eran che congetture. Ad esser dunque rigoroso col Sig. Galvani, potrebbe rassomigliarsi la sua scoperta a quella fatta da Monnier ^o dell'elettricità delle nuvole anche non temporalesche, delle piogge e nevi, delle nebbie, e fino di Ciel sereno, quando si conosceva soltanto l'elettricità delle nuvole fulminanti, e de' temporali; perciocchè siccome in seguito ad una tale elettricità gagliarda e strepitante delle nubi temporalesche si venne a scoprire l'altra blanda e pacata, che regna in qualunque altra costituzione dell'Atmosfera; così parimente dietro l'elettricità valida e scuotente della Torpedine, dell'Anguilla tremante ecc. che era la sola elettricità animale realmente conosciuta, si passò all'incomparabilmente più tenue e fiacca di tutti gli altri animali.

β 23. A rilevare però il merito del nostro Autore, è da riflettere, che quanto facile era il passo dall'elettricità delle nubi temporalesche a quella di ogni altro stato dell'Atmosfera, essendo tal elettricità eziandio a non molta distanza da terra, tuttochè debole, ancor

sensibile ai delicati elettrometri, per il che tardò poco a scoprirsi; altrettanto più difficile era a farsi, e fu quindi per tanto tempo arrestato il passo dall'Elettricità dei già detti animali, che chiamar potrebbonsi fulminei, a quella degli altri tutti, essendo in questi l'elettricità debole a segno, che nè scossa alcuna potiam risentirne, nè renderla sensibile al più delicato Elettrometro; per il che è mestieri ricorrere ad altri artifizi e compensi onde accertarla: per nulla dire delle preparazioni anatomiche richieste, acciò cotale tenuissima elettricità si manifesti in certi organi dell'animale.

ß 24. Un altro riflesso mi piace ancor di fare a proposito dell'indicato paragone tra le scoperte riguardanti l'elettricità atmosferica, e le altre che concernono l'elettricità animale. Delle prime, come la più grandiosa, così quella che ha dato luogo ad applicazioni più utile nella pratica, si è la scoperta dell'elettricità potente e minacciosa delle nubi temporalesche, giacchè i mezzi ancora ci ha insegnati di preservare gli edili, le navi ecc. dai danni del fulmine: laddove la consecutiva scoperta dell'elettricità più o men blanda sempre dominante fuori dei temporali, e fino a Ciel sereno, ci ha ben fornite delle belle cognizioni teoriche, che tendono a rischiarare molti fenomeni della Metereologia; ma poco o niente di vantaggio reale ha recato fino ad ora ai bisogni e comodi della vita, nè per adesso sembra prometterne. Tutt'all'opposto, delle scoperte concernenti l'elettricità animale, possiam dir che non già la prima e più antica, che dimostrò essere effetto di vero Eletticismo la valida commozione, che fan sentire a chi le tocca la Torpedine e l'Anguilla tremante; ma bene l'altra recentissima, che prova appartenere a tutti gli animali un grado di elettricità, debolissima in sè, e quindi non valevole a dare a noi la commozione, ma atta soltanto a produrre le contrazioni e moti muscolari dell'animale, quest'ultima scoperta, sì, del Dr. Galvani va ad esser la più feconda di utilissime applicazioni alla Medicina sì pratica, che teorica.

PARTE SECONDA

Nuove sperienze intraprese qui da noi sull'elettricità animale.

§ 25. Una scoperta di questa fatta non poteva che eccitare grande entusiasmo dappertutto, ove ne pervenne la notizia, e massime tra noi, essendo di un nostro Italiano. Ed ecco, che molti si fecero a gara a ripetere le sperienze. Io fui il primo qui in Pavia, eccitato da vari miei Colleghi, particolarmente da Carminati, che cortesemente prestommi la Dissertazione di Galvani, e da Rezia, che mi favorì dell'opera ed aiuto suo nelle preparazioni; e il primo fui anche a Milano non molti giorni dopo, cioè verso il fine di Quaresima. Debbo però confessare, che incredulo, e con non molta speranza di buon successo mi ridussi a fare le prime prove, tanto sorprendenti pareanmi i descritti fenomeni, e, se non contrarj, superiori troppo a tutto quello che dell'elettricità ci era noto, tal che mi aveano del prodigioso. Della quale incredulità mia e quasi ostinazione, non che mi vergogni, domando perdono all'Autore della scoperta, cui mi fo altrettanto maggior premura e gloria di esaltare, ora che ho veduto e toccato con mano, quanto fui difficile a credere prima di toccare e di vedere. Infine eccomi convertito, dacchè cominciai ad essere testimonio oculare e operatore io stesso dei miracoli, e passato forse dall'incredulità al fanatismo.

§ 26. Egli è poco più di un mese, che ho messo mano a codeste sperienze, e già ne ho fatte molte, estendendole e variandole, non senza averne raccolto qualche frutto di nuove cognizioni. Mi sono però fin qui ristretto ad sperimentare quasi unicamente sulle rane, riuscendo sopra di esse, in grazia che dura più lungo tempo in tali animaletti a sangue freddo, e sì ancora ne' membri recisi, la facoltà irritabile de' muscoli, cioè per ore intere, riuscendo dico più facili e sicure le prove, e quindi più conducenti ai fini ch'io proponeami in queste prime ricerche. Intanto desideroso io, e gli altri miei Colleghi, che si facessero delle prove pur anche sopra animali a sangue caldo, s'intrapresero queste da alcuni de' nostri bravi Studenti; e il successo confermò pienamente, per questa parte ancora la scoperta mirabile del Sig. Galvani. Quest'ultime sperienze non sono state, ch'io sappia, per anco estese e variate molto; ma tanto solo, quanto parve bastante a verificare e comprovare ciò appunto, che gli stessi fenomeni dell'elettricità animale propria e organica han luogo, come nelle rane, testuggini, lucertole, pesci ed altri animali a sangue freddo, così pure negli animali a sangue caldo, cani, gatti, agnelli, porci ed altri sì quadrupedi, che uccelli. Non renderò dunque conto di tali sperienze altrui, nè delle poche mie, che ho fatte fino ad ora sopra un solo agnello, e sopra un piccione, aiutato la prima volta dall'eccellente Chirurgo e Anatomico di Milano Dr. Palletta, coll'assistenza pure del Dr. Baronio e d'altri, la seconda volta favorito in casa mia dal Dr. Valli Toscano ; assieme a due o tre amici spettatori; ma di quelle solamente darò un succinto ragguaglio, che ho instituite con maggiore studio ed attenzione sulle rane, e che ho, come già dissi, variate ed estese a ricerche più particolari. Anzi pure tralasciando qui la descrizione e il racconto minuto di codeste mie sperienze, che troppo lungo sarebbe, mi restringerò a presentare in ristretto i principali risultati, massimamente quelli, che offrono, al dippiù di quanto trovasi nell'Opera del Sig. Galvani, qualche cosa o di nuovo, o di più preciso.

§ 27. Verificate le capitali sperienze sull'elettricità vera animale, nativa e propria degli organi, in guisa di non poter più di essa dubitare, mi son rivolto a ricercarne la quantità, qualità, e modo. E prima riguardo alla quantità, o forza di elettricità, una tal ricerca mi parve quella, che dovesse andar innanzi alle altre. E che mai può farsi di buono, se le cose non si riducono a gradi e misure, in fisica particolarmente? Come si valuteranno le cause, se non si determina la qualità non solo, ma la quantità, e l'intensione degli effetti? Ora per giudicare della quantità e forza dell'elettricità propria ed innata dell'animale, cioè di quella che opera naturalmente negli organi suoi quando se ne osservano le contrazioni e moti muscolari eccitati con non altro che collo stabilire un arco conduttore massimamente metallico tra i muscoli e i corrispondenti nervi, per giudicar, dico, della quantità e forza dell'elettricità propria e nativa degli organi animali, credei non poter meglio fare, che cercare di ridur prima a qualche misura gli effetti dell'Elettricità artificiale sopra gli organi medesimi, e determinare il minimo di codesta elettricità richiesto a produrre in tal animaletto, vivo o morto, intiero o tronco, e in diverse maniere preparato, siccome pure ne' suoi membri recisi, delle contrazioni muscolari, de' moti e subsulti eguali a quelli, che si osservano prodotti nel medesimo dall'elettricità animale sua propria, e in certo modo spontanea.

§ 28. Ho dunque trovato, che basta in ogni caso un'elettricità molto debole a far nascere non che dei piccoli moti e convulsioni nella rana, ma de' sbattimenti gagliardi di tutti i membri, e massime delle gambe, e una poi, oltre ogni credere debolissima, per le rane preparate al modo appunto del Sig. Galvani, che è di lasciar attaccate per i soli nervi crurali diligentemente snudati le gambe alla spina dorsale, o a parte di essa soltanto, troncato tutto il resto del corpo, e di conficcare uno spillo, od altro uncinetto metallico nel tubo stesso vertebrale, sia traforando l'osso da banda a banda, sia introducendo lo spillo tutt'al lungo nella midolla.

§ 29. Con questa preparazione un'elettricità, che non giunge a dare la minima scintilla, e che non è sensibile neppur d'un grado all'elettrometro delicatissimo di Bennet, cagiona fortissime convulsioni e sbalzi di dette gambe.

§ 30. Per il che ecco, che la rana così preparata ci presenta un'*Elettrometro animale*, che tale si può dire, più sensibile senza paragone d'ogn'altro sensibilissimo Elettrometro: giacchè non lascia di dar segni, e segni cotanto visibili, per una carica della boccia di Leyden, che non giunge a muovere neppure le fogliette d'oro più sottili. Nè la rana solamente è atta a ciò, vuo' dire a fare da Elettrometro; ma lo sono egualmente, o quasi, altri animaletti convenientemente preparati, come lucertole, salamandre, topi, conforme ho provato. Che se riesce meglio di tutti la rana, si è in grazia d'essere essa di vita più tenace, e più facile a prepararsi nel modo indicato.

§ 31. Cotesta elettricità inconcepibilmente picciola, talchè non giunge a 10 e talora neppure a $\frac{5}{100}$ di grado del mio Elettrometro a pagliette, basta a produrre i suaccennati fenomeni delle convulsioni nelle gambe della rana, quando però il corso del fluido elettrico venga diretto dai nervi ai muscoli, cioè entri per quelli, e portisi all'interna sostanza de' muscoli medesimi, che se diriggasi in senso contrario, sicchè sortendo da' nervi si porti all'esterna faccia del muscolo, non accadono que' moti se non per una forza

elettrica almeno quadrupla, e talvolta sestupla ed ottupla, cioè di 20, 30, e più 100^{mi} di grado dell'istesso elettrometro.

§ 32. Si domanderà forse, come mai io giunga a misurare e valutare queste impercettibili elettricità, ossia cariche minime della boccia di Leyden, al di sotto cioè di un grado, anzi pure di $\frac{1}{4}$, e di $\frac{1}{10}$ di grado. Rispondo dunque, che eseguisco ciò facilmente coll'aiuto del mio *condensatore* dell'elettricità: istromento che ho in una Memoria particolare ampiamente descritto, e che mi ha servito in tante altre occasioni a scoprire e misurare elettricità in niun'altra maniera sensibili.

§ 33. Or facendomi a riflettere sulla maggior facilità di convellersi i muscoli, cioè per molto minor forza elettrica, se presentisi la *positiva elettricità* ai nervi, che penetrano nell'interno di quelli, e la *negativa* all'esterna faccia di essi muscoli, che se si proceda nel senso opposto, debbo dire, che ciò mi ha mostrato come l'elettricità propria dell'organo per cui si convelle mercè la semplice applicazione dell'arco conduttore, se debbe, come pare, considerarsi quale carica debolissima di una specie di boccetta di Leyden, ella è *negativa* dalla parte del nervo, ossia nell'interno del muscolo, ov'egli s'impianta, e *positiva* nella faccia esterna; sicchè da questa a quella trascorre il fluido elettrico, ossia dal di fuori al di dentro, in tale spontanea o naturale scarica, non già dal nervo al muscolo, ossia dal di dentro di questo al di fuori, come ha opinato il Sig. Galvani.

§ 34. Ho detto, che l'elettricità naturale, indicando uno sbilancio di fluido tra il nervo e il muscolo corrispondente, o tra l'interno e l'esteriore di questo, ci rappresenta come una specie di boccetta di Leyden debolmente carica, e che *pare* almeno che debba considerarsi come tale. Come tale infatti l'ha considerata il Sig. Galvani, e con esso lui noi pure al principio. Ma ora molte nuove sperienze, parte delle quali accennerò prima di finire, ci muovono a riguardar la cosa or sotto uno, or sotto un altro aspetto, tutti scostantisi più o meno dalla parità della boccia di Leyden: di alcune delle quali nuove idee darò pure tra poco un cenno, riservandomi a svilupparle, e a riformarle fors'anche in altro scritto, secondo che ulteriori sperienze, e nuovi risultati me ne mostreranno il bisogno.

§ 35. Checchè ne sia, che si sostenga o no la parità della boccia di Leyden, verificato il fatto, come lo è per moltissime prove da me istituite a quest'oggetto, e variate in più maniere, cioè che molto minor forza elettrica sia richiesta ad eccitare le convulsioni e moti ne' muscoli, ove inducasi la corrente del fluido per la via de' nervi all'interno de' muscoli medesimi, che ove si tiri dai nervi per portarlo all'esteriore di essi muscoli, sussisterà sempre una differenza marcata nello stato elettrico del nervo relativamente al muscolo, o dell'interno di questo relativamente alla sua esterior faccia; il quale stato o disposizione, qual essa sia, fa che il nervo, o l'interno del muscolo appetisca in certo modo, ed inviti il fluido elettrico ad entrarvi, mentre l'esteriore del muscolo medesimo tende a cacciasse fuori: con ciò solamente s'intende come cospirando ambedue le parti a provocare la scarica di un conduttore o di una boccetta, quando s'applica l'elettricità *positiva* ai nervi e la *negativa* ai muscoli, basti di una carica molto minore, che nel senso opposto, essendovi in quest'ultimo caso, anzichè invito, doppia opposizione dalla parte del nervo, che vuol piuttosto ricevere che dare, e da quella dell'esteriore del muscolo, che vuol piuttosto dare che ricevere.

§ 36. Or se col ministero del fluido elettrico operansi, anche nell'animale vivo ed intiero le contrazioni e moti volontari de' muscoli, come tutto ne porta a credere, e se, come dee pure presumersi, operansi questi nel modo più facile, si farà ciò collo spingere giù dal cerebro pe' nervi il detto fluido verso i muscoli, bastando allora una minima forza, anzicchè col tirarlo in sù, sebbene possano anche in questo modo effettuarsi i medesimi moti, sol che s'impieghi maggiore forza, cioè determinisi una corrente più rapida o più copiosa di fluido elettrico. Ma di questo non più per ora.

§ 37. Passiamo invece ad altre osservazioni non meno interessanti che curiose. Il gran numero di prove che ho fatte, sopra le rane principalmente, mutilate e tagliate mentre vive, o dopo morte, e sì dopo ore e giorni, mi hanno porta l'occasione di molte osservazioni e riflessi sopra la vitalità, lasciatemi dir così, *elettrica* di questi e degli altri animali. Il tempo, che stringe, mi obbliga a tralasciare per adesso molte particolarità, e a ridurre la somma a ciò che credo di potere stabilire, che per quattro gradi, ossia stati ben distinti si passi dalla morte apparente alla morte perfetta: i quali gradi di morte, o a meglio dire stadi, hanno ciascuno una grande estensione.

§ 38. Così è: le mie osservazioni mi hanno insegnato a distinguere quattro gradi o stadi di morte, ciascuno ben contrassegnato e molto esteso. Il primo de' quali è *l'asfissia*, o morte apparente, l'ultimo, ossia il quarto, è quella che chiamo *morte plenaria*, e confina colla putrefazione. Gli altri due stadi, cioè il secondo e il terzo, presentano per lungo tratto diversi gradi di superstate vitalità, e sì il secondo tale vitalità, che eccitansi i moti muscolari prima vivacissimi, poi mano mano degradanti in forza, col solo apporre le convenienti armature metalliche, e farle comunicare, e però in vigore della propria elettricità animale ancor sussistente ne' membri anche recisi: spenta la quale elettricità propria e innata, o resa insensibile, entriamo allora nel terzo grado di morte, in cui si risentono pur anco i muscoli, e giuocano all'ordinario, eccitandoli però coll'elettricità artificiale, di cui basta ancora sul principio un grado debolissimo; indi vuol essere più e più forte, fino a che non vale a commoverli neppure la scarica fulminante di un boccia di Leyden; e allora è che son morti in quarto grado.

§ 39. Mi diffonderei troppo, se volessi più particolarmente spiegare e in che si distinguano propriamente uno dall'altro questi stati, e come sia ciascuno riconoscibile, e quanto abbiami di speranza di richiamare un animale dal secondo ed anche dal terzo in vita coi soccorsi conosciuti, o concepir se ne possa con nuovi mezzi da tentarsi; onde mi riservo ad esporre e sviluppare su tutte queste cose i miei pensamenti nelle susseguenti Memorie, che pubblicherò. Dirò qui solo, che siffatti progressi nella carriera della morte sono più lenti di quel che si pensa, e che ogni stadio distinto e marcato avendo, come accennai, una assai grande estensione di gradi, si protrae d'ordinario a lungo tempo, non però in ogni caso ugualmente: nel che molte cause influir possono.

§ 40. E in primo luogo gran differenza porta la diversa natura degli Animali, massimamente rapporto all'essere di sangue caldo o di sangue freddo; giacchè negli animali di questa classe suol essere assai più tenace la vita. Appresso anche nell'istessa classe e genere di animali vi hanno delle specie dotate di maggior vitalità, che altre: e nella stessa specie poi variano ancora gli individui secondo l'età, la costituzione, le forze.

§ 41. Ma quello, che influisce più di tutto alla maggiore o minor durata di ciascun stadio, si è il genere di morte, che vien a soffrire l'animale, cioè la causa che a perir lo conduce, e soprattutto se ve lo conduca rapidamente, o poco a poco.

§ 42. Or intorno a ciò ho fatte già molte sperienze, e molte più mi propongo di farne: ho esaminate cioè, relativamente al vigore e durezza di ciascun stadio della superstite vitalità, molte rane, che ho fatte morire quali di puro stento o d'inedia, quali in un bagno d'acqua più o men riscaldata, alcune sotto a gravi ferite, mutilazioni, e strazi d'ogni sorta, altre con replicati colpi elettrici, ed altre infine con una scarica fulminante sola. Di tutte queste osservazioni ho preso nota in un esatto Giornale, e lo esporrò al Pubblico quando avrò estese le sperienze, come mi propongo, ad altri generi di morte in questi ed altri animali, cimentandoli singolarmente colle arie e vapori mofetici, e con diversi veleni.

§ 43. Terminerò intanto questo picciol saggio, che ho voluto oggi presentarvi dei principali risultati delle sperienze da me fatte fin qui intorno all'elettricità animale, coll'annunziare, che anche senza snudare nervi, senza taglio o ferita di sorta, posso, quando voglio, eccitare nell'animale non che vivo, ma sano ed illeso, senza alcuna azione di elettricità straniera, mettendo soltanto in giuoco la sua propria e nativa elettricità, mercè la semplice applicazione di convenienti armature, posso, dico, eccitare a mia posta nell'animale intiero e intatto quelle stesse convulsioni, spasmodie, subsulti, che si ottengono collo snudare ed isolare i nervi alla maniera del Sig. Galvani, o con altre consimili preparazioni: anzi dippiù, giacchè s'estendono col mio metodo tali contrazioni e moti a tutte le parti dell'animale, a norma della posizione delle armature ecc.

§ 44. Per dare qui tosto un'idea di queste sperienze, legata una rana, ovver fissata con due o tre grossi spilli ad una assicella o tavolo qualunque, oppure senza offenderla fattala tenere per le gambe da un compagno, vesto una parte qualsiasi del suo corpo (il meglio è la schiena o i lombi) con un pezzo di laminetta di piombo o di stagno (ottime sono quelle fogliette nei libretti, di cui si servono gl'indoratori per inargentare a falso), e applico ad un'altra parte, alle gambe es. gr. o coscie, sia sotto, sia sopra, una chiave, una moneta d'argento, il manico di un cucchiaio, od una lastra qualunque, di tutt'altro metallo però che di stagno o piombo: finalmente fo comunicare fra di loro queste due armature, o immediatamente avanzo quella che è mobile fino a toccare il lembo dell'altra aderente, oppure mediante un terzo metallo, es. gr. un fil d'ottone, il qual faccia officio d'arco conduttore: ed ecco la mia rana convulsa pressochè in tutte le sue membra, in quali più in quali meno però, vibrare singolarmente i muscoli delle gambe, calcitrare, saltare.

§ 45. Così poi, secondo che tali armature vengono applicate ad altre parti dell'animale, sono o i muscoli del ventre, o le zampe, o il collo e la testa, ch'entrano in convulsione, e scuotonsi di più, e la spina dorsale anch'essa avvien che s'incurvi, come presa dal più forte tetano.

§ 46. Queste nuove esperienze sugli animali intieri e intatti forse più sorprendenti delle altre fatte fin qui con tagliarne i membri, isolar nervi ecc., e al certo più istruttive, almeno per alcuni riguardi giacchè ci portano a penetrare in qualche modo il naturale andamento e tenore dell'elettricità animale nel corpo vivente intiero e sano, mi suggerirono in conseguenza appunto delle idee, ch'io rivolgeva nella mia testa intorno ad un lento moto,

sia di circolazione, sia di semplice oscillazione, od altro (chè non voglio ancora arrischiarmi d'indovinarlo) del fluido elettrico tra muscoli e nervi, e tralle altre parti ancora del corpo solide e fluide, in ragione che tutte sono più o men buoni conduttori, nessuna però conduttore perfetto, nè comparabile in ciò ai metalli.

§ 47. Supponendo dunque il fluido elettrico in un continuo moto, qual esso sia, per tutte le parti dell'animal vivente, e de' suoi organi peranco recisi, finchè vi dura qualche vitalità: supponendo che vada per un effetto dell'organizzazione e delle forze della vita incessantemente sbilanciandosi o nella *quantità* o nella *tensione* in alcune parti relativamente ad altre, es. gr. tra nevi e muscoli, o tra l'interiore e l'esteriore di questi; e che tendendo pur incessantemente in virtù della sua propria elasticità a ricomporsi in equilibrio, scorra per tante altre parti deferenti, membrane, vasi, umori, come può e quanto può, cioè quanto la non perfetta deferenza di tali parti gliel permette; io concepiva mantenersi la quiete dell'animale, vuo' dire il riposo de' muscoli non destinati ad agir sempre, fintantochè non si turbi il naturale armonico tenore nell'anzidetto moto del fluido elettrico, non se ne inverta cioè il corso, non s'acceleri straordinariamente, o concorra troppa copia di esso fluido in questa o quella parte del suo corpo: il che se avvenga, que' tali muscoli si convelleranno, ove faccia il nostro fluido elettrico tale irruzione od impeto straordinario.

§ 48. Or due generi di cause, io dicea, potran portare questo turbamento e sconcerto nell'armonica circolazione, ondeggiamento o moto qual esso sia, del fluido elettrico entro agli organi dell'animale: cioè cause interne, e cause esterne.

§ 49 Le interne riduconsi:

1° all'azione della volontà, che accresca, o diminuisca, o arresti, o inverta il corso del fluido verso quelle tali determinate parti, ossia muscoli che intende di eccitare al moto.

2° A delle cause accidentali morbose, che alterino in più o in meno la facoltà conduttrice in queste od in quelle parti, rendendo es. gr. certune più o meno penetrate di umori di quello che debbono essere, e gli umori stessi più o meno densi, più o meno salini, più o meno oleosi ecc., per cui cambiano molto di conducibilità, onde il fluido elettrico sia determinato a scorrere più dell'ordinario abbondante e rapido per alcuni di tai conduttori, in ragione che da altri viene impedito ecc.

§ 50. Le cause esterne sono parimenti due:

1° L'azione dell'elettricità artificiale, che scaricandosi determini una corrente di fluido elettrico fuori del naturale in tale o tal altra parte dell'animale. E a ciò si riferiscono tutte le sperienze di eccitare le convulsioni colle scintille o scariche elettriche artificiali.

2° L'applicazione di due armature metalliche di qualche estensione, e separate, che poi si facciano insieme comunicare, ch'è quello di cui ora trattiamo.

§ 51. Proseguendo dunque a dire delle mie idee, io concepiva facilmente, che una tale applicazione delle armature e dell'arco, dovea accelerare non poco, e determinare molto maggiore accorramento e trasporto di fluido elettrico dall'una all'altra parte del corpo vivente così armato; perocchè se colla tendenza che ha detto fluido di passare o trasferirsi

dall'una, all'altra parte, il suo moto nello stato naturale è nulladimeno lento, e tale che non giugne a commuovere i muscoli inservienti a' moti volontari, gli è perchè e questa tendenza nata da sbilancio non è per sè stessa grande, ma anzi picciola molto, e altronde dee il fluido tragittare quelli non abbastanza perfetti conduttori interposti, quali sono le sostanze animali medesime, muscoli, nervi, membrane, umori, nessuna delle quali è comparabile, come già si è detto, ai conduttori metallici. Questi pertanto vi vogliono, cioè le convenienti armature, a dar libero e rapido sfogo ad una sufficiente copia di fluido elettrico, tantochè si convellano i muscoli, cui questa corrente invade e stimola. Così è: tutto l'artificio consiste nel dar luogo ad un più copioso e istantaneo trascorrimento del fluido elettrico, che tende già per sè stesso a passare dall'una all'altra parte dell'animale, e vi passa naturalmente anche senza tal aiuto, ma adagio e scompartitamente, per tutte le interne parti deferenti: il quale istantaneo trasporto s'effettua appunto mediante i tanto migliori conduttori metallici applicati esteriormente, e distesi sopra esse parti per una piuttosto grande estensione, almeno da una banda, e mediante l'arco conduttore, per cui vengono ambe le armature a comunicare; il quale arco debbe essere anch'esso tutto metallico.

Che se una parte di lui non lo sia, ancorchè picciola, se interpongasi non che un cattivo conduttore, ma fino l'acqua, non facciam più nulla; e la ragione è chiara: l'acqua è ben lungi d'essere un così eccellente conduttore, come i metalli; essa non lo è per avventura più delle stesse parti animali succose, e forse meno di alcune: dunque non vale a trasportare nè maggior copia di fluido elettrico, nè con maggior impeto da una ad altra parte dell'animale, cioè dai siti ove son poste le armature, di quel che facciano altre parti interne dell'animale, membrane, vasi, umori ecc., che sono i suoi naturali conduttori. Vi vuole pertanto un'arco metallico, non interrotto neppure dall'acqua, per operare un tale impetuoso trasporto di fluido elettrico, che occasioni le convulsioni di cui si tratta. Ed ecco come anche queste osservazioni intorno all'arco conduttore non tutto metallico, che nel presente caso non serve, tendono a confermare le mie idee sul naturale sbilancio e moto del fluido elettrico tralle parti dell'animale.

§ 52. Egli è come dicea, in seguito a tali idee, che ho fatto questi nuovi sperimenti sopra animali vivi ed intieri, e coll'esito già annunziato. Ne ho fatti non solamente sopra le rane, ma sopra anguille, ed altri pesci, sopra lucertole, salamandre, serpi; e, quel ch'è più, sopra piccioli animali a sangue caldo, cioè topi, ed uccelli: a' quali però, per riuscir bene, ho dovuto levar in parte la pelle. Or non dubito di riuscire anche ne' grandi animali, ne' quali tanto più sorprendente sarà l'esperienza, quanto più s'accostano alla struttura, se non esterna, interna, dell'uomo.

MEMORIA SECONDA SULL'ELETTRICITA' ANIMALE

§ 1. Essendomi nell'antecedente Discorso ristretto a dare soltanto un'idea delle molte e varie sperienze da me fatte sul soggetto quanto nuovo altrettanto interessante dell'Elettricità Animale nel decorso di circa due mesi, dacchè entrai in questo bel campo apertoci dall'insigne scoperta del Dr. Galvani; e fatto avendo poco più che enunciare in generale i principali risultati; stimo ora opportuna cosa il discendere a qualche più particolare descrizione. E siccome le mie prime ricerche furono indirizzate, conforme accennai (Mem. I, § 1), a determinare qual minima Elettricità artificiale sia valevole ad eccitare nella rana, ed altri piccioli animali delle convulsioni e moti simili a quelli, che osservansi prodotti dall'Elettricità loro propria ed innata, considerando come tali ricerche dovevano spandere un gran lume sopra le altre, che avrei potute fare in seguito circa codesta Elettricità animale od organica, siccome, dissi, credei espediente di premettere quelle a queste ricerche; così entro ora prima d'ogni altra cosa a dare un succinto ragguaglio delle medesime, concernenti cioè la debole elettricità artificiale applicata ai già detti piccioli animali, rane, lucertole, topi, ecc., ma singolarmente alle rane.

§ 2. Ho cominciato a provare l'azione dell'Elettricità artificiale nella rana, tenendola in mano or per una zampa, or per uno de' piedi posteriori, ed ora per il capo, e ferendo diverse parti del suo corpo con scintille ora col Conduttore di una Macchina elettrica ordinaria, ora dello Scudo di un Elettroforo; con scintille mano mano più tenui, fino a quel grado più picciolo di forza, che bastava giusto a convellere tutto il corpo, e cagionare un subsulto universale; e fino a quell'altro minimo grado, che eccitava appena le minime convulsioni o palpiti di alcun muscolo o fibra. Or bene, la più picciola scintilla visibile a chiaro giorno, e sensibile appena per qualche leggier crepito, producea, se non il primo effetto, cioè le già dette convulsioni e sbalzi di tutto il corpo, il secondo delle contrazioni e tremiti parziali; e poco più vi voleva per ottenere anche quello.

§ 3. Non è tampoco necessario di colpire immediatamente alcuna parte dell'animale con tali deboli scintille, bastando che scocchino queste tra il conduttore elettrizzato, ed un altro metallico, che comunichi o col corpo della rana a dirittura, o per l'interposizione di un terzo, di un quarto ecc., talchè in somma la rana si trovi posta in qualche modo a fare anello di comunicazione tra questi conduttori, onde il fluido elettrico abbia a tragittare ancora per essa.

§ 4. Nè perciò pure è richiesto che tal serie di conduttori colla rana interposta si tengano *isolati*: giaccian pure tutti sul tavolo, o sul pavimento; chè, malgrado ciò, ogni scintilla che scoccherà dal conduttore della Macchina contro una palla metallica, es. gr., la qual faccia capo dell'anzidetta serie di conduttori, ogni scintilla, dico, che scoccherà alla distanza di due linee, di una, e talvolta anche meno, e quindi assai poco forte, scuoterà non debolmente la rana, facendola contrarre, o stendere ad un tratto, e con impeto le gambe, massime se sia ella interposta ai conduttori in guisa, che comunichi agli uni con un piede, agli altri colla testa, o con un altro piede.

§ 5. Ho detto che non è punto necessario il tenere isolati e conduttori e rana; ma che possono star posati sul tavolo o altrimenti purchè in serie continuata. E la ragione è, che il fluido elettrico, poco o molto che sia, allorchè è portato a trasfondersi istantaneamente, come avviene nelle scariche provocate in un colpo, siegue principalmente la via de' migliori conduttori. Per altro, siccome non lascia di scorrerne nel medesimo tempo porzione anche negli altri conduttori, men buoni sì, ma non cattivissimi, quali sono il tavolo medesimo, od altri legni non molto secchi, il pavimento ecc., quindi è, che vi vuol sempre una scarica elettrica un poco più forte a convellere la rana interposta ai conduttori metallici, od altri sufficientemente buoni, se questi ed essa non sono isolati, che ove lo sieno tutti fino all'ultimo, il qual dee in ogni caso comunicare col suolo, per procurare un migliore e pieno scarico.

§ 6. E' dunque vantaggioso di tenere i conduttori metallici, su cui si scarica scintillando l'elettricità dal conduttore della macchina, isolati, ed isolata anche la rana all'estremità di quelli; la quale d'altra parte comunichi con altri similmente buoni e vasti conduttori non isolati, come un filo di ferro, o catena prolungata ampiamente sul suolo.

§ 7. Ma più d'ogni altro vale a scuotere la nostra rana la scarica d'una boccia di Leyden; giacchè se l'elettricità di un semplice conduttore debbe pur esser di tal forza da eccitare una mediocre o picciola scintilla almeno, trattandosi della boccia basta una carica così debole, che non arriva a scintillare. E qui pure non fa bisogno nè che si tocchi immediatamente la rana coll'uncino di essa boccia, nè di alcun isolamento: richiedendosi solo ch'ella si trovi collocata comunque nel *circuito* della scarica, o vogliam dire, che faccia parte dell'*arco conduttore*.

§ 8. In vero è sorprendente il vedere come e quanto venga scossa da tali scariche non scintillanti debolissime di boccette anche picciole: e solo diminuisce un poco la meraviglia, riflettendo come la carica delle boccie di Leyden a un dato grado dell'elettrometro equivale per quantità di fluido elettrico, in grazia della sì grande loro capacità, ad una carica dell'istesso grado di un semplice conduttore centinaia di volte più grande¹.

§ 9. Checchè ne sia, è sempre picciola la quantità di fluido elettrico, che trovasi accumulato in una boccetta di pochi pollici di armatura, quando addotta alla scarica con un arco conduttore metallico non fa vedere la minima scintilla, e solo può esplorarsi, e misurarsene la sua debole forza coi più delicati elettrometri: e tale scarica pur basta a convellere la rana.

§ 10. Fin qui sottoponendo alle prove una rana viva e intiera. Che se venga prima sventrata e tagliata in guisa, che le gambe tengano alla spina del dorso per i soli nervi crurali, cioè preparata alla solita maniera di Galvani, allora si convelleranno e guizzeranno esse gambe per una elettricità molto più debole ancora, per una neppur scintillante di un conduttore discretamente capace, e per una carica di boccetta di Leyden, che giunge appena a muovere di un grado il mio elettrometro a paglie sottili, e neppur tanto. La ragione di tale e tanta sensibilità è riposta nel dover passare quella qualunque siasi corrente di fluido elettrico tutta raccolta pel solo ristretto canale de' nervi crurali nudi ed isolati.

§ 11. Or dunque non si ricerca più che una picciolissima corrente di fluido elettrico, che

invada il corpo del picciolo animale, singolarmente i nervi, e trapassi per essi con rapidità, per eccitare ne' muscoli le indicate convulsioni. Dico con rapidità, giacchè se venga cotale trascorrimiento ritardato da cattivi conduttori, può facilmente mancare l'effetto. Questa picciola ma rapida corrente, che attraversa il corpo della rana, si ottiene colla scarica anche debolissima di una boccetta di Leyden, che non giunge cioè a dar scintilla, e talora neppure a muovere un delicato elettrometro, si ottiene con quella scintillante, comechè debolmente, e talora anche non scintillante di un semplice Conduttore di discreta capacità, dirigendo tali scariche, sia immediatamente, sia per mezzo di altri conduttori sopra di esso corpo, come fin qui si è mostrato.

§ 12. Ma in un'altra maniera ancora si ottiene, che non dobbiam tralasciare di far osservare; ed è eccitando da un conduttore piuttosto grande ed esteso una forte scintilla, quantunque l'elettricità di questo per tutt'altra parte si traduca, che per la via de' Conduttori, tra quali sta collocata la rana. Un uomo es. gr. cava questa grossa scintilla dal gran Conduttore della Macchina elettrica, e ne viene scosso fino ai piedi, giù pei quali passa nel suolo tutto il fluido elettrico scaricato, mentre la rana trovasi posata sul tavolo lontana molti piedi da esso Conduttore elettrizzato, in contatto, o vicina a qualche altro buon conduttore non elettrico, nè tampoco isolato, anzi prolungato fino al suolo. Or ecco che ella pure si scuote ed entra in convulsione, al momento che l'uomo tira tutta sopra di sè l'elettricità del gran Conduttore della Macchina.

§ 13. Or come mai può questo accadere, e d'onde? E qual è qui la corrente di fluido elettrico, picciola o grande, che invade ad un tratto il corpo della rana, e l'attraversa? E' facile di rispondere quando si conosce l'azione delle Atmosfere elettriche, ch'egli è il fluido, ch'erasi smosso e ritirato dai conduttori sottoposti a quello elettrizzato, cioè immersi nella sua sfera di attività, che molto si estende; il qual fluido rifluisce e torna a suo luogo per la strada medesima, cioè per la serie dei conduttori giacenti sul tavolo ecc. tra' quali è posta la rana, rifluisce, dico, all'istante che distruggesi quella Atmosfera premente con provocare da qualsiasi parte del Conduttore elettrico, e in qualsiasi modo la grossa scintilla, onde viene a scaricarsi del tutto o in gran parte.

§ 14. Sarebbe inutile ch'io mi trattenessi di più a spiegare gli effetti di questa, che chiamasi appunto *Elettricità di pressione*, e ad applicarli al caso di cui ora si tratta; giacchè a chi è nota la teoria de' medesimi non serve dirne davvantaggio, e per farla intendere a chi non ne è al fatto ci anderebbe troppo a ripigliar la cosa da' suoi principii. Ella è questa una delle leggi primarie dell'Elettricità, da cui dipende la massima parte de' fenomeni. Con questa solamente, cioè con fare una giusta applicazione dell'*azione delle Atmosfere elettriche*, possono adeguatamente spiegarsi le cariche e scariche delle lastre isolanti, la virtù delle punte, le leggi de' movimenti elettrici, il giuoco dell'Elettroforo, del Condensatore ecc., come ho in varie Dissertazioni mostrato, pubblicate in diversi Giornali ², e come hanno mostrato tanti altri. Il fenomeno particolarmente del *riflusso* del fluido elettrico ne' conduttori sottoposti anche da lontano all'azione delle atmosfere, è stato messo nel maggior lume da Mylord Mahon ³, il quale fa vedere come può uno venire, non che scosso violentemente, ma perfino ucciso da questo, ch'egli chiama *colpo di ritorno* (the returning Stroke).

§ 15. Non debbe dunque più far maraviglia, che la rana si commova, posta sul tavolo

vicino a qualsiasi conduttore non isolato, e discosta molti piedi dal Conduttore elettrizzato della Macchina, quando si tira da questo una discretamente forte scintilla, scaricandolo per un'altra strada qualunque: massime poi se tal conduttore elettrico sia molto esteso, e sovrasti al tavolo medesimo. In questo caso, se al dipiù l'elettricità sia decisamente forte, e si scarichi ad un tratto con piena scintilla, vedrannosi comparire delle scintillette tra l'uno e l'altro dei conduttori metallici giacenti su di esso tavolo, o tra qualcuno di questi e la rana, ove trovinsi non bene contigui; le quali scintillette manifestano pur chiaramente il fluido elettrico che *rifluisce*, come si è detto. Essendo però, che una corrente anche minore di quella che può eccitare scintilla visibile, basta a scuotere la rana (§§ 7 e seg.), se provenendo da conduttori di sufficiente capacità porti ad un tratto una discreta quantità di fluido; e che molto più picciola corrente ancora basta a produrre l'effetto, a far cioè saltare le gambe della rana sventrata e tagliata in guisa, che quelle tengano al tronco per i soli nervi crurali (§ 10); quindi non abbiam bisogno, in questo caso massimamente, nè di sì poderosa scarica del Conduttore elettrizzato, nè di tanta vicinanza sua ai conduttori e alla rana posti sul tavolo, perchè questa si convella: basta che non sian fuori della sfera di attività, la quale s'estende molto al di là di quella distanza, a cui può balzare la scintilla; tantochè se questa possa, eccitarsi es. gr. tra due grosse palle metalliche a poco più di un pollice di distanza, l'atmosfera elettrica attuante giugnerà a 2, 3, 4 piedi ed oltre, secondo che il Conduttore è più esteso e capace.

§ 16. Ed ecco come non hanno più nulla di sorprendente tutte le sperienze descritte nella prima e seconda parte dell'Opera del Sig. Galvani, e delineate nelle due prime tavole [4](#). Mirabile è soltanto la grande sensibilità della rana, soprattutto preparata alla sua maniera, e d'altri animaletti, allo stimolo elettrico, per cui si convellono in tutte le membra al tragittare che faccia per essi, massime per la via de' nervi, picciola quantità di fluido elettrico non atta per anco a scintillare.

§ 17. Non è già che non siano egualmente sensibili, o quasi, anche gli animali più grossi: i quali, se non vengono scossi a segno di entrare i loro muscoli in manifesta convulsione per quella picciola corrente di fluido elettrico, che convelle i muscoli, i membri intieri, e fino il corpo tutto di piccioli animali; egli è perchè troppo si diffonde esso fluido nell'ampio corpo di quegli animali grandi, scompartendosi in tante e tante strade deferenti, che gli offrono tante fibre, e vasi, e umori. Ne' piccioli animali all'incontro più poche essendo tali fibre deferenti che gli si presentano, e obbligato essendo così quel poco fluido elettrico a scorrere per esse, tanto più agisce sulle medesime irritandole, quanto il canale trovasi più ristretto. Una simile cosa abbiam già notata (§ 10) riguardo agli stessi piccioli animali, ne' quali, mediante il togliere tutti gl'integumenti ad uno o due nervi principali (come ai crurali della rana), e lasciarli nudi ed isolati, venga obbligata la corrente di fluido elettrico a tragittare per questi soli. Del resto taglisi ad un animale grande qualunque una porzione di qualche muscolo inserviente ai moti volontarj, del *gluteo*, es. gr., se ne tagli una porzione lunghetta, ma non più larga della gamba di una rana; e vedrassi se, come questa, non entra in contrazioni spasmodiche quel pezzo di muscolo, per l'istessa debolissima elettricità portata a tragittare per esso.

§ 18. Parlo sempre di trascorrimto di fluido elettrico, e di trascorrimto istantaneo, o almen rapido assai, il quale, quando si fa per entro ai fili nervosi e alle fibre muscolari, ma singolarmente ne' primi (§ 10), ancorchè sia picciola, anzi picciolissima la quantità di esso

fluido, pur non lascia di eccitare grandi convulsioni e moti. Perchè altrimenti, se il fluido elettrico non è messo in tal corso, che tragittar lo faccia per detti nervi o muscoli; ma o vi s'accumuli soltanto in qualsiasi dose, o vi si diradi, non produrrà quegli effetti. Così se pongasi la rana o intiera o preparata sopra il Conduttore della Macchina elettrica, e vada con esso acquistando la più forte elettricità, se ne rimarrà quieta, finchè non se ne provochi alcuna scintilla, oppure spignendosi troppo oltre l'elettricità, non ispunti da qualche parte del suo corpo, dall'estremità es. gr. di una gamba pendente, un forte fiocco elettrico. Lo stesso è ponendola sopra lo scudo dell'Elettroforo, e alzando ed abbassando questo a vicenda; comunque cambi ad ogni accostamento ed allontanamento lo stato e tensione elettrica di esso Scudo, e quindi anche della rana posata sopra. Lo stesso esponendola all'aria di una stanza fortemente impregnata di elettricità, al segno che i pendolini di un Elettrometro di Cavallo vadano a battere contro le pareti della boccetta ecc.

§ 19. Adunque lo stato elettrico *in più o in meno*, cioè la ridondanza o la scarsezza di fluido elettrico in tutto l'abito del corpo, un'elettricità qualunque *stagnante* o (come si suol dire) di *semplice bagno*, non affetta il nostro sensibilissimo animaletto, neppur preparato: non lo affetta almeno in guisa di eccitare la sensibilità dei nervi o l'irritabilità de' muscoli, tanto che nascano in questi le contrazioni, che vi accadono sì per poco allorchè il fluido elettrico, anche in picciola dose, scorre e trapassa per essi.

§ 20. Considerando la qual cosa ben si vede, che poca o niuna influenza può avere lo stato elettrico dell'Atmosfera sull'economia animale⁵ per quel che riguarda almeno i moti muscolari. E così pure, che poco o nulla per questo conto possiamo aspettarci dal metodo di applicare anche l'elettricità artificiale di semplice bagno alla cura delle malattie. Per ottenere qualche effetto sensibile bisogna tradurre istantaneamente o a scosse il fluido elettrico da una ad altra parte dell'animale, dirigerne la corrente, sicchè stuzzichi nervi e fibre ecc. operando cogli altri metodi conosciuti dell'*Elettricità Medica*: la quale per altro, in mezzo a tanti fautori che ha avuto ed ha tuttavia, bisogna confessare, che non ha fatto quei progressi, che sembrava promettere ⁶.

§ 21. Ritornando ora alla nostra rana, che tutta si scuote nelle gambe massimamente, al momentaneo trapasso che fa dalla terra ai piedi, o viceversa, una picciola quantità di fluido elettrico, e picciolissima poi oltre ogni credere, quando esse gambe tenendo per i soli nervi crurali alla spina del dorso, per questi sia costretta a passare tutta la corrente (§ 10), dirò, che non pago delle sperienze fin qui riferite, e fatte alla buona, volli con maggiore accuratezza e precisione determinare qual forza di elettricità potea bastare a convellere molto o poco la rana sottoposta in diverse maniere all'esperienza, riducendo tal forza a misure e gradi comparabili, con acconci *Elettrometri*, col *Condensatore*, quando gli elettrometri soli non segnano più la troppo debole carica, con ogni possibile artificio insomma: a quest'oggetto misi in ordine un picciolo e semplice apparecchio, che passo brevemente a descrivere ⁷.

§ 22. Consiste dunque in due colonnette, o tubi di cristallo, lunghi sei pollici o più o meno, piantati in un'assicella, ciascuno de' quali porta in cima un piattello di sughero, o di altro legno dolce, per conficcarvi facilmente con due spilloni la rana, la lucertola ecc. nel modo che si vuole. D'ordinario ve la inchiodo per la testa, o per una delle zampe davanti da una parte, dall'altra per uno de' piedi, rimanendo così penzolone tra le due colonnette di vetro

l'altra gamba posteriore: la quale è poi bel vedere come balza, allorchè traducendo la scarica elettrica pel corpo della rana entrano tutte le sue membra in convulsione, anche quelle, che non trovansi sulla via diritta del tragitto. Altre volte conficco ambedue i piedi insieme: altre un piede di qua, un di là, sicchè il tronco rimanga pendente colla testa in giù, ecc.

§ 23. Affissa così la rana al patibolo, trovasi convenientemente isolata; onde tutta la corrente, picciola o grande, di fluido elettrico, che gli si vorrà scaricare addosso, è costretta a passar raccolta nel suo corpo, senza che punto se ne disvii per altri conduttori: mercè di che avviene, che più picciola carica di elettricità basti a conveller le membra che pervade, come abbiam già fatto osservare (§ 5). Vero è che, in paragone del corpo dell'animale, pieno in tutte le parti di umori, sono così poco deferenti i legni discretamente asciutti, che non molto si perderebbe, ancorchè venisse conficcata la rana immediatamente sopra un'assicella, la qual non fosse manifestamente umida o bagnata, e nulla quasi si perderebbe se fosse detta assicella ben secca. Ad ogni modo volendosi una certa esattezza, è più spedito e sicuro il mantenere un perfetto isolamento coi due tubi di vetro nel modo or ora descritto.

§ 24. Del rimanente questo apparato riesce affatto comodo per qualunque maniera adoperar si voglia d'infonder l'elettricità, e tradurla pel corpo dell'animaletto. Vi piace di scaricarvi sopra una boccetta di Leyden? Basta che appoggiate il ventre ossia armatura esteriore ad uno de' spilloni inclinate essa boccetta fino a toccare col suo uncino la testa dell'altro spillone. Volete un'altra volta far prova della scarica di un semplice conduttore? Prendete in mano l'assicella, e tenendo toccato con un dito uno de' spilloni, oppure un filo, o catenella metallica, che ne penda, portate la testa dell'altro spillone sotto il conduttore elettrizzato, fino a farvela bruscamente toccare.

§ 25. Or venendo a quello, che più importa, che è di misurare con esattezza, e ridurre a gradi comparabili, come ci siamo proposti, le forze elettriche che s'impiegano, ecco il rimanente del mio apparecchio. Sopra un'altra colonnetta di vetro, alta un piede circa, e incrostata di ceralacca, acciò isoli a dovere, è piantato orizzontalmente un conduttore cilindrico di legno inargentato del diametro di un pollice e della lunghezza di due piedi circa, il qual porta ad una sua estremità un Elettrometro di Henly, ossia *Quadrante-elettrometro* de' più sensibili di questo genere⁸, quale dinoteremo con abbreviazione, dovendo tante volte nominarlo *Quad. el.*

§ 26. All'altra estremità fo toccare e star unito, quando occorre, cioè quando l'elettricità è così debole, che non giunge a darne segni il *Quad. el.*, il cappelletto di un Elettrometro a boccetta coi pendolini di sottil paglia; 16 gradi del quale corrispondono ad un grado del *Quad. el.* suddetto. Chiamerollo questo *Micro-elettrometro* e per abbreviare sarà scritto *Micr. el.*

§ 27. Questo Elettrometro a boccetta, *Micr. el.*, è munito di un piattello, che si avvita in testa, e che è destinato a condensarvi l'elettricità, mediante il tenervi applicato colla mano, mentre quella vi s'infonde, un pezzo d'incerato o di taffetà verniciato, il qual s'avvolge intorno alla mano medesima, e forma una specie di guanto⁹. I gradi che risulteranno con tal artificio del *Condensatore a guanto*, il quale mi suol dare 50 circa per uno, li chiameremo

50mi di grado, o gradi del *Micro-elettrometro Condensatore*, e in abbreviatura gr. *Micr. Cond.*

§ 28. Da ciò si rileva, che ad un grado del *Quad. el.* corrispondono 16, come si è detto (§ 26) del *Micr. el.*, corrispondono 800 circa del *Micr. Cond.* ossia che un grado di questo vale 1/800 circa di grado del primo. Così dunque quando la carica es. gr. di una boccia di Leyden è insensibile, sicchè non move neppur di un grado il semplice *Micr. el.*, se coll'indicato artificio del mio Condensatore a guanto (§ preced.) si ottengano 4, 6, 8, 10 gradi *Micr. Cond.* sarà di altrettanti 50mi di grado del *Micr. el.*, e 800mi del *Quad. el.*, che dovrà dirsi esser carica la boccia.

§ 29. Ma per dare in qualche modo un'idea, e offrir un termine di paragone della forza, che corrisponde ai gradi di elettricità negli indicati stromenti di cui mi servo, farò osservare prima, riguardo alle forti cariche, che poche boccie di Leyden ne sopportano una, che faccia ascendere a 70 gradi il mio *Quad. el.*, i quali 70 gradi (che son gradi di circolo) per la difficoltà che incontra il pendolo sempre maggiore d'innalzarsi, come ha oltrepassato il 40, vanno computati secondo i miei calcoli e correzioni, 85 in 90 gradi¹⁰: poche boccie, dico, sopportano tanta carica, senza o scaricarsi spontaneamente, o spezzarsi. Una carica poi di 40 in 50 di tali gradi in una boccia di 100 pollici quadrati di armatura, giunge sovente ad uccidere, o per lo meno a tramortire una lucertola, una rana, un picciol topo.

§ 30. Riguardo all'elettricità debole e debolissima, che più fa al caso nostro, vengo a dire, che ad ottenere dal semplice Conduttore (§ 25) lungo soltanto due piedi la più tenue scintilletta, nulla punto crepitante, non eccitabile ad alcuna sensibile distanza, ma solo al contatto di un metallo, e non visibile se non all'oscuro, debb'essere l'elettricità sua da 1 in 2 gradi del *Quad. el.* ossia 20 in 25 gr. del *Micr. el.* Che se il Conduttore fosse molto più grande, basterebbero per tal minima scintilluzza 10 gradi del *Micr. el.*, ed anche meno.

§ 31. Così poi trattandosi di cariche di boccie di Leyden, posson bastare due gradi soli, ed anche uno dello stesso *Micr. el.*, e meno ancora, secondo che la boccia è più capace. Una boccettina, di cui mi servo il più delle volte, di 12 pollici quadrati di armatura, vuol esser carica 2 in 3 gradi del *Micr. el.* per darmi al contatto di un arco conduttore tutto metallico quella sì minuta scintilla, che appena posso scorgere al buio: meno di 2 gradi non basta.

§ 32. Una sì tenue carica, che muove appena i pendolini del Micro-elettrometro, e appena appena attrae da vicino un pelo sottilissimo di lino, od un minuzzolo di foglietta d'oro, non mi cagiona la minima sensazione nè sulla punta del naso, nè su quella della lingua, nè sulla palpebra dell'occhio, portando al contatto loro l'uncino della boccetta, che tengo in mano. Vi vuole a farmi sentire una lievissima e appena percettibile puntura, una carica vi vuole, che sia doppia di così, cioè di 4 gradi almeno del *Micr. el.*

§ 33. A qual prodigiosa debolezza vanno dunque le cariche, quando non si possono rendere sensibili neppure al *Micr. el.*, se non ricorrendo all'artificio del Condensatore; e con questo pure non s'ottengono che 4, 6, 8 gradi *Micr. Cond.*, che sono 50mi di grado del semplice *Micr. el.*, e 800mi del *Quad. el.* (§§ 27, 28)? Eppure abbiam già indicato (§ 7) e faremo più chiaramente vedere, che meno di questo, cioè le cariche di 2 soli di tai gradi *Micr. Cond.* bastano ad eccitare contrazioni e spasmi ne' muscoli di una rana, che sia preparata alla maniera del Sig. Galvani, cioè che abbia le gambe attaccate ad un pezzo di spina dorsale

per i soli nervi crurali, e che sia appesa al patibolo per questa spina o nervi da una parte, e per una od ambe le gambe dall'altra, bastan, dico, due soli *gr. Micr. Cond.*, se però la scarica è portata dai nervi ad essi muscoli: che altrimenti vi vuole di più.

§ 34. Ecco quello, che ho creduto di dover premettere intorno ai gradi o misure dell'elettricità, per essere bene inteso nel racconto delle mie sperienze, e acciò ripetendole altri possano, riportandosi ai medesimi determinati gradi, ottenere anche eguali risultati. Per non creare lungo tedio ne riferirò qui poche: quelle soltanto in cui ho notate più diligentemente le circostanze e con maggior accuratezza fissati i gradi delle forze elettriche impiegate: giacchè poi le infinite altre sperienze che ho fatto dell'istesso genere mi han dati risultati, se non del tutto conformi, pochissimo discrepanti. E come ho assoggettati alle prove de' ranocchi or vegeti e sani ed ora languenti, ora intieri e ora decapitati, or con la spinal midolla traforata o lacerata or in altro modo straziati; e ho fatti lor soffrire questi strazj e preparazioni quando poco prima di assoggettarli alle prove elettriche, quando molte ore, e fino un giorno innanzi; e dopo averle così o intiere, o mozzate queste povere rane sottoposte all'elettricità artificiale mano mano più debole o più forte, son passato a prepararle con denudarne i nervi crurali, lasciatili attaccati alle gambe e reciso tutto il resto, salvo talora un pezzo della spina dorsale, cui altre volte ho troncata intieramente; e in tal guisa preparatele, ho di nuovo tentato, non solo qual più picciola elettricità bastasse a convellere i muscoli delle gambe, ma se dessero pur anche segni della propria innata elettricità animale o spontanea, e a qual grado: come, dico, ho predisposte e trattate le mie rane in tanti modi; così di ciascuna maniera diversa, scegliendo fralle tante sperienze consimili un esempio, darò come un tipo dei risultati, col quale convengono presso a poco tutte le altre prove analoghe.

§ 35. Cominciando dunque dalle rane piene di forza e di vita, non mutilate, nè straziate innanzi, queste vengono scosse violentemente in tutto il corpo per una scintilletta del Conduttore cilindrico (§ 25), elettrizzato circa 10 gradi del *Quad. el.*; nè lasciano di risentirsi con una leggiera convulsione nelle gambe per un'elettricità di 6 in 8 gradi, e un pocolino anche per quella di 4 o 5. Egli è poi presso a poco indifferente che l'elettricità del Conduttore sia per *eccesso* o per *difetto*; e che la scarica si dirigga dalla testa ai piedi, o viceversa, od anche dall'un piede all'altro: anzi così, cioè stando la rana appesa al patibolo con una gamba di qua l'altra di là, pendente il corpo, 3 soli gradi *Quad. el.* fanno qualche effetto, ed anche meno, come sarebbero 30 del *Micr. el.*¹¹

§ 36. Troncato il capo alla rana, e infisso lo spillone nella spinal midolla, le cose succedono presso a poco come non troncato il capo, e se v'è qualche differenza, è piuttosto nel venir eccitate le convulsioni con minor forza elettrica.

§ 37. Con una bocchetta di Leyden picciolissima, cioè di 3 pollici quadrati appena di armatura (che ha però 10 o 12 volte maggiore capacità del suddetto semplice Conduttore) basta un'elettricità quattro o sei volte ancora più debole, cioè una carica di 5 o 6 gradi del *Micr. el.*

§ 38. Con una bocchetta di 12 pollici quadrati basta la carica di 2 in 3 gradi dell'istesso *Micr. el.*

§ 39. Con boccie più grandi si guadagna ancora, ma poco; giacchè con una di 30 pollici

quadrati di armatura vi vollero a convellere la rana intiera, se non i 2 o 3 gradi dell'istesso *Micr. el.* più di 10 gradi; ed uno o poco meno con una boccia di 96 pollici quadrati.

§ 40. Non debbo lasciare di far osservare, che le più picciole convulsioni si eccitano talvolta ne' soliti diti dei piedi; altre volte in alcune fibre de' muscoli delle coscie: quelle alquanto più forti, prodotte da un poco più di quel minimo di elettricità, si manifestano in tutta la gamba, che si scuote e balza; finalmente anche nelle altre parti del corpo, e nella spina dorsale, che s'inarca, ecc.

§ 41. In generale poi è eguale la sensibilità, come nella rana intiera, o semplicemente decapitata, così pure in una finita di trucidare col passare un lungo ago per tutta la sua spinal midolla, ed anche nelle sole gambe recise da tutto il resto del corpo: e questa sensibilità mantiensì nell'istesso grado, o presso a poco, per più d'un'ora dopo tali mutilazioni; talchè per tutto questo tempo bastano sempre a produr le grandi convulsioni i 10 gradi *Quad. el.* del semplice Conduttore e le picciole i 5 o 6 gradi (§ 35); la carica della boccettina picciolissima di 5 o 6 gradi del *Micr. el.* e quella di 2 in 3 *Micr. el.* della boccetta di 12 pollici quadrati di armatura (§§ 37 e 38).

§ 42. Adunque basta, adoperando una tal boccetta, che è ancora delle picciole, a produr le contrazioni nella rana intiera o mutilata, o nelle sole gambe recise, conficcati i due piedi un di qua un di là sul patibolo, basta una carica così tenue, che appena dà, come abbiám già fatto osservare (§§ 31 e 32), una scintilla minutissima, nulla punto crepitante e visibile soltanto al buio, e che non si scaglia a nessuna distanza sensibile, ma esige il contatto, si può dire, immediato dell'arco conduttore metallico; una carica, che attrae appena un leggerissimo filo, e move a stento un minuzzolo di foglietta d'oro la più sottile; che non produce la più leggier puntura sulle palpebre, sulla punta del naso ecc. Sì debole elettricità fa invero meraviglia come produca sì grande effetto ne' membri vivi e morti della nostra bestiuola. Ma niente è ancora se si paragona a quella molto più debole, che produce le istesse convulsioni, anzi più insigni, quando si è preparata la rana alla maniera del Sig. Galvani.

§ 43. Tagliatala dunque in modo, che le gambe restino attaccate per i soli nervi crurali a un pezzo della spina, bastano allora a convellerla, nè tanto debolmente, 2 soli gradi, o 3 al più *Micr. el.*, e non già delle boccie di Leyden; ma del semplice Conduttore (§ 25). Che se poi adoprisi la boccetta di 12 pollici di armatura, basta la carica di 1 grado solo dello stesso *Micr. el.* a convellere fortemente le gambe, ed eccitare scosse ecc.; ed anche molto meno, cioè 15 o 16 50mi di grado, calcolati col *Condensatore a quanto*, e che dinoto 16 gr. *Micr. Cond.* (§ 24).

§ 44. Tanto di elettricità basta se diriggasi la scarica, ossia la corrente di fluido elettrico dalla midolla spinale, cioè dai nervi alle gambe, o da queste a quella. Ma v'è di più: se la direzione sia dalla spina alle gambe, han luogo le convulsioni per una forza elettrica 4, 6, 8 volte minore ancora, cioè di 2 o 3 gradi *Micr. Cond.* adoperandosi la boccetta; e 2 in 3 del semplice *Micr. el.* se non si adopera carica di boccetta, ma il solo conduttore (§ 25).

§ 45. Quali conseguenze dedur si possano da questa osservazione, confermata omai da mille sperimenti da me fatti colla maggiore accuratezza, cioè della molto minor forza elettrica richiesta ad eccitare le convulsioni, dando al fluido tal direzione, l'ho indicato già

in uno scrittarello al Dr. Baronio [12](#), e nel Discorso o Memoria precedente a questa [13](#); e nulla sopra un tal punto stimo ora opportuno di soggiungere.

§ 46. Tornerem piuttosto a ciò, che merita pure gran considerazione, ed è, come una forza elettrica inconcepibilmente picciola, una carica di boccetta di Leyden 40 o 50 volte più tenue di quella, che al contatto di un metallo può dare una minutissima scintilla visibile appena al buio, e 20 volte a dir poco minore di quella, che fa marcare un sol grado al mio Elettrometro già molto sensibile a fili di paglia sottilissimi; carica così esile, che non move punto neppure il sommamente delicato Elettroscopio di Bennet a listerelle di foglia d'oro sottilissima, basta a convellere le gambe della rana preparata nel modo indicato.

§ 47. Egli è così, che codesto *Elettrometro animale*, che può veramente dirsi tale, vince tutti gli altri Elettrometri, sian quanto si vogliano sensibili e delicati, nel dar indizio delle cariche estremamente deboli; giacchè dove parrebbe esser nulla la carica di una boccia, anche cimentandola col sopraddetto Elettroscopio di Bennet (e solo potremmo averne dei segni col Condensatore) comparirà qualche cosa nella contrazione e scuotimento, che essa produrrà nella rana preparata.

§ 48. Che se può far tanto negli organi dell'animale l'elettricità artificiale debole a tal segno da eludere ogni Elettrometro, non v'è più difficoltà a concepire, che lo stesso far possa, produrre cioè le contrazioni e moti muscolari, un'elettricità propria e innata degli organi ugualmente fiacca, vuol dire di sì debole tensione, che non giunge a muovere il più delicato de' detti Elettrometri.

§ 49. E invero un'elettricità, uno sbilancio di fluido elettrico tralle parti dell'animale, di un tal polso, che valesse a muovere i nostri Elettrometri, non potrebbe in alcun modo sussistere; stante la qualità conduttrice delle fibre medesime, de' vasi e umori di esso animale. Però la natura ha provveduto di tale e tanta sensibilità i nervi, di tale e tanta irritabilità i muscoli, che una forza elettrica per tutt'altra maniera impercettibile basti ad eccitare le dette contrazioni e moti muscolari. Un simile fenomeno, che può servir d'esempio, lo abbiamo nella luce, la quale avvegnachè non abbia un momento meccanico bastevole a produrre la minima impulsione sensibile, a muovere es. gr. una piuma od altro corpo leggerissimo da lei investito, pur eccita vivamente il nervo ottico, fino ad offenderlo per troppo gagliarda sensazione, e sì lo eccita non debolmente anche una luce debole e rara. Or dunque non fia maraviglia, che una picciola e debil corrente di quest'altro fluido etereo, sottilissimo, analogo si può dire, alla luce ¹⁴ qual è il fluido elettrico, investendo altri nervi, forse del pari delicati, o poco meno, dirò meglio del pari sensibili relativamente a lui, li stimoli ed ecciti, che da questo eccitamento de' nervi ne provengano poi le contrazioni e moti de' muscoli da quelli dipendenti.

§ 50. Ma che? Sarà dunque sopra i nervi, e non sopra i muscoli, che il fluido elettrico agisce *immediatamente*; e la sua azione verrà limitata ad eccitar quella solamente, allorchè movesi e trapassa per questo o quel membro dell'animale con forza affatto insensibile ai più squisiti elettrometri? Così appunto mi conducono a credere molte nuove sperienze che ho fatte, e che verrò tra poco esponendo, cioè che il *primario effetto* del fluido elettrico così mosso consista nel mettere in giuoco l'*azion nervosa*; conseguenza della quale, anzi veri e propri effetti della medesima sian poi i moti de' *muscoli voluntarij*.

§ 51. Con ciò andiamo d'accordo coi migliori Fisiologi, che questi ed altri moti, ma singolarmente i spontanei fan dipendere immediatamente dall'azione od influenza de' nervi. Ma arrestandoci qui, un poco sembra che abbiám guadagnato col nostro fluido elettrico, con questa nostra Elettricità animale; o se non poco, certo non tanto quanto ci promettevano le prime sperienze. Abbiamo scoperto, è vero, in esso fluido, messo in moto per opera dell'organizzazione medesima, un agente immediato, l'eccitatore proprio della sensibilità de' nervi; e questo è già molto: ma non basta; avremmo voluto andare più innanzi, e ci pareva d'esserci giunti; di essere cioè già certi, che il fluido elettrico medesimo movesse egli i muscoli, ossia colla sua propria virtù stimolante, onde le contrazioni e moti loro. Che però dovendosi ora ridurre ad attribuirgli soltanto l'azione su' nervi, quanto mai restiamo addietro dal segno, a cui ci credevamo pervenuti? Intendiamo e spieghiamo in qualche modo quella primaria eccitazione de' nervi, o a meglio dire, sappiamo onde viene; ma come poi essa desti e metta in giuoco la forza muscolare resta ancora un problema com'era prima.

§ 52. Torno a dire, noi ci lusingavamo pure di aver sciolto un tal problema, o portata almeno una gran luce sopra una questione tanto ancora oscura per i Fisiologi: giacchè mentre questi eran costretti ad arrestarsi a cotale non ben intesa azione od influenza de' nervi nel moto muscolare, cioè non giungevano a spiegare per qual meccanismo, o per mezzo di che si comunichi da un capo lontano di nuovo leggermente stimolato l'azione al nervo tutto fino ai suoi ultimi rami, e come passando quindi ai muscoli ne ecciti le sì valide loro contrazioni; ci lusingavamo di giungere noi a ciò spiegare col nostro fluido elettrico trascorrente da' nervi ad essi muscoli, ed irritante i medesimi sul luogo. Già gl'istessi Fisiologi, ancorchè considerassero comunemente l'*irritabilità* qual forza propria e innata de' muscoli, pur ricorrevano ad un agente intermedio, o veicolo qual si fosse, per mezzo di cui tramandar si potesse e compiersi l'azione dei nervi sopra essi muscoli. E qui si abbandonavano alle ipotesi; chi mettendo soltanto in azione le parti solide del nervo, e concependo delle vibrazioni e tremori, che si propagassero da un capo all'altro; chi supponendo (e questi furono, e sono anche oggi la maggior parte) un certo qual fluido sottile, a cui dan nome di *Spiriti animali*, e assegnandogli il doppio officio di portare per la via de' nervi al Sensorio comune le impressioni degli oggetti esterni, e di scorrere a' cenni della volontà pei nervi ai muscoli, ed eccitarvi i moti. Or ecco il passo più grande, che già ci credevamo di aver fatto dietro la scoperta dell'Elettricità animale, e seguendo le idee del Sig. Galvani Autore di questa grande scoperta, ci credevamo giunti a comprendere per qual mezzo appunto, e come esercitisi l'impero de' nervi su' muscoli, o qual fosse almeno cotal fluido nerveo, che volea insignirsi col nome di *Spiriti animali*. Quest'era il fluido elettrico; e la funzion sua principale immaginammo che fosse, scorrendo da' nervi suoi particolari conduttori a' muscoli, di agire immediatamente su questi, qual proprio e naturale stimolante de' medesimi. Come bene si spiegava in questo modo la cosa? Ma le spiegazioni più plausibili e seducenti, e quelle ancora, che sembran conformi alle prime generali apparenze, sono rare volte confermate da un esame più rigoroso e seguito de' particolari fenomeni; e quando al presentarsi di una bella scoperta ci sembra di poter andare molto innanzi estendendola a grandi e magnifiche cose, siam sovente obbligati a dar addietro ed a rinunciare a gran parte dei disegni concepiti¹⁵. Così è accaduto nel caso presente: esaminata meglio la cosa, variando le sperienze e tentandone di nuove, ho dovuto accorgermi alla fine, che assai più limitato di quel che supponea Galvani, ed io con lui, egli

è il giuoco del fluido elettrico negli organi animali, terminandosi la sua azione immediata nei nervi, come sopra si è detto (§ 50).

§ 53. Non voglio già negare, che possa agire anche su questi immediatamente, ed irritandoli per sè stesso eccitarne le contrazioni e moti. Un'elettricità forte, una scintilla viva e pungente, che colpisca il muscolo, può e dee far questo, come ogn'altro stimolo. Ma qui si tratta di elettricità debolissima, qual è l'elettricità animale, impercettibile ai più delicati elettrometri, e questa è, che non valendo ad irritare immediatamente i muscoli, i soli nervi affetta sensibilmente; i quali poi portano la loro azione sopra i primi (§ cit.), in qual modo non sappiamo ancora.

§ 54. S'ella è così non sarà dunque neppur necessario che esso fluido elettrico faccia incursione ne' muscoli medesimi, che hanno da convellersi; bastando che si limiti il suo trascorso ad una parte del nervo o nervi, da cui vengon retti e dominati que' tali muscoli. Ora molte sperienze mi han dimostrato che ciò appunto basta. Ne addurrò qui alcune solamente delle più dimostrative.

§ 55. Preparata una gamba di una grossa rana in guisa che il nervo crurale bene snudato e reciso, dalla spina dorsale, avanzi fuori dalla coscia quanto è lungo, ne copro all'estremità con una laminetta metallica piegatavi intorno, oppur lo serro con pinzette; e lo stesso fo ad un altro pezzo dell'istesso nervo poco sotto, cioè lo fascio con altra listerella di lamina metallica a forma d'anello, o lo stringo con altre pinzette, lasciando una o due linee d'intervallo tra l'una e l'altra di tali armature; cosicchè al disotto della inferiore rimane ancora una porzione di nervo nudo, come nuda rimane quella picciola parte framezzo. Ciò fatto scarico una boccetta di Leyden debolissimamente carica, cioè o non scintillante, o appena, sopra le due armature poste al nervo, in modo che la sola porzione di esso compresa fra quelle si truovi nel *circuito* della carica: ed ecco, che tutti i muscoli della gamba si convellono fortemente, ed essa si slancia e salta; quantunque, come manifestamente appare, la corrente di fluido elettrico siasi ristretta al nervo solamente, anzi ad una picciola sua parte, e i muscoli e la gamba tutta sian rimasti intieramente fuori. Non è dunque necessario che detta corrente giunga fino ai muscoli, che il fluido elettrico stimolante li invada: basta ch'è sollecciti e stimoli i nervi, da cui tali muscoli suscettibili di moto volontario immediatamente dipendono.

§ 56. Simile sperienza ho ripetuta molte volte anche sopra animali a sangue caldo, ne' quali, e più facilmente e più insigni si ottengono i descritti effetti. Scoperto e liberato da tutte le sue aderenze intorno, il grosso nervo *ischiatico* ad un Agnello, e troncato due o tre pollici sopra la sua inserzione ne' muscoli della coscia, vi applico due listerelle circolari di foglia o laminetta metallica, una vicino all'estremità troncata, l'altra alcune linee od un pollice sotto; oppure lo stringo con pinzette ne' due indicati luoghi, e se mi piace anche vicinissime le une alle altre, sol che non si tocchino. Così preparato il nervo, e tenendolo con un filo di seta od altro, sollevato dal contatto delle parti vicine, fo passare per quella picciola porzione di lui, ch'è interposta alle due armature metalliche, una debole scarica elettrica; la quale, come si vede, non che giugnere ai muscoli della gamba, non s'estende neppure all'altra porzione del nervo, che riman nuda tra la inferior armatura e l'inserzione di esso nervo nella coscia: eppure non lascia la gamba di convellersi, e sbattersi tutta quanta, ugualmente che se si scaricasse la boccetta di Leyden applicandone un'armatura

alla gamba medesima, e l'altra al nervo.

§ 57. Queste sperienze, come dicea, ho io replicate e variate in più modi coll'istesso evento, ed ho avuto occasione di notare che, le altre cose pari, soglion riuscire più forti le convulsioni nell'arto reciso dal tronco, che lasciando intiero il corpo, e preparando il nervo al suo luogo: ciò almeno quando il nervo, che si prepara è l'*ischiatico* ne' quadrupedi, il nervo crurale o il brachiale nelle rane.

§ 58. Quello che or mostrato abbiamo succedere impiegando cariche elettriche artificiali, nelle quali prove ancorchè si limiti il fluido ad agire su alcuni punti solamente, e dentro un picciolo tratto del nervo, pur ne nascono le contrazioni e moti de' muscoli, comunque lontani, ad esso nervo obbedienti: quello stesso avviene anche per le scariche o trasporti di fluido elettrico non prodotti da alcuna previa carica artificiale, ma che procedono da parte a parte dell'animale mercè la semplice applicazione delle convenienti armature, ed arco conduttore; cioè avviene, che portata l'azione su' nervi soli, anzi sopra una picciola porzione di tronco nerveo, vi rispondano i moti de' muscoli a que' nervi soggetti, ancorchè la vera e propria corrente elettrica non giunga punto ad essi muscoli. Scopransi, e si isolino i nervi crurali di una rana, l'*ischiatico* di un Agnello ecc., e come sopra (§§ 55, 56) applichinsi a due parti più o men vicine dell'istesso nervo le due armature metalliche, l'una di foglia di stagno, l'altra d'ottone, o meglio d'argento (vedremo tra poco quanto importi, che siano di diversi metalli); indi si facciano comunicare, o per mezzo di un terzo metallo qualunque, od anche senza di questo con avanzare l'una contro l'altra finchè si tocchino: all'istante si ecciteranno le convulsioni e sbattimenti di tutto il membro che pur non è tocco, e a cui nulla si può concepire che giunga del fluido elettrico smosso soltanto da parte a parte, e sì da una ad altra parte vicina del nervo.

§ 59. Non si concepisce troppo neppure come si smova detto fluido elettrico da un luogo all'altro così vicino dell'istesso nervo, per la sola applicazione di quelle armature, e comunicazione esterna delle medesime, e perchè richiedansi tali armature *dissimili*; ma questo è un fatto che provasi con esperienze dirette, e intorno a cui ci tratterremo altrove di proposito.

§ 60. Diciam qui intanto, che non fa ne anche bisogno di due armature messe appostamente al nervo, potendo bastare una sola, es. gr. di laminetta di stagno; purchè vengasi questa a toccare in sul confine con un capo dell'arco conduttore, es. gr. con un filo d'ottone o con altro metallo diverso da quello di essa armatura, come una moneta d'oro o d'argento, un cucchiajo ecc. vengasi, dico, a toccare sul confine, in guisa cioè che tal metallo, od arco conduttore tocchi a un tempo il lembo, ossia parte dell'armatura, e alcuni punti del nervo nudo; il che poi viene ad essere un equivalente delle due armature dissimili già dette (§ preced.), e prossime l'una all'altra. Il Sig. Galvani ha pur notata questa circostanza dell'eccitarsi più facilmente le convulsioni se tocchisi col filo metallico il lembo dell'armatura, e insieme alcuni punti della parte nuda; ma ne ha recata tutt'altra ragione. Quella però, che noi diamo qui riportando tutto al giuoco non anco ben inteso delle *armature dissimili*, ma stabilito quanto al fatto, con ogni genere di prove, è la sola coerente a tante altre sperienze di questo genere, come meglio mostrerassi in seguito: con essa una folla di fenomeni ed eventi, che sembrano capricciosi, tante apparenti anomalie rientrano nell'ordine; cioè riduconsi facilmente a certe leggi.

§ 61. Ritornando alla somma facilità, onde eccitarsi vivamente i nervi, e i nervi soli, per qualsiasi picciola corrente di fluido elettrico, che li invada, intendiamo ora meglio perchè preparata la rana al modo del Sig. Galvani, cioè lasciata la sola comunicazione tra le gambe e la spina dorsale dei nervi crurali diligentemente snudati, si risenta ella cotanto, e le dette gambe si convellano per un'elettricità prodigiosamente debole, sia artificiale, sia propria animale: per una carica di Leyden es. gr. che arriva appena a 2 o 3 50mi di grado del mio elettrometro a paglie sottili (§ 44): laddove lasciandola intiera si contraggono appena gl'istessi muscoli delle gambe per una carica 50 volte più grande, cioè di 2 o 3 gradi del detto elettrometro (§ 38). Per quello è dei muscoli di esse gambe, son pur questi investiti ugualmente dalla corrente di fluido elettrico, che passa fino all'estremità dei piedi, ugualmente dico, tanto se la rana sia intiera, quanto se sia preparata nella suddetta guisa: e che importa, infatti che esse gambe tengano alla spina del dorso per i soli nervi crurali? Tutta la corrente qual ella è non passa infine per detti muscoli? Anzi è credibile, che vi passi più rapidamente allorchè l'animale è intiero, di quando lasciati i nervi crurali di comunicazione tra la spina e le gambe, il tragitto si dee fare per questi soli angusti canali, i quali non essendo perfetti deferenti, non possono che ritardarlo. Ma per ciò appunto, che passa ristretto, e con qualche difficoltà il fluido elettrico ne' soli filetti nervosi, e fa urto contro di essi, perciò è, che tanto più vivamente li stimola di quello farebbe, se soli quelli non si trovassero a dargli passaggio, se non si fossero tolti via tanti altri deferenti, muscoli, membrane, vasi, umori, se in breve lasciati si fossero e lombi e ventre alla rana con tutti i suoi visceri e integumenti; nel qual caso scorrendo il fluido elettrico per tante strade, e molto minore quindi essendo la porzione di esso, che investirebbe i nervi crurali involti tra tante altre parti, molto meno verrebbero essi stimolati, nè già più sensibilmente, se non per una forza elettrica proporzionalmente maggiore.

§ 62. Anche questo dunque ci conduce a credere, che sopra i nervi si eserciti primariamente l'azione stimolante del fluido elettrico, che trascorrendo gl'investe: effetto *secondario* del quale eccitamento de' nervi sia il moto de' muscoli, che ne dipendono (§ 50). Ad appoggiare la qual sentenza, diversa da quella del Sig. Galvani, che noi pure adottata avevamo da principio, e che riguarda piuttosto il fluido elettrico come lo stimolante proprio de' muscoli, l'eccitatore immediato della loro irritabilità; oltre le già recate prove, molti altri argomenti concorrono tratti da nuove sperienze e scoperte da noi fatte in questi giorni, di cui non è ancora qui luogo di parlare.

§ 63. Mi si obbietteranno forse quelle altre mie sperienze già annunciate verso il fine della memoria precedente (Mem. 1, §§ 43 segg.), con cui, senza mettere a nudo i nervi, senza portar via gl'integumenti, senza talvolta neppure tagliar la pelle, eccito nell'animale intiero e intatto, col solo applicargli le convenienti armature metalliche, e stabilire tra queste una comunicazione mediata od immediata, delle convulsioni e scosse in tutte le sue membra. Qui pare che sian piuttosto i muscoli, che i nervi quelli su cui agisca direttamente il fluido elettrico, che si trasporta dall'uno all'altro luogo: massime poi osservandosi che riesce assai meglio l'esperienza, cioè le convulsioni e moti muscolari succedono molto più forti ove le armature siano applicate ai più forti muscoli, e questi siansi snudati per applicarvele immediatamente.

§ 64. Ma forsechè non vi sono ramificazioni nervose in ciascuno di quei muscoli?

Forsechè sfuggir possono la puntura, dirò così, elettrica? Io ho bene mostrato qui sopra (§ 55 segg.), che un pezzo di nudo nervo, senza fibra muscolare, venendo attraversato, e quindi stimolato da una picciola corrente elettrica, eccita le convulsioni e moti del membro a cui comanda, senza che ai muscoli di questo giunga tal corrente; ma sfido chiunque a provarmi, che allorchè una simile corrente di fluido elettrico pervade un muscolo, od anche solo una parte di esso, non ferisca alcuno dei filetti nervosi, che vi sono sparsi. Che se dimostrare ciò non si può, riman salva ed inconcussa la mia proposizione, che i nervi sian quelli che vengono eccitati da detto fluido elettrico trascorrente.

§ 65. Ma v'è di più: mentre voi che mi obietate cotali sperienze, e state per l'azione immediata di esso fluido sopra le fibre muscolari, non potete ridur la cosa al punto, che ferendo egli queste sole, e nascendone la contrazione sia evidente e sensibile cotal sua azione immediata, onde resterà sempre almeno dubbio se una debole corrente elettrica, qual è quella di cui si tratta, sia da tanto, io sì, che con esperienze dirette, di cui mi riservo a parlare sull'ultimo, vi renderò sensibile e manifesta, sensibile agli organi vostri medesimi (eh! diciamolo pur qui di passaggio) sensibile alla lingua, epperò ai nervi, giacchè di questi è il sentire, non solo la corrente di fluido elettrico, che sgorga in forma di pennoncello, e produce il noto venticello fresco sulla punta de' conduttori elettrizzati, ma ben anche quell'altra corrente invisibile dell'istesso fluido, a cui si dà luogo colla sola applicazione delle convenienti armature metalliche, che poi si fanno tra loro comunicare. Con non altro artificio che questo di applicare alla punta della lingua una lamina di stagno o di piombo, lucida e netta, e posare sul mezzo della lingua medesima una moneta d'oro o d'argento, una spatola d'argento od un cucchiajo, e far quindi toccare il manico di questo cucchiajo o spatola, oppure la moneta alla lamina di stagno o piombo, contro cui preme la punta della vostra lingua, con non altra operazione, dico, che questa, gusterete l'istesso sapore acidetto, che vi si fa sentire sulla lingua quando l'opponete al tenue fiocco e venticello di un conduttore elettrizzato artificialmente a tale distanza che non iscocchino scintille. Anche qui dunque il trascorrimento del fluido elettrico occasionato da parte a parte della lingua, mercè la semplice applicazione di due metalli, e indotta comunicazione de' medesimi, eccita l'istessa istessissima sensazione, l'istesso sapor acido, nè già debole, ma anzi vivo; e niuna contrazione, niun altro moto in essa lingua pur cotanto mobile ed irritabile: il che è ben bastante a provare, che le papille nervose, non le fibre muscolari della medesima, son quelle che vengono immediatamente affette nell'un caso o nell'altro dal fluido elettrico, che penetrando le vellica e stimola dolcemente.

§ 66. Così è: in tali prove non sono i *nervi del moto*, che di tali non ve n'ha sulla punta, e in tutta la parte anteriore della lingua, ma i *nervi del senso*, che vengono stuzzicati dal fluido elettrico; e però nasce nella lingua la sensazione di sapore, non nascono le convulsioni e moti, di cui pure è suscettibile essa lingua, ma per l'azione di altri nervi, che s'impiantano nella sua radice. Ad eccitar dunque cotali moti e contrazioni delle fibre muscolari della lingua, ho tosto pensato che conveniva portare l'azione elettrica sopra quella parte; e fatta in conseguenza la prova di strappare l'intiera lingua ad un agnello, ed armarne uno de' principali nervi della radice, oppur anche solamente la prossima carne viva, e d'applicare un'altra armatura verso il mezzo della lingua medesima, riunitele poi ambedue col mezzo di un arco conduttore, ottenni le aspettate convulsioni.

§ 67. Si fa dunque manifesto, che quale è il nervo stimolato, quale la sua natural funzione,

tale è l'effetto, che corrispondentemente ne siegue, di sensazione cioè, e di moto, allorchè quella virtù nervea è messa in esercizio dal fluido elettrico che fa incursione; e che quindi il giuoco de' muscoli, le contrazioni ecc., sono un effetto immediato di quest'azion nervosa, non già del fluido elettrico, come ci siam argomentati di provare dal § 50 fin qui, e tutto il seguito delle nostre sperienze andrà maggiormente confermando. Che se fossero i muscoli disposti a risentirsi a dirittura, se quel picciolissimo trascorrimto di fluido elettrico, di cui si tratta, potesse irritarli immediatamente, perchè non avrebbero a convellersi tutti que' muscoli, che godono dell'irritabilità, e sono suscettibili di convellimento e di moto, stuzzicandoli tale debole corrente di fluido elettrico, perchè, dico, non avrebbero a convellersi anche dove non son presenti nervi, o que' tali nervi, che la Natura ha destinati per il moto? Ma no: quella debolissima corrente, di cui si tratta (giacchè non abbiamo ora in vista le scariche forti artificiali, atte a produr scintille ecc., le quali come si è già accennato (§ 53) potrebbero benissimo convellere i muscoli anche senza l'intermedio de' nervi), basta ad eccitare la sensibilità de' nervi, e a metterne in giuoco l'azione; non basta di per sè sola ad eccitare l'irritabilità de' muscoli sì che si contraggono.

§ 68. Conseguentemente anche quando si eccitano le convulsioni, e moti più o men violenti nelle membra delle rane, e d'altri animali vivi e intieri, sia colle scariche elettriche artificiali molto deboli, come abbiám descritto in principio della presente Memoria, sia colla semplice applicazione delle convenienti armature metalliche, e indotta comunicazione tra loro, nella maniera cioè indicata sul fine della Memoria precedente, e ricordata pur anche qui (§ 63), non sono i muscoli, come ho creduto per qualche tempo, bensì i nervi sparsi per entro ad essi e coperti, che vengono primariamente affetti; e la forza nervosa così eccitata è poi dessa, che mette in giuoco i muscoli, come ora sostengo. Però osservasi che corrispondono, e i luoghi, e la maggiore, o minor grandezza di questi moti muscolari, e la maggiore o minor facilità di eccitarli, alla maggiore o minor vicinanza delle armature a' nervi, che reggono quelle o queste membra. In conseguenza la pelle e gli altri integumenti, se non impediscono (e sì che in alcuni animali, cioè quadrupedi, uccelli ed altri, impediscono a segno che conviene assolutamente levarli, almeno in parte, come tra poco spiegherò), se non impediscono, dico, del tutto, nuocciono alla riuscita dell'esperienze; ed anche tolti via questi integumenti fino a scoprire la viva carne, non è mai che si eccitino con tutte le migliori armature nè sì facilmente, nè sì forti le convulsioni de' muscoli, come denudando ed isolando i rispettivi nervi alla maniera di Galvani.

§ 69. Non è che non siano abbastanza grandi, e molte volte strepitosi i movimenti eziandio negli animali assoggettati in questa mia nuova maniera intieri alle esperienze; nè che difficile sia di ottenerli, che anzi è facilissimo. Facili sì a farsi sono tali sperienze, più che alla solita maniera del Sig. Galvani, quanto alla preparazione, non occorrendo alcuna dissezione dell'animale; e tanto più belle riescono e piacevoli. Ma quanto alla facilità di entrar in convulsione i muscoli, e alla forza delle convulsioni medesime, questo mio metodo la cede d'assai a quell'altro primo di denudare i nervi; e ciò che merita particolar riflessione è, che si ricercano, quando si lasciano i nervi coperti, quattro condizioni per il successo dell'esperienze, nessuna delle quali è assolutamente necessaria allorchè si sono snudati e isolati i nervi.

§ 70. La prima condizione è, che si tocchi l'animale intiero in due luoghi con non altri conduttori che metallici: laddove preparata es. gr. la rana in guisa, che le gambe tengano

per i soli nervi crurali alla spina del dorso, si possono nei primi momenti, mentre cioè sussiste in pieno vigore la vitalità, eccitare le convulsioni toccando con una mano i piedi, e coll'altra mano ed anche con un più imperfetto conduttore, come legno, avorio ecc., la spina dorsale o i nervi.

§ 71. La seconda che un tal doppio contatto metallico si faccia, per l'animale intiero, in ambedue i luoghi sopra non tanto picciola estensione, ovvero che sianvi applicate a dovere due armature metalliche. Può veramente bastare anche una sola, se all'altra supplisca la testa dell'arco conduttore abbastanza larga, perchè tocchi in più punti. Or tali armature o contatto ampio dell'arco conduttore, sebben giovino assai anche per l'animale, cui sonosi snudati i nervi, non sono però necessarie, finchè almeno mantiene la sua vitalità discretamente forte.

§ 72. La terza condizione che dette armature siano di metalli diversi, una cioè di stagno o piombo, l'altra d'argento o d'oro, d'ottone o di ferro. Questa diversità di metalli richiedesi assolutamente, o se sono ambedue le armature dell'istesso metallo, che almeno sia molto differente la maniera onde sono applicate, una essendo es. gr. di foglietta d'argento ben aderente, e come incollata alla parte, l'altra di lamina parimenti d'argento, ma non flessibile, piuttosto scabra che liscia, come una moneta ecc. In ciò si può dire, consiste tutto l'artificio, onde eccitare a nostra posta le convulsioni nell'animale intiero: vuol essere un'armatura di metallo tenero, cioè piombo o stagno, l'altra d'un altro metallo qualunque; però meglio di tutti riesce l'argento e l'oro, e non molto bene il rame e il ferro. Nell'animale all'incontro preparato collo snudarne i nervi, siccome non è assolutamente necessaria alcuna armatura (§ prec.), così applicandovene, od una sola od ambedue dell'istesso metallo, e perfettamente eguali, es. gr. due monete d'argento, o due fogliette di stagno, possono tuttavia ottenersi i soliti moti e convulsioni, finchè non sono molto illanguidite le forze vitali: giacchè quando lo sono, convien ricorrere anche qui alle armature *dissimili*, o per diversità di metalli, o almeno per differente foggia di applicazione [16](#).

§ 73. Finalmente la quarta condizione richiesta è, che non solamente sia metallo quel che tocca immediatamente la carne viva (§ 70), ma tutt'intiero l'arco conduttore metallico. Che se interrotto venga non che da un coibente, o da un cattivo deferente, come da una sottile carta, ma fino da uno strato d'acqua, che è pur conduttore bello e buono, avvegnachè ceda di molto ai metalli, l'effetto delle convulsioni manca nell'animale intiero, conforme già indicato abbiamo e spiegato sul fine della Memoria precedente: laddove non lasciano di eccitarsi le contrazioni e spasmi ne' muscoli, i cui nervi sonosi snudati e preparati, nè per tale interposizione dell'acqua a mezzo dell'arco conduttore nè per l'interposizione di una carta, o panno, o cuoio soltanto umido, e neppure se entrino nel *circuito* una o più persone, e fino il pavimento e i tavoli, fintantochè però è in pieno vigore la vitalità, come abbiamo fatto osservare già nel primo prospetto, che abbiam presentato delle esperienze del Sig. Galvani, e delle nostre pur anche [17](#).

§ 74. Da tutto questo può rilevarsi abbastanza quanto più facilmente siano eccitabili le contrazioni de' muscoli, se i nervi, che vi metton capo, vengano snudati ed isolati, che se rimangano coperti dalle carni ed altri integumenti, e fin dalla pelle dell'animale intiero ed intatto. Intorno alla qual pelle e integumenti debbo pure far vedere quale ostacolo pongano anche questi all'eccitamento delle convulsioni, e sperimentandosi col metodo di cui ora si

tratta.

§ 75. Nelle rane adunque, nelle anguille ed altri pesci, a cui, prima che agli animali di sangue caldo, ho estese queste sperienze, gl'integumenti non tolgono d'ordinario che la prova riesca molto bene, se non è che la pelle trovasi troppo asciutta; nel qual caso basta umettarla alquanto. Non così nei quadrupedi ed uccelli, che ho potuto fino ad ora cimentare: con questi non mi è riuscita l'esperienza lasciando del tutto intatti i loro integumenti; ma ho dovuto levarne via qualche parte, almeno in quei siti, a cui volea applicare le armature. Sembra pertanto che la grossezza di tali integumenti, e la poca loro conducibilità intervenendovi massimamente la pinguedine, sia d'impedimento a quel celere e libero trasporto di fluido elettrico, che richiedesi per far impressione sui nervi, e stimolarli a segno, ch'essi poi suscitino le contrazioni de' muscoli; e che perciò manchino cotesti moti finchè detti integumenti son frapposti ad essi muscoli, e alle rispettive armature. Convien dunque levarli intieramente o in massima parte, ne' luoghi destinati per queste: convien che s'applichino le superficie metalliche ai nudi muscoli, ossia alla viva carne.

§ 76. La maniera da me praticata, che corrispose meglio, fu d'incidere la pelle agli uccelli e quadrupedi¹⁸ tutt'al lungo della schiena, e rovesciarla indietro dai lati, e di vestir indi la nuda carne colla solita foglietta di stagno: d'incidere similmente e snudare qualche altro muscolo, es. gr. di una gamba, ed applicarvi una moneta od altra lastra d'argento. Ciò fatto non è più bisogno d'altro, per veder nascere le valide contrazioni, i moti e sbalzi di quella gamba, se non di fare che comunichino una coll'altra tali armature metalliche, o immediatamente venendo ad un mutuo contatto, o per mezzo di un terzo metallo.

§ 77. Anche le salamandre e le lucertole mi è convenuto quasi sempre scorticarle, in tutto o in parte: senza di che, con tutte le migliori armature, o mancava l'effetto delle convulsioni, od erano poco rimarcabili.

§ 78. Per le rane, sebbene scorticate diano in più forti convulsioni, e assai più facilmente, si può anche averne l'effetto, come già ho dichiarato (§ 75), lasciandole con tutta la pelle (la quale è sottilissima e umida, e veste immediatamente i muscoli più umidi ancora) intiera e intatta, se la foglietta di stagno soprattutto è ben applicata, e coll'altra armatura, es. gr. la moneta d'argento, applicata dove si sia, si preme alquanto contro la parte. Lo stesso è presso a poco anche delle biscie, almeno del serpente chiamato volgarmente *Smioldo*, uno de' quali molto grande ho avuto occasione di assoggettare alle prove.

§ 79. I pesci anch'essi, su cui ho fatte simili sperienze, han corrisposto così colla pelle intiera indosso; raschiate le squame han dato qualche maggior segno; ma levata loro la pelle non mi sembrò che acquistassero maggior attitudine ad essere scossi; che anzi le anguille mi è parso, che diventino meno suscettibili: le anguille dico, che vestite di tutta la loro pelle se si muniscano delle convenienti armature metalliche (intendasi sempre dissimili, come si è spiegato) (§ 72), massime vicino alla coda, si contorcono e guizzano a meraviglia, al momento che si stabilisce la comunicazione tra dette armature.

§ 80. Or poichè notate si sono le condizioni tutte richieste, e varie circostanze più o men favorevoli alla riuscita delle sperienze di questo genere, che han per oggetto cioè di eccitare le convulsioni in qualsisia animale vivo e intiero, e sì nelle rane, nelle anguille ecc.

senza incisione alcuna neppur della pelle, nonchè senza denudarne i nervi, piacemi di descrivere queste sperienze un poco più particolarmente, onde possa ciascuno ripeterlo con facilità e sicurezza dell'esito. Prendo dunque un'anguilla tal qual è, ed applico ad una parte qualunque del suo corpo una foglietta sottilissima di stagno, di quelle cioè dei battiloro, che si tengon frapposte alle carte di certi libretti, e che servono per inargentare a falso: applico, dico, questa foglietta di stagno dove mi piace, sulla testa, sulla schiena, al ventre, ai fianchi, alla coda dell'anguilla, e di quella lunghezza e larghezza che più mi piace, in modo che vi si adatti bene, come fossevi incollata. Così armato l'animale o vestito di un pezzo di camicia metallica ben aderente, lo pongo a giacere dal lato opposto non vestito sopra un piatto d'argento. Invece del piatto può servire ugualmente bene anche una lastra non molto larga, come un cucchiajo, una moneta; ma conviene allora, che tal lastra picciola sia posta sotto all'anguilla in guisa, che corrisponda all'armatura superiore, cioè alla foglietta agglutinata, o poco almeno ne disti¹⁹. Così disposte le cose, basta toccare con una chiave, con un filo d'ottone, con un altro cucchiajo, o moneta, con un pezzo insomma qualunque di metallo, purchè sia netto e mondo, il piatto o la lastra d'argento che sta sotto, e insieme la foglia o veste di stagno, cui tiene indosso la nostra anguilla, basta anche, senza altro metallo intermedio che faccia officio di arco conduttore, far sì che vi supplisca l'istessa lastra o cucchiajo o moneta che sia, avanzandola ed inclinandola tanto che giunga a toccare a dirittura detta veste di stagno, per rendere all'istante l'anguilla convulsa, per vederla corrugarsi, contorcersi, inarcarsi, erigere e vibrar le pinne, in tutta quella parte di corpo massimamente, che trovasi tra i limiti dell'una e dell'altra armatura. Bello è osservare come, se questa parte di corpo comprende la testa, o il collo, si gonfia questo, si alza quella, e la bocca s'apre e si chiude a vicenda, ogni volta che si viene all'indicato toccamento. Che se tutta la schiena o tutto il ventre dell'anguilla, dal capo fino alla coda, o tutto un fianco si vesta di foglietta di stagno non interrotta, e bene agglutinata, ed essa anguilla poi giaccia col lato nudo tutto al lungo sopra un bacile d'argento, allora all'istante che si fa la comunicazione in uno dei modi indicati tra l'inferiore e superiore armatura, tra il piatto cioè d'argento e la foglietta di stagno, tutto l'animale si convelle e divincola fortemente.

§ 81. Per la rana ancora sono le cose presso a poco eguali, in quanto che può applicarsi la camicia di stagno o tutt'al lungo del ventre, o tutt'al lungo della schiena, oppure a parte solamente di quello o di questa, o all'uno o all'altro fianco, e può applicarsi eziandio ad una coscia o gamba. Per essa rana poi non occorre del gran piatto, e basta in ogni caso la lastretta d'argento, il cucchiajo, o la moneta, quali non è neppur necessario, come nell'anguilla, di apporre al lato opposto e corrispondente della veste di stagno, nè ad essa vicino. Se così si fa succedono a dir vero più forti le convulsioni e moti; ma anche ponendo dall'istesso lato, sul piedi es. gr., o sulle coscie la moneta, o il manico del cucchiajo, quando son vestiti di foglietta di stagno o i lombi, o la schiena, o gli omeri, non lasciano, al momento che si stabilisce la comunicazione tra le due armature, di convellersi i muscoli delle coscie, e di vibrarsi le gambe. Così anche se una coscia o gamba porti la sottil veste di stagno, e sopra l'altra coscia o gamba compagna posi al luogo medesimo la moneta, o il manico del cucchiajo, convellerannosi, indotta la comunicazione, e guizzeranno ambe le gambe.

§ 82. Comincia dunque già a differenziarsi la rana dall'anguilla in ciò, che anche posta

l'armatura d'argento in parte non corrispondente, e quanto si voglia lontana dalla veste o foglietta di stagno aderente, han luogo nulla di meno le convulsioni e spasmi, nè già parziali, bensì di tutto o quasi tutto il corpo.

§ 83. Ma quello, che più la differenzia ancora, è una assai più decisa corrispondenza tra muscoli e nervi; e tale, che quelli dei muscoli si convellono più fortemente, che ricevono più nervi, e più davvicino da quella parte del corpo, cui si è posta una delle armature, quantunque non a questa ma bene ad altri muscoli trovisi applicata l'altra. Così es. gr. se al confine del dorso e sopra i reni, al luogo cioè ove trovansi poco sotto la pelle i grossi nervi crurali, sia applicata e fatta bene aderente la foglietta di stagno, convellerannosi e balzeranno le gambe, quand'anche l'altra armatura, la lastra d'argento o moneta (tra cui si viene poi a stabilire la comunicazione) sia applicata al ventre, al petto, alla testa: se la detta laminetta di stagno sarà incollata sopra il mezzo della schiena, entreranno in grande spasmo i muscoli del ventre e dei fianchi: se sopra gli omeri, i muscoli del petto, e le zampe davanti, il collo e la testa; a qualunque parte stia altronde applicata la moneta, il cucchiajo o lastra d'argento.

§ 84. Dicendo che convellerannosi specialmente i muscoli retti da quello o quei nervi, che trovansi vicini ad una delle armature, quantunque nè sopra nè appresso essi muscoli, ma in tutt'altro luogo sia applicata l'altra armatura, non voglio già far intendere, che non se ne risentano i muscoli immediatamente coperti dalle armature medesime, e i confinanti; che anzi son questi d'ordinario, che più vengono commossi. Del resto anche negli altri muscoli tutti, o quasi tutti, si osservano tremori, palpiti, convulsioni spasmodiche, se la rana è molto vivace, se la si è snudata della pelle, e se l'armatura di foglietta di stagno sta bene applicata al luogo della spina dorsale e tutt'al lungo della medesima, di là essendo che diramansi tanti nervi a tutte le parti. Che se poi concorra ogni circostanza a determinar l'azione sopra un tal membro, sopra tali muscoli, se la lastra d'argento trovisi in contatto o prossima a quegli stessi muscoli, che ricevono più nervi e più davvicino dalla parte del corpo, cui sta incollata la foglietta di stagno, se tal veste essendo sovrapposta es. gr. ai lombi, ove trovansi i nervi crurali, la moneta o il cucchiajo d'argento stia sopra o sotto le coscie o le gambe, tutto allora cospirando a produrre l'effetto maggiore, si avranno le più strepitose convulsioni, de' guizzi e salti prodigiosi di coteste gambe: così se sia una armatura applicata sopra la spina dorsale e l'altra sotto al ventre, entrerà questo e i fianchi nelle maggiori convulsioni spasmodiche. e così i muscoli del petto, le zampe davanti. se contigua o prossima abbiano una delle armature, ecc. Fa poi stupore il vedere come la, stessa spina dorsale s'incurva ripiegandosi indietro, e si tende, e il cono anch'esso.

§ 85. Si può già comprendere da quello, che son venuto accennando, in quante maniere ho variate queste esperienze; ma si comprenderà ancor meglio se dirò, che ho fatto delle prove ancora con diversi pezzi di foglietta di stagno applicati a un tempo stesso a varie parti del corpo della rana, e fra loro divisi da più, o men grande intervallo; formanti così altrettante distinte armature tutte eguali, e dell'istesso metallo, ponendo poi l'altra armatura di diverso metallo, cioè la moneta, il cucchiajo, od altra lastra d'argento, in contatto or d'una, or d'altra parte del lato nudo dell'animale, e provando tutte le combinazioni dei tocamenti, quando immediati tra questa armatura d'argento e l'una o l'altra di quelle di stagno, quando mediante un terzo metallo che facesse officio d'arco conduttore. Applicava talvolta cinque o sei pezzi di foglietta di stagno, uno sulla testa, sul collo l'altro, il terzo sulle spalle, sul

mezzo della schiena il quarto, il quinto sopra l'osso sacro, e il sesto su di una coscia; e posta la moneta o la coda del cucchiajo d'argento, in prima sotto la mascella e la gola, ed applicato ad essa moneta o cucchiajo un capo di fil metallico, ne portava l'altro capo una, due, tre volte in contatto di ciascuna di quelle vesti separate o scudetti di foglia di stagno, per vedere quali fossero i muscoli, che più si contraevano in ciascuna prova: poi faceva passare la moneta sotto il petto; e ripeteva gl'istessi toccamenti, cioè sopra tutte le cinque o sei vesti od armature suddette, facendo le stesse osservazioni: indi ancora da capo avanzata la moneta sotto il ventre; poi sotto l'una; poi sotto l'altra coscia; e infine sotto i piedi: da ultimo ripigliava tutti i cinque o sei toccamenti, posata la rana sul suo ventre con testa e distese tutt'al lungo di un piatto, o lastra d'argento. Son queste già più di 40 combinazioni. Ma ne ho tentate ancora molto altre, vestendo di varj scudetti di foglia il ventre, i fianchi ecc., applicando una o più fascie circolari di tal laminetta attorno a varie parti del corpo a forma di cintura; e inducendo poi la comunicazione d'una o d'altra di tali fascie colla moneta o lastra d'argento qual si fosse, applicata a questa e a quell'altre parti del corpo: con che ottenni sempre (se i contatti metallici si faceano a dovere, com'è necessario in tutte queste sperienze) le convulsioni de' muscoli nelle parti rispettive.

§ 86. Nelle sperienze fino ad ora descritte è sempre stata l'una armatura di foglietta di stagno incollata ad una parte dell'animale, l'altra di grossa lamina d'argento, nulla o poco flessibile, posta semplicemente in contatto d'altra parte. Or debbo dire, che è poi lo stesso adoperando al rovescio, cioè applicando in un luogo una foglietta pieghevole d'argento o d'oro fino, e in un altro una lamina soda di stagno o di piombo; oppur anche applicando qui e là delle fogliette sottili, che s'adattino egualmente, ma di stagno o di piombo le une, le altre d'oro o d'argento, e sì anche di orpello. In somma è la diversità del metalli, che fa: intorno a che abbiam già fatto osservare quello ch'è più essenziale (§ 72 e nota ivi), e verrà in altro luogo occasione di trattarsi più a lungo, cercando di trovarne, se sia possibile, la ragione.

§ 87. Abbiam pure altrove indicato (§ 60), come, ritenuta questa diversità di metalli, può tralasciarsi una delle armature, e supplirvisi mercè il toccare a un tempo stesso il lembo dell'unica armatura, es. gr. della foglietta di stagno, e alcuni punti della parte nuda, coi due capi dell'arco conduttore, ed anche coll'istesso capo, es. gr. coll'istessa faccia della moneta d'argento o d'oro, colla coda del cucchiajo ecc. In quest'ultima maniera eccitansi d'ordinario delle contrazioni spasmodiche nel soli muscoli contigui, ed aggiacenti, e talora in alcune fibre solamente; ma spesso anche se ne risento tutt'un membro, una gamba, es. gr. che si scuote e balza.

§ 88. Passerei ora a descrivere le sperienze di questo genere fatte anch'esse in gran numero sopra altri animali, massime sopra quelli a sangue caldo, qua-drupedi ed uccelli, già accennati (§ 75 e Mem. I^a sul fine), se lo credessi ne-cessario, o molto utile; ma come è facile il fare l'applicazione di ciò che si è fino ad ora mostrato anche a questi animali, avuto soltanto riguardo alle differenze nella struttura, e nell'economia animale, differenze non molto grandi, per ciò che riguarda la sensibilità del nervi, ed irritabilità del muscoli; non mi tratterò lungamente intorno a tali prove; e dirò solo in generale, che i risultati sono presso a poco eguali, cioè che si eccitano le stesse convulsioni e spasmi ne' muscoli, gl'istessi moti nelle membra di codesti animali, cogli stessi artificj delle *armature dissimili*; che in complesso si osserva l'istessa dipendenza del muscoli dai nervi, venendo

quelli commossi a norma, che sono influenzati da questi; che i muscoli ancora, o contigui o vicini alle armature sono i più affetti; e che la sola rimarcabile differenza negli animali grandi è, che ove trovinsi molto discoste le armature una dall'altra, soglion essere men gagliardi i moti eccitati, e talora mancano finanche del tutto; massime se trovinsi dette armature applicate a parti fornite di pochi nervi, o troppo coperti, e a muscoli non facilmente suscettibili di moto; se non vi siano bene applicate; se siano non molto *dissimili*, es. gr. una d'oro o d'argento, al solito, l'altra d'ottone o di ferro, invece d'essere di stagno o di piombo ²⁰.

§ 89. Lasciando pertanto le sperienze sopra gli animali vivi e intieri, piccioli e grandi, intorno alle quali ci siamo abbastanza trattenuti, con mostrare a parte a parte gli artificj, onde eccitare in varie parti del loro corpo, quando intatto, e quando spogliato, giusta il bisogno, di qualche parte solamente del suoi integumenti, le convulsioni, diciam così, elettriche; mi piace di portarmi all'altro estremo opposto, e mostrare come son giunto ad ottenere le istesso convulsioni e forti contrazioni muscolari, non che dagli stessi animali decapitati, o con altre ferite uccisi, quando di fresco e quando delle ore prima; ma da' loro membri recisi, da piccioli pezzi di essi membri, e fino da frammenti e minuzzoli di muscolo minori in mole di un grano di frumento.

§ 90. Tutto l'artificio anche qui si riduce ad applicare le due *armature dissimili*; e quelle che riescon meglio sono al solito la foglietta di stagno, che s'agglutini bene ad una parte del muscolo, ed una moneta o lastra qualsiasi d'argento, che ne tocchi semplicemente un'altra parte. A fare poi la comunicazione fra queste, basta avanzare la lastra o moneta, strisciandola fino al contatto della foglietta aderente; meglio però serve un filo metallico ripiegato, che faccia ufficio di arco conduttore; il quale se sia egli medesimo d'argento, od anche d'ottone, può farsi senza della moneta o lastra, bastando di appoggiare con esso contro una parte nuda del membro o del muscolo, in guisa di toccarla, non in uno, ma in più punti, e di toccare insieme anche la foglietta di stagno. In qualunque modo succeda tal comunicazione del due metalli applicati a punti diversi, ecco eccitarsi i tremori, i palpiti, le convulsioni in quello o quei membri staccati, in quel pezzo di membro reciso, picciolo o grande, che restan compresi tra i due toccamenti, e ne' muscoli ancora comunicanti.

§ 91. Sarebbe troppo lungo se volessi qui schiarire e mettere sott'occhio le molte sperienze da me fatte sopra i membri recisi, e pezzi di membri, sopra i singoli muscoli, e pezzi di muscoli, tanto di animali a sangue freddo, quanto ancora di quelli a sangue caldo, e i diversi eventi, secondo che mi studiai di variare le circostanze e gli aggiunti. Accennerò dunque solo, terminando questa Memoria, già troppo prolissa due scoperte, che in seguito a tali sperienze ho fatte, non men interessanti che utili. La prima è, che non tutti i muscoli, per quanto siano irritabili, ma quelli soli che obbediscono alla volontà, i muscoli de' moti spontanei si contraggono ed entrano in convulsione, cogli artificj di cui si tratta, cioè delle armature metalliche *dissimili*; che però nè gli intestini, nè il ventriglio, nè il cuore, irritabilissimi tutti, massime quest'ultimo, ma destituiti di moto volontario, si convellono punto tentati con tali mezzi; il Diaframma sì, poichè gode pur evidentemente di tal facoltà.

§ 92. La seconda su cui abbiam già qualche cosa ragionato (§§ 65 segg.) che talvolta, invece delle solite contrazioni e moti muscolari, il transflusso di fluido elettrico occasionato dalle *armature dissimili* eccita la sensazione propria de' nervi, che trovansi nel

luogo affetto: il che accade nella lingua, la quale tentata con tali artifici non si convella nè molto nè poco, ma sente nella parte sua più delicata, che è la punta, un sapor acido più o men vivo, non diverso da quello, che le fa sentire il fluido elettrico, che spruzza dall'estremità di un conduttore elettrizzato artificialmente.

§ 93. Per ottenere ciò conviene, come abbiam già (ivi) indicato, applicare alla punta della lingua, o poco sopra, una lamina di stagno o di piombo ben netta e lucida, e premervela contro con discreta forza; e sopra il mezzo, o ad altra parte di essa lingua applicare una moneta d'oro o d'argento, un cucchiajo, una spatola, od altra lamina di tal metallo; finalmente addurre le due lamine al mutuo contatto. Per lamina di stagno io prendo sovente un pezzo di carta, così detta, d'argento, che è propriamente carta coperta di foglia di stagno; e la trovo la migliore di tutte; eccetto che non ogni foglio di tal carta, che compero alla ventura, mi riesce ugualmente bene: alcuni fogli fanno a meraviglia, tanto che il sapor acido, che vengo a sentire facendo l'esperienza a dovere, è forte sì, che mi riesce quasi insopportabile; altri all'incontro mi eccitano l'istessa sensazione, ma incomparabilmente più debole. Di questa differenza non saprei invero allegare alcuna ragione, se non è la diversa qualità di stagno, la sua lega con altri metalli, l'essere stato più o men battuto ecc. (V. la nota al § 72).

§ 94. Ella è cosa molto rimarcabile, che questo sapore continua a sentirsi, e va anzi crescendo in vivacità, per tutto il tempo, che i due metalli, stagno ed argento, continuano a star applicati, l'uno alla punta della lingua, l'altro ad altre parti della medesima, ed a toccarsi fra loro, formando un cotal arco conduttore: il che prova che continuo ed incessante sia pure il transflusso del fluido elettrico dall'uno all'altro luogo.

§ 95. Un'altra cosa non men degna di riflessione è, che facendosi inversamente la prova, cioè applicando alla punta della lingua la lamina d'argento, e più indietro la carta inargentata, o a dir più tosto stagnata, si sente su detta punta un altro sapore che non è già acido, ma piuttosto alcalino, acre cioè tirante all'amaro; il quale, sebbene più piccante e rabbioso quando si sente, non si arriva però a sentirlo se non sono le circostanze le più favorevoli, cioè se non si contrappongono appunto argento e stagno, e quest'ultimo ben lucido. Così adoperando la carta stagnata, riesce o non riesce di sentire questo sapore, secondo che incontrasi quella di buona o d'inferior qualità (§ 93). Egli è pertanto assai più facile di sentire il sapor acido nella prima maniera, che questo sapore acre ed urente in quest'altra; ed è ben quello più decisamente acido, che questo alcalino: per tale invero non ardirei caratterizzarlo. Qualunque però sia, è assai diverso dal primo: e ciò basta ad aprirci grandi viste.

§ 96. Il fluido elettrico dunque messo in moto per la sola applicazione delle armature metalliche, affetta diversamente i nervi, produce sensazioni affatto diverse, se entri o sorta per tali nervi dei sensi. Or entra egli o sorte quando produce sulla punta della lingua il sapor acido? Io m'induco più volentieri a credere che allora entri; e che quando sorte da essa punta vi cagioni l'altro sapore, che tira all'alcalino; ma non posso ancor dare la cosa per accertata. Spingendo poi le congetture più avanti, se il fluido elettrico smosso per un modo o per l'altro produce per sè solo sapori diversi, non potrebbe esser egli la causa immediata d'ogni sapore? Non potrebbe esserlo delle sensazioni tutte degli altri sensi? Ma non abbandoniamoci ancora a queste idee troppo vaghe: estendiamo piuttosto le sperienze,

e fermiamoci alle conseguenze ed applicazioni immediate delle medesime. Questa è la marcia, che ho tenuta fin qui; e che terrò, ripigliando il filo nelle seguenti Memorie.

ADDIZIONE ALLA MEMORIA SECONDA SULL'ELETTRICITÀ ANIMALE.

Serva d'esempio ancora la nostra rana non più intiera, come nelle precedenti mie sperienze, non mutilata, soltanto e troncata come in quelle del Dr. Galvani, ma molto più, fino a farla in piccioli pezzi, e minuzzoli qual piccatiglio. Taglio via a addirittura tutto il tronco, e ritengo le sole gambe posteriori unite appena fra di loro; dalle quali levata la pelle, applico ed incollo ad una parte di muscolo d'una un pezzetto di foglietta di stagno largo poche, linee, e lungo un po' più; all'altra gamba appongo in qualsisia sito di essa, la moneta o lastretta d'argento; e fitta la solita comunicazione coll'arco conduttore, osservo le solite convulsioni e salti in tutt'a due le gambe. Veduto ciò, levo quella foglietta, e ne sostituisco una più picciola; e le convulsioni, adoperando i soliti toccamenti, nascono più deboli. Ristringo dunque mano mano tal armatura, o veste, finchè non vedo più convulsioni, o soltanto debolissime. Allora taglio via porzione delle gambe, o recido tutt'attorno molta carne; e trovo che quella stessa picciola armatura basta a far rinascere le convulsioni. La impicciolisco di nuovo, riducendola alla dimensione d'una in due linee quadrate, tantochè mi manca l'effetto delle convulsioni nelle due gambe tronche. Ma che? succedono di nuovo, tagliatane via una, ritenuta cioè quella sola gamba, ossia quel pezzo di gamba, cui sta applicata la porzioncella di foglietta, metallica, e posto tal pezzo o troncone dalla parte nuda sopra la moneta, od il cucchiajo. Finalmente riduco a tale picciolezza detta foglietta, che non abbia più di una mezza linea quadrata; e non basti neppure per il troncone medesimo: basta però essa ancora se ritaglio questo, e lo riduco ancora ad un solo muscolo, o porzione di muscolo, non più grande di un grano d'orzo, o di riso: fa stupore il vedere come si contrae, si corruga e palpita questo minuzzolo di carne, ogni volta che con un picciolo arco conduttore, con uno spillo es. gr. od una moneta, si tocca prima la lastra su cui posa, indi il frammento di foglietta di stagno con cui è segnato di sopra, o prima questo e poi quella; oppure si striscia e si rivolta tal pezzetto di carne in guisa, che intrigano le due armature, cioè la lastretta e la foglia, a toccarsi. Queste sperienze, che tra molte consimili adduco qui per esempio, dimo-strano, che le armature, e massime quella che chiamo veste, ed è fatta di foglietta metallica ben combaciante, e incollata sulla parte, debbon avere, un'estensione in qualche modo proporzionata alla mole del corpo animale, o di quella parte di esso, in cui vogliansi con tal artificio eccitare le convulsioni; cioè, che più questo corpo o questa parte recisa, su cui si opera, son grandi, e più ampie debbon essere le rispettive armature metalliche, principalmente una, perchè succeda l'effetto. Della qual cosa io trovo chiara la ragione inerendo alla già data spiegazione del più facile e copioso trasporto di fluido elettrico che con tali armature metalliche si procura dall'una all'altra parte del corpo animale, cui stanno applicate, sendo i metalli molto migliori conduttori che tutte le sostanze animali sì fluide che solide: per il che quanto più estesa è l'armatura, quanto maggiori i punti di contatto, tanto più di fuoco elettrico se ne traduce: ma se pochi sono tai punti, troppo picciola essendo l'armatura e d'altra parte essendo grande la mole dell'animale, o del membro sottoposto all'esperienza,

avvien che siano in grandissimo numero i fili, dirò così, deferenti interni dell'animale stesso, cioè le sue fibre, vasi ecc., sarà allora la quantità di fluido elettrico, che potranno tradurre tutt'insieme, quantunque meno deferenti del metallo, eguale o quasi eguale a quella che può tramandarsi dalla armatura metallica, tanto più deferente, ma altrettanto meno estesa. Per tal modo continuerà il fluido elettrico a scorrere dall'un luogo all'altro per le interne parti dell'animale, che son pur conduttori belli e buoni, col solito tenore o poco mutato, e non farà quell'impeto, che si richiede perchè accadano le convulsioni. Che se restando pure l'armatura metallica così picciola e insufficiente all'uopo, com'è, si diminuisca invece il numero di codesti conduttori animali, o fili deferenti interni tagliando via de' membri, se sono più, o ritagliando quel solo membro o pezzo di membro, cui trovasi quella applicata, (divenuta allora in proporzione minore la quantità di fluido elettrico, che possono tradurre detti conduttori animali interni, relativamente a quella cui può dar passaggio esternamente l'armatura, ne dovrà seguire l'effetto, le convulsioni ecc. come abbiam veduto che infatti succede. Un'altra cosa sembrerebbero le stesse sperienze provare, cioè che poco o nulla influiscano i nervi in questi moti de' muscoli, conciossia che accadano col solo armare questi, senza nè isolare nè armar quelli, senza tampoco determinare in alcun modo la corrente del fluido elettrico secondo la loro direzione. Come mai si può credere che vengano interessati i nervi, quando si fa entrare in convulsioni e spasmi coi mezzi qui sopra spiegati un solo muscolo, anzi un pezzo solo di muscolo, un bricciolletto di carne ? Ma pure molte altre sperienze tanto di quelle sopra animali intieri, che ho riferite diggià, e più ne apporterò in altro scritto, quanto di quelle collo snudare i nervi, ed altre preparazioni, troppo apertamente ne comprovano la massima influenza di questi nel fenomeni dell'elettricità animale. Ne addurrò qui una o due delle più dimostrative. Preparata una gamba di una rana col suo nervo crurale snudato e pendente, lo fasciai con un pezzetto di foglia di stagno; ed un pezzo della medesima assai più largo lo applicai al più grosso muscolo, incollandovelo bene. Nulladimeno erano incomparabilmente più forti le contrazioni, e gagliarde le convulsioni di tutta la gamba toccando con un capo dell'arco conduttore il piede, e coll'altro il pezzetto di foglietta applicato al nervo, che toccando il pezzo tanto più grande applicato al muscolo. Ma qui non è tutto: non era neppur necessario di toccare coll'arco conduttore metallico il piede, od altra parte della gamba, bastando di toccarne con esso il solo nervo armato, mentre io reggeva colla mia mano tal gamba, tenendola pel collo del piede, bastava, dico, per vederla scuotersi, e balzare, e sentirne colla mia mano medesima le valide contrazioni del muscoli: all'incontro toccando coll'arco conduttore soltanto la foglietta metallica applicata al muscolo, niente seguiva; e bisognava per veder qualche effetto, qualche tremito e subsulto toccare insieme coll'istesso arco qualche altro muscolo nudo, od una lastra appoggiatavi, come una moneta; nel qual caso erano bene più forti le convulsioni e spasmi, ma minori ancora di quelle che si eccitavano col toccamento del nervo armato. La differenza è ugualmente manifesta e forse più negli animali a sangue caldo. Forse sarà vero, che anche senza l'intervento del nervi, sian atti a convellersi i muscoli col giuoco dell'elettricità animale propria; ma la grande influenza di quelli non può negarsi; nè già provano il contrario le poco innanzi riferite sperienze, in cui vedemmo succedere le convulsioni applicando le armature anche a' soli muscoli, anche ad un pezzetto solo di muscolo. Primieramente non sono nè così forti, nè così facilmente eccitabili, come or ora mostravamo, tali convulsioni, in confronto di quelle che si eccitano applicando una delle armature ai muscoli, l'altra a' loro nervi. In secondo è pur sicuro che entrano nervi in

qualunque pezzo di muscolo? E non ve ne ha forse in qualsivoglia porzioncella anche recisa? Possiam dunque supporre, che ne' moti pure che il fluido elettrico fa nascere in questi o muscoli recisi, o fragmenti di muscolo influiscano tuttavia più o meno i nervi, seppur non sono assolutamente necessarj. E in vero quando nol fossero, o non avessero una grande influenza almeno, perchè mai gli animali che ne sono destituiti o almeno non hanno quello che si possa chiamare un vero e compito sistema, ed apparato di nervi, non presentano gl'istessi fenomeni dell'elettricità animale, cioè non si convellono adattando alle varie parti del loro corpo o intiero, o troncato, le acconcie armature! Eppure ho tentato invano alcuni animali di questa classe, cioè, le sanguisughe, i lombrichi di terra, ed altri; ed è ben rimarcabile, che non solo non mi han dato segni in alcuna maniera di elettricità propria animale, ma poco si risentirono ancora per le scariche dell'artificiale, incomparabilmente meno cioè di tutti gli altri animali corredati di nervi. Se lo stesso sia di tutti i vermi, o di quali solamente non ho provato ancora; nè oso indovinarlo. Bensì ho provato sopra membri intieri staccati dal tronco, sopra pezzi di membri, e sopra anche picciole porzioni di muscoli in altre classi di animali non che forniti egregiamente di nervi, ma dei più perfetti, in alcune specie ancora di quadrupedi e d'uccelli, e l'evento ha corrisposto in tutti, cioè ho ottenute sempre, anche senza snudare i nervi, colle armature applicate semplicemente alla inili maniera a diversi muscoli, o a parte dell'istesso muscolo, i tremori, le convulsioni, i spasmi più o men forti. Ciò basti per dar un'idea dell'estensione a cui ho portate in meno di due mesi che mi occupo di queste sperienze, le ricerche sull'elettricità animale nativa, e propria degli organi viventi, e sussistente ancora ne' pezzi recisi, finchè vi dura qualche vitalità; e del successo elle hanno avuto tali mie sperienze e ricerche. Finisco dunque qui anche questa addizione, riserbando per altre Memorie, come già ho prevenuto, una più esatta descrizione, e le molte applicazioni di tante nuove sperienze, che presentano diggià una folla di cose troppo grande per digerirsi in una volta.

¹Ho dimostrato ciò, e ridotta la cosa ai giusti termini di confronto, per quanto mi fu possibile, in una memoria *Sulla capacità de' conduttori elettrici e sulla commozione, che anche un semplice conduttore è atto a dare, eguale a quella della boccia di Leyden* inserita negli *Opuscoli Scelti* di Milano, Tom.1, P. IV e V, 1778, e nel *Journal de Physique*, Tom. XIII, P.1, 1779, Avril. Mi parve allora di trovare che la capacità delle bocce di Leyden, e de' Quadri Frankliniani corrispondesse per ogni pollice quadrato di armatura a quella di sei piedi circa di lunghezza di un conduttore cilindrico del diametro di mezzo pollice, ed anche maggiore (giacchè la grossezza de' conduttori, come ivi dimostro, contribuisce poco alla capacità, assai meno cioè della loro lunghezza). Così trovai, che avevano presso a poco capacità eguale una boccetta di 16 pollici quadrati di armatura, ed un conduttore fatto di molte verghe di legno inargentate del diametro di circa mezzo pollice, lungo 96 piedi, dividendosi giusto per metà tra questo e quella qualunque carica elettrica, e producendo sì l'uno che l'altra, per quanto potei giudicare una scossa uguale nelle braccia. Ma la boccetta non era delle migliori, per essere di vetro un po' troppo grosso. Con altre boccette di vetro più sottile, epperò più capaci, di qualità eccellente, e preparate di fresco, ho trovato in appresso, che contengono per ogni pollice quadrato di armatura quanto un conduttore cilindrico di un pollice di diametro, lungo non 6 piedi solamente, ma 8, 10, ed anche più.

²Memorie *sull'Elettroforo, sul Condensatore, sulla Capacità de' Conduttori ecc.* Lettere *sulla Meteorologia elettrica*. Negli *Opuscoli scelti*, nel *Giornale di Rozier*, nella *Biblioteca Fisica ecc.*

³*Principles of electricity*, London, 1779.

⁴Non voglio con questo detrarre nulla al merito dell'egregio Autore, nè intendo significare, che tali sue sperienze si debbano avere in poco o niun conto. Esse son belle nel loro genere; e quel che è più, lo hanno condotto alla grande, alla meravigliosa scoperta dell'Elettricità animale nativa e propria degli organi, la quale viene eccellentemente dimostrata

nella 3a parte dell'Opera medesima, e della quale ho cercato di fare quell'elogio che conveniva, e l'ho fatto colla maggiore compiacenza nel Discorso precedente. Intanto il pregio di questa 3a parte dell'Opera di Galvani, contenente l'enunciata insigne scoperta, rimarrebbe sempre intiero e intatto, quand'anche si tagliasser fuori del tutto le altre parti come inutili, che pur non lo sono, avendo il loro pregio anch'esse.

⁵Si è pur troppo esagerato il potere di questa elettricità naturale atmosferica sull'economia animale, e sulla vegetazione. Il sostenere, che sia nulla affatto la sua influenza sui corpi organizzati sarebbe troppo; ma ben può dirsi ch'ella è sì picciola cosa, da non doversene quasi mai far conto. Infatti, per potente che sia questa Elettricità colassù nella regione delle nubi, e potentissima delle nubi temporalesche, essa non è più sensibile quasi a pochi piedi da terra, anche nei luoghi non ingombrati da' muri, o da piante, talchè d'ordinario ne danno appena alcun segno all'altezza delle nostre teste i più delicati elettroscopj, e quando pure vi si fa sentire a segno di moverli di 6, 8, 10 gradi, o più, il che avviene ben di rado, non è tuttavia che *elettricità di pressione*, che non si trasmette cioè a' corpi sottoposti, se non lentissimamente. Qual effetto pertanto, qual alterazione sarà ella capace una sì blanda elettricità di produrre ne' corpi organici? E' facile giudicare, col confronto dell'elettricità artificiale anche un poco più animata di questa, e anch'essa di sola pressione, che niuna alterazione sensibile. Oh! Se sempre si riducessero le cose al loro giusto valore, quanti effetti si cesserebbe di attribuirli a delle cause inadeguate, e richiamandoli a nuovo esame potrebbero venir meglio spiegati con altri principj. (V. le già cit. mie *Lettere sulla Meteorologia elettrica*, particolarmente la 4a in una lunga nota).

⁶Tra le tante Opere sull'applicazione dell'elettricità alla Medicina, la più completa e ragionata, lontana egualmente dagli eccessi de' fanatici e visionarj, e da uno intemperante pirronismo: la più dotta insieme e più giudiziosa è la seguente: *De l'application de l'électricité à la physique et à la médecine* par A. Paets van Troostwik et C. R. T. Kravenhoff. Amsterdam, 1778.

⁷Avrei voluto darne qui le figure che ho fatte delineare, ma non si è avuto tempo di incidere i rami. Manco male che anche senza figure potrà il lettore farsi facilmente un'idea di questo apparecchio, e costruirne un simile ove gli prenda la voglia di ripetere le mie sperienze.

⁸Ho fatto anche a questo Elettrometro de' miglioramenti considerabili, che sono indicati nelle tante volte citate mie *Lettere sulla Meteorologia elettrica* (lettera prima).

⁹V. Lett. Cit., lett. 1a

¹⁰V. Lett. Cit., lett. 1a.

¹¹Siccome i miei micro-elettrometri a pagliette lunghe sottili non arrivano a 30 gradi, ma a 20, o 24 al più, oltre al qual termine detti pendolini sono portati a toccare le pareti della boccetta; così mi servo dell'opportunità di un altro elettrometro a paglie più corte e grosse, ciascun grado del quale corrisponde a 4 gradi del primo, e ad 1/4 di grado del *Quad. el.*

¹²Inserito nel Quad. prec. di questo Giornale. V. pag. 129 -130.

¹³Vedi il Vol. medesimo pag. 175. segg.

¹⁴Non voglio già con questo insinuare che il fluido elettrico sia lo stesso che la luce, e neppure una modificazione di essa. Tutte le sue qualità lo manifestano per un fluido *sui generis*, e il suo odore e sapore per un fluido più composto della luce, sebbene ancora rarissimo e sottilissimo. L'analogia dunque, che ho voluto indicare del fluido elettrico colla luce, col calore ecc. consiste in ciò, che come questi appartiene anch'esso ad una classe di fluidi incomparabilmente più sottili ed elastici, di fluidi aeriformi o gas, e non sensibilmente pesanti; la qual classe si può denominare dei *fluidi eterei*. Ma intorno alla natura e costituzione del fluido elettrico, di cui ora si tratta, mi riservo a spiegare alcuni miei pensamenti, dietro a varie nuove sperienze e curiosi risultati, che mi è riuscito di ottenere, in altro luogo più opportuno.

¹⁵Potrebbero addursi di ciò molti esempi, ma ci bastino due soli, il primo de' quali preso pure dall'Elettricità. Cosa non si promettevano molti anni sono e Fisici e Medici dall'elettricità artificiale applicata alla Medicina? E alla fine, di quanto poco profitto è debitrice l'arte salutare a codesta *Elettricità medica* ormai abbandonata! Lo stesso in certo modo è stato della scoperta dei mezzi onde misurare la respirabilità di diverse arie, per cui si pretese di potere coi così detti *Eudiometri* conoscere ogni vizio e qualità d'aria, discernere tutte quante le arie morbose ecc., quando il tutto si riduce al potersi con tali stromenti misurare una sola delle tante qualità e modificazioni, di cui è suscettibile l'aria atmosferica,

cioè i gradi della sua respirabilità, o a dir più giusto la dose che contiene di *aria pura vitale*. (Può vedersi su ciò l'articolo *eudiometro* da me composto, e inserito nella traduzione di Scopoli del *Dizionario di chimica* di Macquer). Non per questo però, che si siano dovute sovente riformare le belle e vaste idee concepite, e raccogliendo le vele troppo aperte piegare al ritorno, vogliono condannarsi i tentativi arditi e gli sforzi che si fanno dagli uomini di genio per estendere qualsiasi scoperta, ed applicarla a quante più cose si può; che anzi è bene, che impieghinsi dapprima le forze dell'ingegno in cercare e tentare tutte le possibili applicazioni, e spingansi le cose anche oltre i limiti, purchè disposti si sia a retrocedere poi, ove scorgasi di essersi troppo inoltrati, e a ridurre infine le cose al loro giusto valore.

¹⁶Il Sig. Galvani notò ancora egli, che la diversità de' metalli influisce molto, talchè succedono e più facilmente e più veementi le convulsioni, se essendo ferro od ottone quello che tocca i muscoli, sia stagno od argento l'altro, che tocca i nervi della rana preparata alla sua maniera. "Illud praeterea (così egli alla pag. 21) peculiare atque animadversione dignum, languentibus potissimum praeparatorum animalium viribus, circa conductores arcus aut deferentia plana contingit nobis saepissime observare, variam nempe eorum ac multiplicem metallicam substantiam cum ad obtinendas, tum ad augendas contractiones musculares multum posse, et quidem longe magis, quam una eademque metallica substantia. Ita ex. gr. si arcus totus ferreus fuerit, aut ferreus unicus, et ferreum item planum deferens, saepe saepius aut deficient contractiones, aut erunt perexiguae. Si vero eorum alterum ferreum ex. gr. fuerit, aereum alterum, multo magis si argenteum (argenteum enim prae caeteris metallis ad deferendam animalelem electricitatem visum est nobis idoneum) contractiones continuo et longe majores, et longe diutius prodibant. Item contingit una eademque cohibentis plani superficie, duobus ab invicem disjunctis locis, folio pariter metallico, sed dissimili obducta, ut scilicet si uno in loco stanni folium adhibeas, in altero aurichalci, contractiones ut plurimum longe majores contingant, quam si uno eodemque metallo, ac folio, argenteo licet, fuerit uterque locus obductus, seu ut inquiunt armatus ". L' istessa cosa ripete il lodato Autore in altri luoghi della sua opera. Alle sue osservazioni son dunque conformi le mie; e solo notano questo dippiù, che se nell'animale preparato alla sua maniera son men forti le convulsioni, e mancano sovente, ove le armature siano simili, dell'istesso metallo, nell'animale intiero alla mia maniera, o in cui ho snudati soltanto i muscoli, sicchè i nervi rimangano a lor luogo coperti, mancano del tutto e sempre: che se pur si ottiene talora qualche picciol moto, egli probabilmente perchè o non sono perfettamente della stessa sorte i due metalli, comunque portino egual nome, differenziandosi per qualche diversa lega per essere più o men battuti e compatti, o perchè differiscono molto le loro superficie, essendo una più o men liscia e monda, più o men combaciante dell'altra ecc. Ho poi cercato di conoscere meglio quale diversità di metalli favorisca più la riuscita dell'esperienza, cioè ecciti più forti convulsioni nell'animale, e più facilmente; ed ho trovato che si possono comodamente partire essi metalli in tre ranghi, ponendo nell'inferiore lo stagno e il piombo, nel medio il ferro, il rame, l'ottone, e nel superiore il mercurio, l'oro, l'argento e la platina. Così poi giova più di tutto contrapporre ad uno dell'inferior rango, cioè al piombo o stagno, uno del rango superiore, oro od argento, e massime quest'ultimo. Quelli del rango medio, ferro ed ottone, fanno discretamente bene contrapposti anch'essi allo stagno e piombo; ma meno che l'argento e l'oro; meno poi ancora se contrappongasi a questi: onde appare che detti ferro ed ottone, e così il rame, che abbiam posti nel rango medio, assai più si accostano al superiore che all'inferiore, nel qual ultimo rimangono soli, e per molto intervallo separati, i due metalli teneri, piombo e stagno. Le picciole differenze tra i metalli dell'istesso rango, come tra argento ed oro, tra ferro e ottone, tra piombo e stagno, non ho potuto peranco bene determinarle, nè assegnare il posto agl'altri così detti semi-metalli, cioè ai regoli di zinco, di antimonio, di bismuto ecc.: le quali ricerche, che non sono altronde della maggiore importanza, riservo a migliore opportunità.

¹⁷Veggasi la 1a Memoria inserita nel T. II 2° Quad. di questo Giornale Fisico; e l'altro picciolo mio scritto al Dr. Baronio, che la precede.

¹⁸L'esperienza l'ho ora estesa anche ai grandi animali, a Montoni, Vitelli ecc., ne' quali riesce non men bene che nei piccioli e mezzani.

¹⁹Nelle anguille, ne' serpenti, siccome in molti vermi e insetti, la direzione de' nervi e de' muscoli è più trasversale e circolare, che longitudinale, ossia viene in massima parte ristretta dentro ai confini di certe fascie, o anelli. S'intende quindi facilmente perchè debbano entro ai medesimi confini corrisponderli le due armature nell'anguilla, se hanno pure ad eccitarsi le contrazioni muscolari.

²⁰Ved. Il § 72 e la nota ivi.

MEMORIA TERZA
SULL' ELETTRICITA' ANIMALE
24 Novembre 1792.

Ricevei due settimane sono al mio arrivo in Pavia il pregiatissimo foglio di V. S. Illustrissima de' 22 Ottobre, in cui mi avvisa, che dal libraro Marelli di Milano mi verrebbe quanto prima trasmessa una copia della ristampa dell'Opuscolo di Galvani, cui sono aggiunte varie annotazioni di lei, ed una sua Dissertazione . Questo libro non mi è pervenuto ancora; ma ho potuto leggerlo per bontà del mio amico e collega Ab. Spallanzani, che me lo ha prestato; e molto piacere ho avuto nello scorrere sì quelle note, che la Dissertazione sua, erudita non solo, ma elegantemente scritta. Ella poi fa troppo onore ai miei piccioli ritrovati: di che le rendo umilissime grazie; siccome pure al dottissimo e gentilissimo di lei Zio Dr. Galvani, per i saluti che mi manda, e pel conto in cui egli tiene me, e le poche cose mie. § 1. Non so s'Ella abbia vedute e lette per intiero le mie due Memorie sull'Elettricità animale pubblicate nel *Giornale Fisico-Medico* del Dr. Brugnatelli. L'ultima parte della seconda Memoria non era ancora uscita, quando V. S. Illustriss. pubblicò colla nuova edizione del Commentario di Galvani la sua dissertazione e le note. In quella parte io son tutto a provare, che su' nervi, e sopra essi soli agisce direttamente l'elettricità, sia artificiale blanda, sia propria animale; che non è punto necessario che il fluido elettrico trascorra per la via di quelli fino ai muscoli; molto meno che siegua alcuna scarica tra nervo e muscolo, o tra l'interna e l'esterna faccia di questo, come opina il lodato Autore: che basta che il nervo solo venga stimolato da esso fluido, il quale ne attraversi anche solo un brevissimo tratto, perchè eccitata di tal nervo l'azione, produca egli poi da sè (in qual modo confessiamo pure di non saperlo) la contrazione del muscolo soggetto: che insomma il fluido elettrico non è causa *immediata*, nè anche in qualità di stimolo, dei moti muscolari, ma *mediata* soltanto, causa occasionale e rimota, terminandosi la sua azione propria a stimolare ed eccitare i nervi. Se la cosa è così, come le osservazioni addotte nella citata mia Memoria, e molte altre concorrono a provare, la teoria e le spiegazioni di Galvani, ch'Ella si studia di appoggiare, cadono in gran parte, e tutto l'edificio minaccia rovina. Restano però sempre i materiali, che sono i bellissimi ritrovati delle di lui sperienze originali, e le nuove scoperte, cui quelle prime han dato occasione; sì, restano cotai preziosi materiali per un'altra fabbrica, se non più bella, almeno più consistente che si potrà innalzare. § 2. Tralle moltissime sperienze, le quali mostrano, che tutto il giuoco è dei nervi, e che basta per mettere in contrazione i muscoli, e muovere tutto un membro, che una debole corrente di fluido elettrico invada pochi punti del nervo reggitore, e una porzione soltanto di lui, anche picciolissima, ne comprenda nel suo giro, lasciando in disparte il resto di esso nervo, e molto più il muscolo o muscoli dipendenti; tralle moltissime sperienze, dissi, che ciò dimostrano, parecchie ne ho io descritte già nella citata Memoria seconda dal § 54 al 60, e alcune altre dell'istesso genere, che la semplicità rende ancora più rimarcabili, mi permetta ch'io le ponga qui sott'occhio. Snudato uno, od ambedue i nervi crurali della rana, o l'ischiatco di un agnello, o di altro animale, tocco e premo il nervo coll'orlo di una lastra d'argento o d'oro, es. gr.

una moneta; e vedo che nulla succede (eccitarsi per avventura qualche convulsione e moto degli arti ne' primi momenti quando il nervo scoperto è ancor tanto sensibile, che si risente ad ogni urto e tocco; ma presto non dà più segno alcuno toccato e compresso come che sia: e in tale stato è che io lo tento co' mezzi, che vado a descrivere): lo tocco e premo coll'orlo di una lastra di stagno; e nulla parimente osservo: lo tocco finalmente cogli orli congiunti d'ambe le lamine: ed ecco che si eccitano fortissime contrazioni nei muscoli della gamba, la quale si scuote e sbatte furiosamente. Toccando nell'istesso modo la punta della lingua, si sente un vivo sapore, che lambendo sia l'uno, sia l'altro metallo separatamente, punto non si sente: quale sperienza fui molto sorpreso di apprendere, ch'era già stata riportata da Sulzer. Cotali prove sopra i nervi possono variarsi in più modi, ed uno de' più belli è, tenendo premuto il nervo colla moneta d'argento, d'applicare a questa un pezzetto di lamina o foglia di stagno, e strisciandola sopra giungere fino al contatto del nervo medesimo: al momento che si arriva a questo doppio contatto, ecco le contrazioni veementi de' muscoli, le quali si rinnovano se a riprese si ripete la prova, oppur si sostengono lunga pezza senza quasi intermissione, se il doppio contatto si mantiene; non altrimenti che continua a sentirsi nelle prove analoghe il sapore sulla lingua: più poi che col continuo contatto de' due metalli giungono al sommo le convulsioni spasmodiche e presentano uno de' più forti *tetani*, se rimanendo un solo metallo costantemente applicato al nervo, l'altro si stacca a brevi istanti, e ritorna a toccare, e ciò più volte di seguito con qualche celerità. Invece di foglietta semplice di stagno adopero sovente di quella carta, che chiamano impropriamente d'argento, e che è carta coperta di foglio di stagno (la quale incontrandosi ben lucida e di buona qualità suole fare meglio delle lamine di stagno ordinario), osservando bene che cotesta foglia tocchi immediatamente la lastra o moneta d'argento, siccome pure che il nervo (o la lingua, nelle sperienze sopra di lei) venga toccato da essa foglia di stagno lucente, e non dalla sola carta nuda, come accader può se per avventura prenda questa una non buona piega. Io dunque per essere più sicuro del fatto duplico la carta ripiegandola in modo, che la faccia metallica resti tutta all'infuori, e alla moneta d'argento l'applico in guisa, che ne resti la piegatura (non acuta ma bene alquanto tondeggianta) rivolta verso il nervo; onde poi facendola scorrere abbasso ne lo tocchi essa foglia metallica in più punti, e venga a meglio combaciarlo. § 3. In tutte queste sperienze è pur chiaro, che i soli nervi sono affetti, anzi pure pochi punti de' medesimi lo sono nel brevissimo tragitto, che fa il fluido elettrico, dal luogo ove il nervo combacia lo stagno, all'altro vicinissimo ove combacia l'argento; e che di questa qualsiasi corrente elettrica son causa originaria i metalli medesimi, per essere diversi: essi cioè sono in un proprio senso *eccitatori e motori*, mentre l'organo animale, i nervi medesimi non sono che *passivi*. Or questi nervi vellicati in tal modo dal fluido elettrico, se sono quelli sulla punta della lingua inservienti al gusto, nasce corrispondentemente una sensazione di sapore; se quelli invece che influiscono direttamente sulle contrazioni muscolari e moti degli arti, come i nervi crurali, brachiali ecc., eccitansi, giusta il loro officio, queste contrazioni e moti: eccitansi, dico, non già perchè il fluido elettrico scorra fino ai muscoli flessori ed elevatori, che ciò non ha luogo in tali nostre prove, limitandosi il suo trascorrimento, come si è detto, e come manifestamente appare, ad una porzioncella solamente di que' nervi; ma per una virtù ed azione propria di detti nervi, che i muscoli tutti inservienti ai moti volontari regge e governa in modo, che stimolati essi nervi, vengono, per consenso, dirò così, giacchè il come non s'intende ancora, stimolati codesti muscoli, e messa in giuoco la loro irritabilità. § 4. Ho detto, che mi fece non poca sorpresa il trovare, che fosse già da tanto

tempo conosciuta l'esperienza del sapore agro eccitato sulla lingua, quando alla sua punta si applicano insieme i bordi di due lamine, una di piombo, l'altra d'argento, congiunte appunto bordo a bordo. Questa esperienza riferita da Sulzer, son più di 25 anni, mi era affatto sconosciuta, e ne deggio la notizia a V. S. Ill., che nella sua Dissertazione ne fa menzione al § 21 recando il passo dell'Autore quasi per intiero. Or questo amabile Filosofo Svizzero e celebre Accademico di Berlino, che ho avuto la sorte di conoscere e trattare amichevolmente negli ultimi anni della sua vita, tutt'altra idea si era fatta in quelle sue metafisiche e fisiologiche speculazioni, e tutt'altra spiegazione volle darci del fenomeno, come apertamente si rileva dal suo passo intiero; e non ebbe neppur sospetto, che ne fosse cagione il fluido elettrico mosso pel contatto di que' metalli dissimili, e trascorrente dai punti della lingua combaciati dall'uno ai punti combaciati dall'altro, come io ho scoperto e dimostrato. Altronde quella sola esperienza che si conobbe prima delle mie scoperte, e fatta in quella sola maniera, giacchè non si truova che fosse mai variata, è una delle cento che io fo in altrettanti modi diversi: nè da quella pure ho cominciato, come sembra che Ella supponga; mentre anzi fu delle ultime, a cui giunsi per una serie di altre molte suggeritemi mano mano dall'applicazione de' miei principi. § 5. Cominciai dunque dall'adattare un largo pezzo di foglietta di stagno alla punta della lingua, e più indietro sul dorso della medesima, e vicino alla sua radice una moneta d'argento: quali armature metalliche facendo poi comunicare per mezzo di un arco di fil d'ottone, od altro metallo qualunque, eccitavasi tosto sulla punta della lingua il sapore acido assai vivo. Fu questa la prima scoperta, a cui aggiunsi tosto l'altra del sapore affatto diverso, cioè acre, urente, e se non decisamente alcalino, tirante all'alcalino, che si sente (più difficilmente però, essendo d'ordinario assai più debole, e sovente impercettibile) quando si fa l'esperienza inversamente, con applicare cioè alla punta della lingua l'argento, e lo stagno al dorso, o ad altra parte della medesima. Ora riflettendo, che quel filo d'ottone, od altro intermedio metallo, ch'io impiegava a modo d'arco conduttore, non era altrimenti necessario, potendo compiere un tal officio, ossia servire alla richiesta comunicazione delle due armature, un capo della stessa lamina d'argento, o della stessa lamina di stagno, prolungato fino al mutuo contatto, m'appigliai ben tosto a questo comodo spediente, ora in una or in un'altra maniera; ora es. gr. applicando al dorso della lingua la parte larga e convessa di un cucchiaio d'argento, e venendo quindi giù a toccare col suo manico la foglia di stagno posta sulla punta della lingua; ora ripiegando addosso al cucchiaio la stessa foglia di stagno, o carta così detta d'argento, applicata alla punta della lingua in modo, che un lungo pezzo ne sopravvanzava; ora altrimenti. Facendo e rifacendo in varie guise queste esperienze, ebbi occasione di osservare, che posta un'armatura sulla punta della lingua, poteva porsi l'altra anche vicinissima sulla lingua medesima, sulle gengive, o sull'interior delle labbra; e che non era neppur necessario, che fossero tali armature estese molto, bastando anzi il combaciamento di pochi punti: conforme a quanto trovato già avea, che bastano picciolissime armature dei soliti stagno e argento, o di altri metalli, purchè diversi tra loro, poste sopra un nervo, ed anche sopra un nudo muscolo, e confinanti lembo a lembo, non che vicine l'una all'altra, bastan, dico, tali picciolissime e prossime armature, ove s'induca la necessaria comunicazione tra loro mediata od immediata, ad eccitare le contrazioni ecc. Così dunque anche sulla lingua mi riusciva benissimo l'esperimento del sapore, adoperando qual si fosse picciola moneta od altra piccola laminetta, d'argento, d'oro, di rame od ottone, se toccando con questa laminetta in qualunque maniera pochi punti della nuda lingua ai confini dell'armatura di stagno o di piombo ricoprente

similmente pochi punti dell'apice di essa lingua, veniva finalmente a far toccare un metallo coll'altro. Allora mi suggerì di far la prova con sovrapporre ad una lamina d'argento una listerella di foglia di stagno, oppur della solita carta inargentata al falso, e così applicata tal listerella sulla lamina d'argento, o bordo a bordo, o in linea trasversale, portare la punta della lingua e premerla alquanto contro ambedue i metalli su quella linea di confine, sicchè alcuni punti di essa lingua combaciassero lo stagno, alcuni l'argento; e il successo corrispose all'aspettazione: cioè sentii vivissimo il sapore acido. Ecco dunque come venni, dopo una serie di tentativi, a coincidere coll'antica sperienza riportata da Sulzer, la quale sperienza unica, ed isolata, non essendo neppure a mia cognizione, come già dissi, non ha potuto darmi alcun lume. § 6. Ella riconosce citando codesta sperienza, ch'io sono stato condotto alle mie tanto più estese ed alla spiegazione delle medesime affatto diversa dall'antica di Sulzer, mercè di altri princìpi e di altre congetture. Non è però quello ch'Ella suppone il raziocinio, che mi ha spinto e guidato in tale indagine: cioè, che i nervi uniti a corpi deferenti effondano l'elettrico vapore, il quale ove venga restituito ai muscoli, a quali tende, ecciti qualche contrazione, od impressione. Che però fossero a cercare nell'uomo de' nervi, che presentandosi quasi allo scoperto, facilmente armar si potessero con lamina metallica: quali nervi offre appunto la lingua ecc. No, non fu questo il mio raziocinio, nè tale potea essere, dacchè considerando io le armature, ogni qual volta sono di due metalli diversi, non più quai semplici conduttori, ma quai veri eccitatori e motori del fluido elettrico, teneva che *passivi* soltanto fossero gli organi animali, e le parti loro contigue o vicine a quelle armature dissimili: che niuna mossa cioè dessero per sè stessi nè i nervi nè i muscoli al fluido elettrico; ma bene i metalli per propria virtù e forza spignendolo o tirandolo, e sì l'uno più dell'altro, per essere di specie diversa, es. gr. stagno e argento, nè lo venissero a togliere dal naturale equilibrio e riposo, e a mettere in corso. § 7. Ciò sembra indubitato per tutte quelle sperienze almeno, in cui, come scopersi son già molti mesi e pubblicai nelle già citate due Memorie, si ottengono i moti muscolari senza denudare alcun nervo, con applicare ai muscoli soli eziandio compagni, e finanche a due parti dell'istesso muscolo le armature dissimili, e farle quindi immediatamente, o coll'interposizione di un terzo metallo comunicare. Sembra, dissi, indubitato per tutte queste sperienze giacchè per le altre fatte collo snudare ed isolare i nervi alla maniera di Galvani, ed indurre poi per mezzo di un arco conduttore una comunicazione tra essi e i muscoli dipendenti, è ancora indeciso, e a mio parere molto dubbio se ciò che V. S. Ill. crede col prefato autore succedere in tutti i casi, accada pur qualche volta, ne' primi momenti, per esempio dopo la preparazione, fintanto che le forze vitali sono ancora nel lor pieno vigore, cioè che il trascorrimento del fluido elettrico, onde sono occasionati i violenti moti muscolari, provenga realmente da una scarica di esso fluido, il quale sovrabbondi o dalla parte dei nervi o da quella dei muscoli, e tenda quindi per propria forza a ristabilirsi. Dico *qualche volta, e ne' primi momenti*, quando cioè si eccitano le convulsioni e moti, anche toccando con metalli dell'istessa specie di qua i muscoli, di là i nervi. e fin talora toccando questi soli con un solo metallo. Perchè poi quando (il che succede dopo pochi momenti, e dura in seguito assai più lungo tempo) è necessario per ottenere le contrazioni e moti muscolari ricorrere ai diversi metalli od armature dissimili, gli è allora pure da credersi, e io tengo per certo che da codesti metalli mova originariamente l'elettricità, e che gli organi animali sieno qui pure meramente passivi, come sopra si è detto. Tale è la mia costante opinione per questi casi anche dei nervi snudati, cui sia necessario, per eccitare le solite convulsioni, far che combacino un metallo

diverso da quello che combaciano i muscoli; checchè ne sia di quei pochissimi casi, ne quali servono anche metalli od armature, che ci sembrano simili; ma forse non lo sono intieramente (intorno a che molte osservazioni potrei qui fare, ma le. riservo ad altro luogo): tale ella è per tutti gli altri casi senza eccezione, in cui si ottengono i moti de' muscoli applicando ambedue le armature, sempre però di arte esterna senza mettere allo scoperto alcun nervo, senza armare nervo e muscolo separatamente alla maniera di Galvani; e tale pur era fin prima che stendessi la mia seconda Memoria *sull'Elettricità animale*, che venne poi inserita ne' due quaderni di Giugno e Luglio del giornale *Fisico Medico* di Pavia. § 8. Fu dunque ben diverso il raziocinio e il filo, che mi condusse alle nuove sperienze sulla lingua da quello, che V. S. Ill. mi attribuisce; e fu quest'altro cavato per sola analogia dalle antecedenti mie sperienze, indipendentemente da qualsiasi spiegazione. Non le dispiaccia pertanto ch'io glie lo esponga, come l'esposi in una lettera scritta in francese nel passato Agosto al Sig. Tiberio Cavallo per essere presentata alla Società Reale di Londra. "Etant parvenu à exciter des convulsions toniques, et les mouvements les plus forts dans les muscles, et dans les membres, non seulement des petits, mais des grands animaux, sans découvrir aucun nerf, et par la simple application des armures de différents métaux aux muscles dénudés des intéguments; je pensai bien-tôt si on ne pourroit pas obtenir la même chose dans l'homme. Je conçus que la chose réussiroit très bien dans les membres amputés. Mais dans l'homme entier et vivant comment faire? Il auroit fallu aussi ôter les intéguments, faire des incisionne profondes, emporter peut-être même une partie des chairs aux endroits sur lesquels on alloit appliquer les lames métalliques, comme j'ai fait remarquer, que je dois faire souvent aux parties charnues des grands animaux etc.. Heureusement il me vint dans la tête, que nous avons dans la langue un muscle nu, depourvu au moins des intéguments épais dont sont couvertes les parties extérieures du corps, un muscle assez humide, très-mobile d'ailleurs, et obéissant aux ordres de la volonté. Voilà donc, me disois-je, toutes les conditions requises pour pouvoir y exciter des vifs mouvements par l'artifice ordinaire des armures différentes. Dans cette vüe je fis sur ma propre langue l'expérience suivante. Ayant revêtu la pointe de la langue, et une partie de sa face superieure dans l'étendue de quelques lignes d'une feuille d'étain (le papier qu'on dit improprement argenté est le plus à propos) j'appliquai la partie convexe d'une cuiller d'argent sur le dos de la, langue, et, en inclinant cette cuiller je portai sa queüe jusqu'au contact de la dite feuille d'étain. Je m'attendois à voir tremblotter la langue: et je faisois pour cela l'expérience devant un miroir. Mais le mouvements, que j'avois osé prédire n'arriverent pas; et j'eus, au lieu de cela, une sensation, à la quelle je ne m'attendois nullement: ce fut un goût aigre assez fort sur la pointe de la langue. Je fus d'abord fort surpris de cela; mais réfléchissant un peux à la chose je ai conçus aisément, que le nerfs qui aboutissent à la pointe de la langue, étant les nerfs destinés aux sensations du goût, et nullement aux mouvements de ce muscle; il étoit tout-à-fait naturel, que la force irritante du fluide électrique mu par l'artifice ordinaire des armures métalliques différentes excitât ici une saveur, et rien autre chose: que pour exciter dans la langue les mouvements, dont elle est susceptible, il faudroit appliquer l'une des dites armures auprès de sa racine, où s'implantent les nerfs destinés à ces mouvements: ce que je vérifiai bientôt par cette autre expérience. Ayant coupé à un agneau tout recemment égorgé la langue près de sa racine, j'appliquai une feuille d'étain près de cet endroit de la coupure, et sur la playe même, et la cuiller d'argent à une de ses faces: procedant alors à établir une communication, comme il faut, entre ces deux armures métalliques, j'eus le

plaisir de voir la langue entière, tremousser vivement, lever sa pointe, se tourner et se replier de part et de l'autre, chaque fois et tout le tems qu'une telle communication avoit lieu. J'ai repeté cette expérience sur une langue de veau, que je posai armée de la même manière de la feuille d'étain près de sa racine, sur un plat d'argent, pour qu'il fît l'office de l'autre armure; et le succès fut le même. Je l'ai repetée aussi sur la langue d'autres petits animaux, comme souris, poulets, lapins, etc., et j'obtins presque toujours l'effet. Je dis presque toujours, car quelques fois il manqua dans la langue des petits animaux, soit que la feuille d'étain ne fût pas appliquée convenablement à l'endroit juste, où les nerfs qui regissent le mouvement de la langue y ont leur insertion; soit que la langue refroidie eût déjà perdu sa vitalité, qui ne dure gueres long-tems dans les nerfs et muscles des animaux à sang chaud, et particulièrement dans la langue".

Essendo riuscito a eccitare convulsioni toniche ed i movimenti più forti nei muscoli e nelle membra, non solamente di piccoli, ma anche di grandi animali, senza scoprire alcun nervo, con la semplice applicazione di armature di metalli differenti ai muscoli snudati d'integumenti. Pensai allora se non fosse possibile ottenere le stesse cose nell'uomo. Immaginai che la cosa sarebbe riuscita benissimo nei membri amputati; ma come fare nell'uomo integro e vivente? Sarebbe stato pure necessario eliminare gli integumenti, fare incisioni profonde, forse asportare una parte delle carni laddove si fossero da applicare le lamine metalliche, come ho fatto notare, che devo fare spesso per le parti carnose dei grandi animali, ecc. Fortunatamente mi venne in mente che noi abbiamo nella lingua un muscolo nudo, privo almeno degli integumenti spessi di cui sono coperte le parti esterne del corpo, un muscolo abbastanza umido, assai mobile d'altronde, e sottoposto agli ordini della volontà. Ecco, dunque, mi dissi, tutte le condizioni richieste per potervi eccitare movimenti vivaci con l'ordinario artificio delle armature differenti. In questa visuale feci sulla mia lingua l'esperimento seguente. Rivestita la punta della lingua e una parte della sua faccia superiore per l'estensione di qualche linea d'una foglia di stagno (la carta che impropriamente si dice argentata è la più adatta) applicai la parte convessa d'un cucchiaio d'argento sul dorso della lingua, ed inclinando questo cucchiaio portai il suo manico a contatto con la suddetta foglia di stagno. Mi attendevo di vedere tremolare la lingua e per questo facevo l'esperienza davanti a uno specchio. Ma i movimenti che avevo predetto non avvennero; ed ebbi, invece, una sensazione che non mi attendevo affatto: cioè un sapore agro, assai forte sulla punta della lingua. Dapprima fui molto sorpreso di ciò; ma riflettendo un po' sul fatto capii facilmente che i nervi che fanno capo alla punta della lingua sono destinati alle sensazioni del gusto e nient'affatto ai movimenti di questo muscolo; era del tutto naturale che la forza irritante del fluido elettrico mosso con l'artificio ordinario dalle armature metalliche differenti eccitasse qui un sapore e nient'altro: e che per eccitare nella lingua i movimenti di cui essa è suscettibile, occorrerebbe applicare una delle dette armature vicino alla radice, là dove s'innestano i nervi destinati a questi movimenti: il che ho verificato subito col seguente nuovo esperimento. A un agnello, sgozzato di recente, ho tagliato la lingua vicino alla radice, ho applicato una foglia di stagno vicino a questa parte del taglio, o sulla stessa piaga, ed il cucchiaio d'argento su una faccia della lingua: procedendo allora a stabilire una comunicazione come si deve tra queste due armature metalliche, ebbi il piacere di vedere la lingua tutta tremolare vivamente, sollevare la sua punta, torcersi e ripiegarsi da parte a parte, ogni volta e per tutto il tempo in cui aveva luogo una tale comunicazione. Ho ripetuto questa esperienza su una lingua di vitello che poggiavo, armata allo stesso modo della foglia di stagno vicino alla sua radice, su un piatto

d'argento che facesse l'ufficio dell'altra armatura; ed il successo fu lo stesso. L'ho ripetuta anche sulla lingua d'altri piccoli animali come topi, polli, conigli, ecc. e ottenni quasi sempre l'effetto. Dico quasi sempre, perché talvolta mancò nella lingua di questi piccoli animali, sia perché la foglia di stagno non era applicata opportunamente nella parte giusta dove s'innestano i nervi regolatori dei movimenti della lingua, sia perché la lingua raffreddata aveva perduto la sua vitalità, che non dura a lungo nei nervi e nei muscoli degli animali a sangue caldo e particolarmente nella lingua ".Ho voluto qui trascrivere questo lungo squarcio di lettera per mostrare a V. S. Ill. come io pensava già parecchi mesi sono, e la traccia, che ho seguita nelle sperienze, che mi hanno condotto a nuove scoperte. Ora terminerò la presente, già troppo prolissa, col farle parte di una picciola scoperta di queste ultime settimane. § 9. Ho dunque trovato, che il carbone di legna ben cotto, riconosciuto già per eccellente conduttore, poco o nulla inferiore agli stessi metalli, si comporta come questi anche in ciò, che mostrasi pur esso eccitatore e motore di elettricità, ove faccia officio di armatura, ossia combaci convenientemente le parti animali, od ogni altro corpo assai umido, e meglio l'acqua stessa. Quello, che sembra più mirabile è, che il carbone stia, in ordine a tal virtù, non già colla classe de' metalli, che ho chiamata inferiore, e che comprendeva stagno e piombo, cui ho in seguito aggiunto lo zinco; e neppure colla media, in cui avea posto il ferro, il rame, l'ottone, e in appresso anche l'antimonio, il bismuto, e il cobalto; ma bensì colla superiore, comprendente argento, oro, platina, mercurio. Con questi dunque va di paro il carbone, anzi li supera tutti, e fin l'argento, ch'io avea posto in cima: di maniera che il più vivo sapore, che mai possa eccitarsi sulla lingua, non è più collo stagno e l'argento; ma collo stagno e il carbone (che sia però carbon perfetto; giacché non tutti i pezzi di carbone presi all'azzardo riescono bene); sapore acido al solito, se la punta di essa lingua bacia e preme lo stagno; alcalino, e ben acre ed urente, se bacia e preme il carbone. In conformità di questo è lo stesso carbone superiore all'argento, all'oro e agli altri metalli molto più, trattandosi di eccitare, invece del sapore sulla lingua, le contrazioni e moti negli altri muscoli volontari; i quali moti e convulsioni si ottengono da questi muscoli e membri anche troncati e recisi e in cui si crederebbe spenta ogni vitalità, assai più facilmente, che il sapore nella lingua sana ed intiera, massime che il sapore alcalino. Che detti metalli, e fin l'argento, stian sotto, e di molto al carbone, come all'oro ed argento stan sotto l'ottone e il ferro, è altresì provato da ciò, che si sente dalla punta della lingua pur anco il sapor acido, sebben debole, portandola a toccare esso argento, es. gr. una moneta, mentre tiensi applicato al suo dorso il pezzo di carbone, e lo si avvanza fino al contatto di essa moneta: non altrimenti che sente essa punta della lingua il medesimo sapore acido, e all'istesso grado presso a poco dall'ottone e dal ferro, confrontati per egual maniera coll'argento ecc. Mi restano molte cose ancora a dirle concernenti la sua bella Dissertazione latina, ed altre mie sperienze ed osservazioni; ma ciò sarà in una o più altre lettere.

Sono intanto ecc.

LETTERA TERZA
DEL SIG. CAV. DON ALESSANDRO VOLTA
P. PROFESSORE, EC.
AL SIG. AB;
ANTON MARIA VASSALLI
PROFESSORE DI FISICA A TORINO, EC.
SULL'ELETTRICITÀ ANIMALE.
da Como li 27 8bre 1795.

Dopo le due lunghe lettere da me scrittevi, illustre Accademico e Collega, ha già un anno e mezzo, e inserite ne' Giornali del nostro comune amico Dr. Brugnatelli, sul soggetto della pretesa *Elettricità animale*, propria cioè degli organi, in cui si suppone una carica o sbilancio qualsiasi di fluido elettrico, quale elettricità organica ideata dal valente Fisico e Professore di Anatomia Dr. Galvani dietro le bellissime sue sperienze e scoperte invero mirabili ammissi io pure per qualche tempo, ma presto cominciai a rivocare in dubbio, e finalmente dovetti con dispiacere riconoscere e dichiarare per insussistente: dopo che dalla maggior parte de' Fisici, massime oltramontani, erasi adottata la mia opinione, esposta nelle mentovate lettere e in altre memorie e scritti antecedenti, che riconosce bensì nelle sperienze di cui si tratta, una vera elettricità, ma elettricità meramente artificiale ed estrinseca, mossa cioè da conduttori acconciamente applicati; risvegliassi di nuovo qui in Italia, e crebbe più che mai il fermento delle contrarie opinioni in occasione che si pubblicarono nell'autunno scorso con un opuscolo del Dr. Eusebio Valli delle nuove interessanti sperienze in soccorso del primo ormai abbandonato sistema. Invero tali sperienze non solo comparvero favorevoli e consentanee all'ipotesi di un'elettricità propria e attiva degli organi animali, di una vera carica o sbilancio di fluido elettrico tra nervi e muscoli dipendenti, o tra l'interno e l'esterno di essi muscoli, la qual carica o sbilancio produca naturalmente per le forze della vita, e manifestasi anche negli animali trucidati, e ne' membri recisi, finchè vi dura un certo grado di vitalità; non solo, dico, parvero tali sperienze favorire grandemente siffatta ipotesi, altronde bella e seducente, proposta dal prefato illustre Professor Bolognese adottata e difesa contro le forti mie obiezioni da Aldini suo nipote e collega, e da altri seguaci non pochi; ma sembrarono dimostrarla evidentemente, e porla fuori d'ogni dubbio; e sì ne imposero a molti, e tiraronli di nuovo agli stendardi Galvaniani quando già sottoscritto aveano, o stavano per sottoscrivere alla mia sentenza affatto diversa.

Questa, che sostenni già con molti argomenti e prove sperimentali, e che sostengo ancora, riduce tutto ad un giuoco de' conduttori in conveniente modo applicati, alla virtù cioè che loro attribuisco, o dirò meglio di cui ho scoperto esser essi dotati, d'impellere e smuovere, ove si affrontino o combacino alcuni di classe o di specie diversa il fluido elettrico: dal che poi viene che se ne concorrano tre, o più, tutti diversi a compiere il ciclo conduttore, se p. e. a due metalli, argento e ferro, piombo ed ottone, argento e zinco ecc. sia interposto uno o più conduttori non metallici, della classe cioè da me chiamata de' *conduttori umidi*, perchè o fluidi in tutta la massa, o contenenti qualche umore, fra i quali i corpi animali e

tutte le loro parti fresche e succose; se, dico, un conduttore di questa 2^a classe trovisi di mezzo ed a contatto di due di quella 1^a, di due metalli diversi, ne viene che si determini una corrente continua di fluido elettrico, secondo che l'azione su di esso in virtù di tali combaciamenti prevale da una parte o dall'altra .

Tale mia spiegazione venendo confermata da innumerabili sperienze variate in molte maniere, come ho fatto vedere in diversi scritti, e bastando solo a render ragione di tanti fenomeni e apparenti anomalie in ogni altra guisa inesplicabili, ho dovuto indurne che la pretesa elettricità animale, propria e attiva degli organi, non ha fondamento, molto meno prove decisive che la dimostrino: che conseguentemente gli organi animali in simili sperienze vogliono risguardarsi come puramente *passivi*, come semplici *elettroscopj* di un genere particolare; e che debbono invece aversi per *attivi* i Conduttori applicati al mutuo combaciamento, purchè diversi; e tanto appunto più attivi ed efficaci quanto più differiscono tra loro sotto certi rapporti.

Così ho conchiuso sono già tre anni circa, e così sostengo ancora, torno a ripetere, a fronte delle nuove mentovate sperienze del Dr. Valli, ed altre di simil fatta; le quali con tutta l'apparenza favorevole alla teoria di Galvani, per cui furono avidamente abbracciate da' suoi partigiani, che ne menarono gran rumore; vedremo che esaminate in tutte le loro circostanze e aggiunti, moltiplicate e variate come si conviene, comprovano anzi evidentemente l'opinione mia, e non lasciano a quell'altra più alcun appiglio o risorsa.

Io non so se tra quelli che stanno ancora per l'elettricità animale vera e propria nel senso sopra spiegato, vi troviate ancor Voi, mio caro professore, a cui è piaciuto sempre di ampliare, forse anche troppo, l'impero dell'elettricismo, e sottomettere alla sua influenza il più gran numero possibile di fenomeni naturali, e in particolare alcuni dell'economia vegetabile ed animale, e che anzi prevenuto vi mostraste in alcune operette dalle idee di un'elettricità spontanea negli animali, e molto vi studiaste di provarla con esperienze varie, alcune delle quali veramente curiose, e ciò molto innanzi che fosser note quelle affatto sorprendenti di Galvani: non so bene qual impressione vi abbian fatta dapprima tali sperienze del Prof.^{re} Bolognese; in seguito le mie molto più estese e variate, dalle quali ho tratto conseguenze ben diverse e in nulla favorevoli alla supposta elettricità animale, e finalmente le nuove di Valli ed altre analoghe, con cui si è preteso di ristabilirla inconcussamente. So che queste ultime ne hanno imposto a molti, come già dissi; i quali veggendo ottenersi in qualche modo le convulsioni nelle rane di fresco preparate e sensibilissime, anche senza l'intervento di alcun conduttore metallico o carbone, ciò ch'io avea pronunciato non succedere mai, perchè non m'era fino allora riuscito (e infatti non riesce che difficilmente) non cercarono dippiù per darla vinta ai sostenitori dell'elettricità animale in senso proprio, della pretesa carica cioè o sbilancio di fluido elettrico tra nervi e rispettivi muscoli, o tra l'interno e l'esterno di essi muscoli. Eppure in niun modo vien provata da tali sperienze siffatta elettricità animale, come mi propongo di far vedere: esse mostrano soltanto, che sono io andato troppo innanzi asserendo, che non si potrebbe mai coll'applicazione di soli conduttori umidi, ossia di 2^a classe, senza l'intervento cioè di alcun metallo o conduttore di 1^a classe, eccitare le convulsioni nelle rane comunque preparate e facilissime a risentirsi. Ecco in che debbo ritrattarmi, ossia correggere le espressioni troppo generali da me avanzate: non già riguardo alla proposizione capitale,

che ho sostenuta, e che sostengo ancora, cioè che la mossa al fluido elettrico vien data, non già dagli organi animali in cui trovisi esso fluido, come suppongono i Galvaniani, in uno stato di carica o di sbilancio; bensì da una forza che risulta dal combaciamento di conduttori dissimili che entrano nel circolo: che insomma ella è anche in tali sperienze, in cui non s'adoprano metalli, un'elettricità artificiale eccitata da causa estrinseca, ossia movente esterno, e in niun modo da principio o forza interna degli organi animali, de' nervi e muscoli.

Per venire ora più davvicino a codeste sperienze, non mi fa stupore che abbian sorpreso e tirato molti, che prima ne dubitavano, a credere alla supposta elettricità animale, e a dichiararsi apertamente per essa; tutti quelli cioè, che non sono andati più innanzi, e non han fatto il dovuto riflesso alle circostanze. Senza questo dovettero restare sedotti (e chi poteva non esserlo a prima giunta?) dal vedere eccitarsi delle contrazioni più o meno forti in tutti i muscoli delle gambe posteriori di una rana compitamente preparata, con ripiegare semplicemente una di esse gambe, e addurla al contatto de' nervi ischiatici ossia crurali, oppur de' muscoli del dorso.

Codesta è l'esperienza principale, con cui crede Valli, e credono i Galvaniani tutti vecchi e nuovi, di aver vinta la causa contro di me, e fino di avermi ridotto al silenzio. Altre sperienze consimili son quelle di tenere sospesa pe' piedi la rana con una mano, e con un dito dell'altra o colla lingua toccare i nervi crurali pendenti, o la porzione di spina, che ad essi si è lasciata attaccata; di tener in egual modo sospesa la rana per una gamba, far passare detta spina, o buona parte del tronco, se tutto o quasi tutto è rimasto attaccato (come io pratico perlopiù di lasciarvelo, troncadone la sola testa), nell'acqua di un catino, e portare l'altra sua gamba al contatto dell'acqua medesima; nell'uno e nell'altro de' quali modi succede pure qualche volta di eccitare le convulsioni; come succede in quell'altra maniera descritta già nell'operetta anonima (intitolata *Dell'uso e dell'attività dell'Arco conduttore nelle contrazioni dei muscoli*), di cui ebbi occasione di parlare nelle note alla seconda delle lettere che vi scrissi nella primavera dell'anno scorso; la qual maniera consiste in fare che i nervi pendenti, o il pezzetto di spina attaccato vadano a toccare le coscie.

Queste e simili sperienze, ove non interviene alcun conduttore metallico, ossia di quelli che io chiamato avea *eccitatori* o *motori*; ove una parte dell'animale medesimo fa tutto l'arco conduttore, o se non lo fa tutto, il resto per compire il circolo è fatto da altri deferenti umidi; tali sperienze. gridano i Galvaniani, sono decisive, perentorie: qui l'elettricità non può ripetersi che dagli organi animali, ne' quali cioè trovisi il fluido elettrico in istato di carica o di disequilibrio, sbilanciato, come pare, tra i nervi e i muscoli in cui quelli s'impiantano, o tra l'interno e l'esterno de' muscoli medesimi, come ebbe per più probabile l'istesso Galvani. E voi, che ne dite, amico? La date così subito loro vinta? O restate ancora perplesso per le tante altre sperienze da me prodotte, nelle quali è pur manifesto che l'elettricità è meramente artificiale, che il fluido elettrico è mosso da causa estrinseca, per un'azione cioè che risulta dal combaciamento di conduttori dissimili? Oppure per far la pace e conciliare le une colle altre sperienze, adottate voi ambidue i principj, e tenete (come opinai anch'io una volta, ma per poco tempo) che quando l'uno e quando l'altro sia la causa delle convulsioni eccitate? Può infatti credersi, che i metalli di specie diversa abbiano realmente nel combaciamento loro co' conduttori umidi la virtù di

muovere il fluido elettrico, e che ad una tal'azione, alla corrente elettrica quindi eccitata, troppo debole per potersi manifestare co' segni de' comuni elettrometri, ma pure più che sufficiente ad irritare i muscoli volontarj, o piuttosto i rispettivi nervi, ed altri molto sensibili, per cui passi raccolta, a siffatta corrente abbastanza attiva si risentano le rane anche preparate da lungo tempo, e già molto debilitate, anche le non intieramente preparate, anche senza averne denudati i nervi, e fino i semplici muscoli staccati di esse, o di qualunque animale, e così pure si risentano i nervi del gusto, della visione ec., come ho scoperto; anzi non può credersi altrimenti in tante e tante sperienze, nelle quali con questo mezzo solamente de' metalli diversi ottener si possono gli accennati effetti; e può credersi nell'istesso tempo, o sospettarsi almeno, che anche talvolta proceda il moto del fluido elettrico da una vera carica o sbilancio negli organi animali, come presumono i Galvaniani, quando cioè si eccitano le convulsioni o con un sol pezzo di metallo, o con due, ma della stessa specie, e fino senza alcun metallo, con un arco cioè di soli conduttori umidi, ossia di 2^a classe, come le novelle sperienze ci mostrano che pur succede talvolta. Quando però si ammetta una tal carica o tensione del fluido elettrico negli organi, dovrà dirsi che sia sommamente debole, e abbia luogo solo per pochissimo tempo, osservandosi che non si eccitano d'ordinario se non convulsioni deboli, e difficilmente, e solo nelle rane preparate di tutto punto e di fresco, e dotate di somma vitalità. Ma infine se basta, come farò vedere e toccar con mano, a spiegare anche queste poche sperienze ambigue il solo principio dell'azione de' conduttori dissimili, principio dimostrato da tante altre prove sperimentali chiare e parlanti, e senza paragone più numerose, a che ricorrere ad un altro principio supposto, e non provato, di un'elettricità cioè propria e attiva degli organi animali? Perchè introdurre due principj affatto diversi per fenomeni dell'istesso genere, e del tutto simili ?

Dietro queste riflessioni osservando più attentamente, ed analizzando quelle sperienze, in cui mi riusciva di eccitare le convulsioni nella rana con due armature dell'istesso metallo, e fino con un arco di un sol pezzo senz'altra armatura, venni a scoprire che anche piccole accidentali differenze tra dette armature, o tra i due capi dell'arco metallico, nella tempera cioè, nel polimento ecc. bastavano a dar mossa al fluido elettrico, e ad indurre una corrente del medesimo valevole a scuotere la rana compitamente e di fresco preparata: la qual cosa, ch'io avea verificata con moltissime prove sperimentali, fece il soggetto della prima delle lettere già mentovate scrittevi l'anno scorso. Così poi quando alcuni mesi dopo fu richiamata la mia attenzione alle nuove sperienze del Valli, in cui non entra metallo di sorta, ripetendo e analizzando anche queste con variarle in più maniere, non tardai molto a riconoscere, che qui pure la diversità de' conduttori combaciantisi è necessaria; e che tutto il giuoco dipende da questa diversità: e di tale ulteriore scoperta e spiegazione ne feci parte in lettera fin dal principio del passato inverno al Cav.^{re} Banks Presidente della Società Reale di Londra, e ad altri miei Corrispondenti; per nulla dire dei molti e nazionali e forastieri, a cui ho mostrate in tutto il corrente anno le sperienze, e che trovandole decisive hanno senza più esitare sottoscritto alla mia opinione.

Non dubito pertanto, che non siate per sottoscrivervi ancor voi, Collega amatissimo, qualunque sia stato fino ad ora il vostro sentimento, sol che pesiate bene le ragioni, e più le sperienze, che con maggior ampiezza di quello ho fatto con altri vado ad esporvi, e vi piaccia di ripeterle voi medesimo.

Quest'ultimo osò dire è necessario: non basta leggere o sentire da altri le descrizioni, bisogna vedere le sperienze, farle, rifarle, cambiando forma e maniera, come ho praticato io, per ritrarne una perfetta convinzione.

Non sarà inutile prima di tutto, ch'io mi trattenga un poco a farvi più da proposito osservare quello, che di passaggio ho già toccato, cioè che non sempre, e a mala pena, anche nelle rane preparate di tutto punto, e solo per poco tempo riescono le vantate sperienze delle convulsioni eccitatevi senza l'intervento di alcun metallo, come avrete diggià voi medesimo provato; laddove coll'applicazione di due conduttori metallici assai diversi, ed anche di un solo metallo interposto però a due conduttori non metallici molto pure diversi fra loro (che è un secondo mezzo da me scoperto poco meno efficace del primo) non si manca mai di ottenere le convulsioni incomparabilmente più forti, e per assai più lungo tempo, e sì anche nelle rane intiere, o preparate per metà, cioè sviscerate soltanto. Son dunque ben poco efficaci tutti que' mezzi in cui non si adoprano gli eccitatori metallici, se è assolutamente necessario per ottener qualche cosa, che la rana sia preparata nella miglior maniera possibile, in guisa cioè che le gambe tengano al tronco per i soli nervi ischiatici, e preparata così di fresco, e piene le sue membra di vitalità; e se non sempre si ottengono le convulsioni neppure con tale perfetta preparazione, e le altre favorevoli circostanze, anzi solo rarissime volte nella maggior parte de' sopra descritti modi.

Più spesso è vero, e per più lungo tempo si ottengono nella maniera descritta per la prima, che è di ripiegare una delle gambe della rana, e addurla al contatto o de' detti nervi ischiatici, pe' quali restano esse gambe attaccate al tronco, o di una parte qualunque carnosa del tronco medesimo; non però sempre neppure nelle rane più vivaci, e ne' primi momenti dopo la dissezione, che sono i più favorevoli: non sempre, dico, si ottengono le convulsioni neppure adoperando in questa maniera: e se si osserveranno le circostanze, nelle quali suol succedere, e quelle in cui non succede mai, o quasi mai l'esperienza, si verranno facilmente a scoprire le condizioni richieste al riuscimento; e queste condizioni ci faran conoscere finalmente la causa vera di tali fenomeni, il principio generale da cui dipendono.

Queste condizioni sono dunque:

1° Che il corpo della rana trucidata, scorticata, e finita di preparare, non sia già deterso e netto, come sarebbe lavato nell'acqua, ma anzi sporco, imbrattato in parte almeno di sangue, o di altro umore più o men viscido e tegnente: la qual circostanza, delle membra cioè lorde di sangue si accenna di passaggio dall' istesso Dr. Valli. In difetto giova intridere a bella posta quella parte della gamba, de' nervi, o del tronco, ove ha da succedere in appresso il combaciamento ossia mutuo contatto, con scialiva, come ha notato l'anzidetto autore, con acqua salata, con orina, con muco, con diversi succhi ecc., o meglio con sapone stemperato in poca acqua, o assai meglio ancora con liquori acidi od alcalini concentrati, come ho trovato io nel moltiplicare e variare i mille modi codeste sperienze, e come vi sarà facile di verificare.

2° Che il contatto de' nudi nervi ischiatici, e de' nudi muscoli del tronco si faccia, non da qualsivoglia parte della gamba, ma dal tendine in cui termina il muscolo grosso della

gamba, ossia il gastrocnemio, il qual tendine o ligamento passando sopra l'articolazione del piede si prolunga fino alle dita, e compare scoperto per tutto quel tratto. È cosa veramente curiosa il vedere come adducendo al contatto de' muscoli dorsali anche intrisi di sangue o di altro umore viscido o salino, i muscoli delle coscie, niente di ordinario succede; e niente pure facendo a quelli combaciare l'istesso muscolo gastrocnemio al disopra della sua metà, cioè per tutta quella parte ch'esso si mostra puramente carnoso, e che all'incontro facendolo toccare al disotto, cioè per la parte in cui il muscolo medesimo degenera in sostanza tendinosa, e presenta una superficie bianchiccia di un lucido di perla, nascono le convulsioni. Convien dunque imprimere sopra i muscoli del tronco, o sopra i nervi ischiatici l'estremità di detto muscolo gastrocnemio, o l'articolazione del piede, o il resto ove compar fuori il gran tendine, cioè portare al detto combaciamento qualche punto di quel lungo tratto bianco, e non altrimenti, se ottener si vogliono le convulsioni: le quali neppure con ciò si ottengono sempre, anzi non mai, o quasi mai, se anche l'altra condizione non vi si ritrova, cioè dell'umor viscido o salino interposto.

In prova di che, se lavasi ben bene la rana preparata con acqua netta, non servirà più a nulla neppure il contatto fatto sopra i muscoli dorsali colle parti tendinose bianche della gamba. Che se pure succeda alcune volte di eccitare così delle convulsioni anche dopo tal lavatura, si può credere, che tuttor vi sia dell'umore eterogeneo aderente: infatti quando dopo aver lavata la rana una sol volta, e per poco tempo, mi è succeduto per accidente di poter ancora eccitarvi le convulsioni nel modo indicato, non le ottenni più dopo una seconda lavatura più accurata, in cui venni stropicciando bene le parti, massime il dorso, e i contorni delle ferite.

Vi vogliono dunque ambedue le condizioni, e dell'umore eterogeneo interposto, e dell'eterogeneità, dirò così, delle parti animali che si affacciano, che non siano cioè queste troppo simili, come muscolo e muscolo, massime d'eguale struttura e consistenza, ma differiscano anzi notabilmente; e la differenza che trovo più conducente è quella appunto tra tendine e muscolo o tra tendine e nervo (quella tra muscolo e nervo non lo è tanto); siccome la differenza, che fa meglio tra questi conduttori animali, e il terzo che dee trovarsi ad essi interposto nel venire al contatto, e compiersi il circolo, è che questo terzo corpo preso di mezzo sia un umore viscido o salino, o meglio sapone stemperato, o meglio ancora alcali reso appena liquido, come già ho indicato.

Or queste circostanze e condizioni richieste all'uopo di destare le convulsioni nelle rane puntualmente preparate senza l'intervento di alcun metallo, o conduttore della 1^a classe, bastano già a mostrare, che non procede dunque la corrente del fluido elettrico eccitatrice di tali convulsioni da alcuna scarica o mossa data al fluido dagli organi animali; giacchè per qual ragione succederebbe siffatta scarica soltanto portando al contatto dei muscoli del tronco, o dei nervi ischiatici le parti tendinose della gamba, e in niun modo facendovi toccare nella stessa foggia le parti muscolari ossia le carnose e molli dell'istessa gamba, o delle coscie, quando il circolo conduttore sarebbe in questo caso compito egualmente, ed egualmente atto, anzi meglio, per essere più corto, e per essere quelle parti appunto perchè più molli e succose, più deferenti che il duro tendine, e men umido? E per qual ragione ancora non succederebbe, facendosi il contatto immediato di qualsisia parte della gamba coi muscoli dorsali, senza l'interposizione di un terzo corpo deferente diverso dall'una e dall'altra sostanza animale, e diverso dall'umor acqueo, senza l'interposizione, dico, di un

umor glutinoso e salino? E non dovrebbe anzi succedere assai meglio coll'applicazione immediata della gamba ai muscoli dorsali, che frapponendosi tal terzo corpo, il quale ben lungi dal rendere più facile e spiccica la via conduttrice già alquanto resistente per essere le istesse sostanze e umori animali deferenti non del tutto perfetti, non può che renderla vieppiù resistente, sendo esso pure che si trammezza un conduttore imperfetto? Or come dunque moltiplicando i conduttori imperfetti, formando l'arco di tre di questi invece di due, si faciliterebbe la supposta scarica e tragitto del fluido elettrico? Come anzi in questo modo solamente avrebbe luogo essa scarica e tragitto, tale almeno da convellere la rana, e non nell'altro modo, del contatto cioè immediato della gamba, che pur dovrebbe essere più adatto?

Se ciò, come vedesi, è un paradosso inesplicabile stando alle idee che abbiamo delle cariche elettriche, e de' conduttori considerati semplicemente come tali, ossia come corpi permeabili al fluido elettrico, e non altro; se, dico, non possono conciliarsi in alcun modo con queste idee, anzi si contraddicono manifestamente gli enunciati fenomeni, convien dunque ricorrere ad altri principj, e abbandonata tal supposizione di carica o sbilancio qualsiasi di fluido elettrico ne' nervi e muscoli della nostra rana preparata, considerare i conduttori, di cui si tratta, sotto un altro aspetto, riguardarli cioè al dippiù come *eccitatori* o *motori*, val a dire dotati della maravigliosa virtù di concitare il fluido elettrico, impellerlo, smuoverlo, tosto che- vengano al contatto, e si combacino alcuni tra di loro di diversa specie, come appunto nelle sperienze testè descritte. Volgete e rivolgete la cosa in tutti gli aspetti, quest'è l'unica maniera di spiegare tali sperienze, ed infinite altre, che si riducono al medesimo principio, come farò vedere.

Ma che? saranno anche i conduttori non metallici, i conduttori liquidi, o contenenti in qualsisia modo umore, che chiamo conduttori di 2^a classe, saranno anch'essi combinati fra loro soli, *eccitatori*, come lo sono i metalli conduttori di 1^a classe combinati assieme a quelli di 2^a? Godranno anche tali conduttori di 2^a classe dell'istessa virtù? Sì certo; ma in grado molto inferiore, cedendo per tal riguardo ai conduttori metallici, come cedono loro anche rispetto a tal facoltà conduttrice. Io ebbi queste idee fin dal principio, e le spiegai ad alcuni amici e corrispondenti, fra' quali al sig. Abate Tommaselli di Verona, e al Dr. Van Marum celebre Fisico Olandese in alcune lettere scritte nell'estate del 1792; dall'una o dall'altra delle quali vi ricopierò qualche squarcio a pie' di pagina, acciò vediate s'io non inclinava a credere, e tenea quasi per fermo, che anche nel combaciamento de' conduttori umidi, ossia di 2^a classe, sol che fosser diversi fra loro, veniva dato impulso al fluido elettrico, non altrimenti che nel combaciamento de' metalli, o conduttori di 1^a classe coi detti umidi. Senza abbandonare del tutto tali idee mi spiegai in seguito qualche volta diversamente, non tanto perchè credessi che nulla realmente fosse l'azione sul fluido elettrico de' conduttori di 2^a classe combaciantisi fra loro, comunque diversi, e che in niun modo godessero della virtù eccitatrice; quanto perchè stimai sì meschina tal loro virtù ed azione, sì picciola e languida la corrente elettrica che si potrebbe con essi soli indurre, da non riuscir valevole ad eccitare le contrazioni nella rana neppure la più vivace e meglio preparata. Non debbonsi dunque intendere a rigore alcune espressioni, e come dove nella seconda delle lettere scrittevi l'anno scorso ho avanzato: "che l'arco conduttore formato da una o più persone, da cuoi, panni, cartoni, o corpi bagnati quali essi sieno, da deferenti insomma non metallici, nulla più essendo atto a prestare che l'ufficio appunto di

conduttore, non può determinare alcuna corrente di esso fluido, che invada i nervi e muscoli dell'animale, e ne gli irri e scuota". Non debbe dico intendersi quello che ivi si avanza a tutto rigore, cioè che nulla affatto sia l'azione nel mutuo combaciamento di tali conduttori di 2^a classe anche i più diversi; ma bene esser quella un'azione così da poco, che può quasi aversi per nulla. Che se pure volli dire che fosse nulla del tutto, e pensai un momento così; troppo m'allontanai, come si vede, dalle idee che ebbi per lungo tempo; e alle quali fui tosto richiamato dalle sperienze qui innanzi descritte del Valli, ed altre di questo genere da me intraprese: nè picciola fu la compiacenza in vedere così verificate le antiche mie congetture, colle quali generalizzando il principio, che pel semplice combaciamento di conduttori diversi si toglie dal riposo il fluido elettrico, si concita e smuove, non altrimenti che per la confricazione, tantochè se il circolo conduttore è compito si determina ad una corrente continua, io attribuiva qualche poco di cotesta virtù eccitatrice anche ai conduttori non metallici, qualunque fossero, purchè s'incontrassero dissimili nel combaciamento. Dico *qualche poco* di virtù, avendola sempre creduta, e credendola tuttora di molto inferiore a quella che manifestasi nel combaciamento di uno di tai conduttori non metallici, o di 2^a classe, con due metallici, o di 1^a classe fra loro pure diversi.

Ad ogni modo non può più dirsi essere tanto debole, che l'effetto ne sia sempre insensibile, conforme stimai in addietro, ora che impariamo da nuove sperienze, come in alcuni casi, nelle circostanze cioè e condizioni sopra spiegate, si eccita tal corrente elettrica, che giunge a destare delle convulsioni in una rana perfettamente e di fresco preparata: a produrre il qual effetto per altro ci vuole pochissimo, un nulla quasi; come si può provare colle scariche elettriche comuni, segnatamente delle boccie di Leyden, bastando le più deboli, incapaci non che a dar la menoma scintilla, ma a muovere alcun poco il più delicato elettrometro, quello di Bennet a listerelle di foglia d'oro da voi perfezionato.

Ci vuole ancor poco assai, sebben ci voglia quattro o cinque volte dippiù, a scuotere la rana non del tutto preparata, ma scorticata e sventrata in guisa che compaiano i nervi ischiatici, senza però recidere le parti di dietro su cui riposano; tanto poco ci vuole, che basta ancora per eccitare le convulsioni in cotesta rana, che diremo mezza preparata, la carica di una boccia che non move, o move appena un elettrometro sensibilissimo; e similmente basta la corrente elettrica eccitata e indotta dal semplice accozzamento di tre conduttori diversi, de' quali uno o due siano metallici, ossia di 1^a classe; ove cioè od un conduttore umido, un conduttore di 2^a classe trovisi interposto a due di prima molto diversi tra loro; od al rovescio uno di 1^a classe trovisi frapposto a due di 2^a molto pure diversi (intorno alla quale seconda maniera, accennata qui soltanto, mi riservo a trattenermi un'altra volta più a lungo).

Dico *molto diversi*, perchè, se qualunque anche picciola diversità, sia dei due conduttori di 1^a classe, sia dei due di 2^a, interpolati rispettivamente da uno dell'altra classe, può in alcune circostanze bastare all'uopo; se quella debolissima corrente di fluido elettrico, che s'induce in virtù di siffatti accozzamenti può eccitare le convulsioni nelle gambe della rana compitamente preparata, in guisa cioè che pe' soli nervi crurali debba passare tutta ristretta tal corrente; non è già valevole ad eccitarle nella rana sol mezzo preparata, in cui minor parte di essa corrente passa pe' detti nervi, più larga via presentandole le annesse parti,

egualmente, se non più ancora, umide e deferenti: conviene quindi in tal caso per ottenere l'effetto, che sia non così debole e meschina la corrente elettrica, ma alquanto più copiosa o più forte (sebbene non ancor tanto da darne segno i comuni elettrometri anche più sensibili), quale si eccita soltanto ove o i due conduttori di 1^a classe interpolati da uno di 2^a, o i due di 2^a interpolati da uno di 1^a, come si è indicato, siano un dall'altro *assai diversi*.

Ma coll'accozzamento di tre conduttori tutti della 2^a classe, o conduttori umidi, escluso cioè dal circolo ogni metallo, miniera, pirite, carbone, ogni conduttore insomma di 1^a classe, con quei soli di 2^a quanto si voglia diversi, intrecciati e applicati in qualunque modo, non ho potuto mai ottenere la più piccola convulsione o sbattimento nella rana preparata soltanto a metà; molto meno è possibile ottenerle in una rana, che non sia neppure sventrata (nel qual caso vi vuole una forza elettrica otto o dieci volte ancora maggiore, come ho trovato colle scariche de' conduttori della macchina, delle boccie ecc., molto meno in un membro, o muscolo staccato dalla medesima, o da altro animale, se tal membro o muscolo non è preparato in maniera, che il nervo inserviente al moto sia snudato, e ne penda fuori tutto libero intorno, ecc.; laddove le ottengo facilmente in cotali membri e muscoli spogliati appena degli integumenti, senza cioè scoprire e mettere a nudo alcun nervo, e fino nelle rane, anguille, ecc., intiere e intatte, ottengo, dico, delle forti contrazioni muscolari, e moto violento de' membri impiegando due metalli molto diversi, e. g. argento e piombo, o meglio argento e foglio stagnato, o meglio ancora argento e zinco, ed applicandoli o immediatamente uno ad una parte, l'altro all'altra di quel tal animale, di quel tal membro o muscolo, o coll'interposizione d'altri conduttori umidi ossia di 2^a classe; ed anche con un solo metallo o conduttore di 1^a classe ottengo gli stessi moti, segnatamente col zinco interponendolo a due conduttori di 2^a classe molto diversi, come all'acqua da una parte o ad un corpo qualunque imbevuto d'umor acquoso, e dall'altra a un forte liquor acido od alcalino. Ma di quest'ultima maniera, in cui interviene un solo conduttore di 1^a classe, ho già detto che mi riservo a parlare più lungamente un'altra volta. Qui consideriamo le combinazioni, in cui non ne entra nessuno di detta 1^a classe nel circolo de' conduttori, e concludiamo dal fin qui detto, che se l'azione sul fluido elettrico nell'accozzamento di tre tutti della 2^a classe, comunque diversi tra loro, non può dirsi che sia sempre senza effetto sensibile, è però debolissima, e incomparabilmente meno efficace di quella che risulta per l'intreccio di due di una classe, ed uno dell'altra diversi molto tra loro.

Ed ecco così generalizzato il principio, che in ogni combaciamento di conduttori diversi nasce un'azione, che dà mossa più o meno al fluido elettrico, tantochè ove compiasi il circolo da tre appunto quali essi sieno, purchè diversi, una qualche corrente, o mediocre, o debole, o debolissima di esso fluido viene sempre incitata. Inerendo al quale principio, o legge generale da me scoperta, e che tutto concorre a stabilire, invece di restringerci a dire, come per lo passato, che il fluido elettrico è messo in corrente ogniqualvolta due conduttori metallici diversi comunicando fra loro o immediatamente o per altri metalli, combaciano e prendon di mezzo uno o più conduttori umidi, ossia della 2^a classe, continui; diremo semplicemente e in generale: ogniqualvolta uno o più conduttori continui di questa 2^a classe s'interpongono a due diversi e tra loro, e col corpo che combaciano; lasciando

fuori il termine *metallici*, che pone una certa limitazione non troppo giusta, oppure cambiando le parole *conduttori metallici diversi* in *conduttori diversi, massime metallici*, o di 1^a classe; col quale *massime* e si conserva la prerogativa, che fin nelle prime Memorie ho attribuita a tali conduttori di 1^a classe, di essere cioè eccitatori, o motori che dir si voglia, per eccellenza; e l'istessa virtù in grado molto inferiore si concede pur anche a quelli di 2^a classe, come fu già mio pensiero, e come viene finalmente dimostrato, che la possiedono diffatti, ma appunto debole assai, dalle esperienze sopra addotte; intorno alle quali mi propongo di trattenermi ancora in un'altra lettera, che seguirà dappresso la presente.

Scrivo da Como, e nell'ozio delle vacanze, che stanno per terminare; onde difficilmente potrò spedire l'altra lettera prima di restituirmi a Pavia, che sarà verso S. Martino. Aspetto con desiderio sue righe, che mi spieghino il sentimento suo sopra la materia in questione, e mi diano altre nuove letterarie, e in particolare delle sue studiose ricerche.

Io ho continuato ad occuparmi molto intorno ai vapori elastici, e sono stato condotto ad alcuni bei ritrovati consentano molto alla teoria di De Luc: p. e. che la quantità del vapore è la stessa in uno spazio vuoto o pieno d'aria, rara o densa, e dipende unicamente dal grado di calore; onde cade affatto la teoria della dissoluzione de' vapori nell'aria; che la forza del vapore, ossia la pressione che esso equilibra, cresce in una progressione geometrica crescendo il calore in una progressione aritmetica: che tal progressione geometrica è come 1, 2, 4 ecc. crescendo il calore di 16 in 16 gradi circa; cosicchè essendo la pressione del vapor acqueo eguale a 13 pollici di mercurio alla temperatura di 64 gradi Reaumur, divenendo eguale a 28 pollici a gr. 80, cioè crescendo di 15 poll., cresce poi di 30 poll. e arriva a 58 alla temperatura di 96 gradi ecc.: che questa stessa progressione in ragion dupla di 16 in 10 gradi ha luogo come pel vapor acqueo, così per ogni altro vapore elastico, dello sp. di vino, dell'etere ecc. la differenza stando solo nel grado di calore richiesto a produrre il vapore di tal densità e forza elastica, che equilibri una data pressione, p. e. quella di 28 poll. di mercurio (giugnendo al qual termine circa bolle il liquido ne' vasi aperti, come si sa). Or dunque essendo la temperatura richiesta all'indicata forza del vapore, 80 gradi per quello dell'acqua, 65 per quello dell'alcool, e 31 per quello dell'etere vitriolico, diminuirà egualmente in tutti essa forza o pressione di poll. 15, e ridurrassi quindi a 13, ove scemi la rispettiva temperatura di 16 gr., cioè riducasi a 64 gr. il vapor acqueo, a 49 quello dell'alcool, a 15 quello dell'etere; e similmente crescerà in tutti di 30 poll., arrivando a 58, se invece s'innalzi la rispettiva temperatura di 16 gr. portandola pel vapor acqueo a 96, per quello dell'alcool a 81, per quello dell'etere a 47 ecc. Per tali sperienze sopra i vapori ho immaginati e costruiti varj apparati, che meritano d'essere descritti; e lo farò pubblicando alcune Memorie su questa materia bellissima e importantissima, che ho già abbozzato, ma che non so quando potrò terminare,

Sono colla maggior stima

NUOVA MEMORIA
SULL'ELETTRICITÀ ANIMALE
IN ALCUNE LETTERE
AL SIGNOR ABATE ANTON MARIA VASSALLI

LETTERA SECONDA

Ho terminata la precedente Lettera con dire, che conviene stare ai fatti, ed alle conseguenze immediate dei medesimi senza troppo spingersi avanti, e abbandonarsi a congetture ed ipotesi che non abbiano tutto il fondamento in quelli. Prendiamo dunque ad esaminare alcuni dei fatti ossia risultati delle nuove sperienze, e vediamo le conseguenze, che più naturalmente ci si presentano.

È un fatto sperimentale, che applicando l'apice della lingua ad una lamina di stagno, o meglio di zinco, oppure intingendola nell'acqua di un bicchiere, in cui peschi un pezzo di esso zinco, e venendo poscia a toccare questo metallo con una lastra d'argento impugnata dalla mano ben umida, o meglio stretta ad ambe mani, l'apice della lingua sente un vivo sapor acido. È fuor di dubbio, che questa sensazione viene eccitata da una corrente di fluido elettrico, il quale passa dallo stagno o zinco o immediatamente o per mezzo dell'acqua interposta alla lingua, e vi penetra e trascorre avanti: ciò dico, è fuori di dubbio, succedendo di sentire il medesimo sapor acido, se detto apice della lingua tengasi applicato al primo Conduttore della Macchina comune elettrizzato *in più*, oppure intinto nell'acqua di un vaso annessovi. Un altro fatto ben rimarcabile è che invertendo l'esperienza, sicchè l'argento in vece dello zinco baci la punta della lingua sente questa o niun sapore, o un altro assai diverso dal primo, un sapor acre, urente, e come alcalino; non altrimenti che portando la lingua contro il Conduttore a cuscini della Macchina, od altro elettrizzato *in meno*: evidente prova, che cotal sapor alcalino, quando pure si eccita coll'elettricità in un grado sensibile (il che riesce assai più difficile), proviene dal fluido elettrico, che sorte dalla punta della lingua. Dunque la lingua e qualsisia sua parte (ecco una naturale conseguenza), quanto è da sè, non tende nè a ricevere, nè a dare fluido elettrico; ma ne riceve o dà per virtù e forza propria de' metalli, secondo che è il zinco o l'argento, che le sta applicato, sia immediatamente, sia mediante un corpo d'acqua, od altro corpo bagnato : dunque la lingua è meramente *passiva*, e *attivi* in vece i metalli; son essi in codeste sperienze i veri motori, gl'incitatori della corrente elettrica. Quello, che dico dell'argento e dello zinco, intendesi di due altri metalli diversi, o di specie e sostanzialmente, o per una od altra accidentale modificazione: la sola circostanza da notarsi, e che fa molto al mio proposito, è che gli effetti sono tanto meno energici, quanto meno differiscono tra loro i metalli messi alla prova in ordine alla virtù di smuovere il fluido elettrico, al potere che hanno di spingere o di attrarre esso fluido posti al combaciamento de' corpi umidi: in una parola quanto mano distano uno dall'altro nella serie o scala, in cui furono da me noverati nella lettera precedente sul fine del primo §. E quello, che dico della lingua, applichisi anche ad altri muscoli e nervi inservienti al moto de' medesimi, anzi pure ai nervi soli; giacchè per eccitare le contrazioni de' muscoli

volontari (notisi *volontarj*) non è punto necessario, che il fluido elettrico venga tradotto da questi a queglii, o da queglii a questi; ma basta fare che scorra per un brevissimo tratto dal nervo solo, come avverrà per esempio se stringesi dolcemente con una pinzetta d'argento il tronco nervoso, dove che sia, o poco sopra o poco sotto, anche alla distanza di una sola linea, o minore, serrisi il medesimo con altra pinzetta di ferro, di stagno, o meglio di zinco, indi facciasi toccare addirittura una pinzetta all'altra, oppur congiungansi con qualsisia intermedio metallo .

Or puossi mai qui supporre non che niente di simile a carica di Leyden, ma alcun preesistente sbilancio di fluido elettrico fra parte e parte vicinissima dell'istesso nervo? Non credo vi sia chi il dica: bensì il combaciamento de' due metalli, diversi (e diseguali perciò in virtù e forza) è cagione che si smova il fluido elettrico ivi, e trascorrendo quel breve tratto di nervi ad essi metalli interposto, ne lo stimoli e punga: col quale stimolo elettrico d'ogni altro più efficace e proprio all'eccitazione della virtù nervea (come tutte le sperienze concorrono a provare, e sarà altrove da me posto in chiaro), col quale stimolo, dico, messo quel nervo in attività ne nascono nel muscolo, o muscoli soggetti le contrazioni, in qual modo non sappiamo ancora: quel nervo in somma tocco in due luoghi da' metalli diversi viene punto e stuzzicato, non altrimenti che coi medesimi vengono stuzzicati sull'apice della lingua i nervi del gusto e in fondo all'occhio quelli della visione nelle altre mie sperienze già riferite, ed eccitato anche un molesto bruciore ai confini delle palpebre.

È dunque stabilita l'azione in vero mirabile de' metalli sul fluido elettrico, ogniquale volta vengano quelli applicati all'acqua, o ad altri fluidi differenti (tali sono tutti i liquidi, eccetto i grassi) od a corpi impregnatine; e quanto più si fa palese cotesta, ch'io vorrei nominare *Elettricità metallica*, quanto più riconoscesi attiva ed estesa, tanto più svaniscono le prevenzioni per quell'altra, che da Galvani fu chiamata *Elettricità animale*, e come tale intesa e tenuta anche da me sul principio (con delle modificazioni però, conforme raccogliessi dalle mie prime Memorie su questo soggetto): la quale poi a mio parere cade del tutto, malgrado gli sforzi che si fanno da' suoi partigiani per sostenerla, se si riflette, che fuori dei metalli, delle miniere (molte delle quali sì ricche che povere di metallo, e le piriti stesse ho pur trovato che non la cedono ai regoli metallici) e del carbone di legna, il quale per la virtù, di cui si tratta, non meno che per quella di essere eccellente conduttore, va posto in compagnia de' metalli, niun altro conduttore è atto, applicandolo in qualità di armatura, a produrre, nè il sapore elettrico sulla lingua, nè la corruscazione nell'occhio, nè il bruciore, nè movimento alcuno ne' muscoli della rana la più vivace, e meglio preparata. E perchè se trovasi il fluido elettrico sbilanciato negli organi dell'animale; in guisa che sovrabbondi nelle parti superiori del corpo rispetto alle inferiori, o viceversa, se trovasi accumulato ne' nervi, o nell'interno de' muscoli, in cui s'impiantano i nervi rispetto all'esterno de' muscoli medesimi, come ha preteso Galvani, o all'opposto, come certe mie sperienze parvero dimostrare; perchè, dico, se in alcuna di queste, o in altra immaginabile maniera trovasi il fluido elettrico sbilanciato nel corpo dell'animale e. g. in una rana preparata, le di cui gambe posteriori pescano in un bicchiere d'acqua e il tronco colla spinal midolla in un altro, e se questo pretende la ragione per cui indotta la comunicazione da un bicchiere all'altro con un arco metallico, si scuotano quelle gambe percosse dall'impeto, che fa il liquido portandosi istantaneamente all'equilibrio, perchè, domando,

non succedono gli stessi moti, perchè rimane la rana perfettamente quieta, ove si adoperi per arco conduttore, invece de' metalli, qualche altro buon deferente, una corda, un legno, un cartone, od altri corpi, non che umidi, bagnati e grondanti d'acqua, o due dita della mano, e neppure intingendo ambe le mani intiere, una per ciascun bicchiere? Non mi venghiate a dire, che siano questi non abbastanza buoni Conduttori; poichè io vi risponderò, che lo sono anche più del bisogno, come mostrano le sperienze riferite già nella lettera precedente, ed altre, in cui due, tre, quattro persone, e fino 15, 20, e delle liste di panno, di cuoio, di cartone, ecc. bagnati, e rami d'alberi verdi, e lunghi tratti di pavimento umido, non impediscono entrando nel circolo, che la rana preparata venga scossa, che la punta della lingua senta il sapore, il fondo dell'occhio sia colpito da momentaneo chiarore, sol che una parte qualunque di tal circolo, vicina o lontana da essa rana, da essa lingua, da esso occhio, formisi da due metalli diversi singolarmente argento e zinco, comunicanti fra di loro, o per immediato contatto, o per altri intermedi metalli. Presa dunque una gran lunga fila di persone, il pavimento umido, ed altri corpi bagnati sono abbastanza deferenti per lasciare passare in queste sperienze, senza molto indebolirla, la corrente di fluido elettrico, che va a scuotere la rana. Mi vorrete poi dire, che non sia conduttore abbastanza buono una persona sola, che intinge una mano nell'acqua di un bicchiere, e l'altra nell'altro, un arco di cartone tutto inzuppato, e grondante d'acqua, o simile altro deferente, e sosterrete, che tali corpi arrestano o ritardano la scarica del fluido elettrico dalla parte in cui si suppone accumulata all'altra rispettivamente mancante della rana, che pesca di qua co' piedi, di là col tronco ne' due bicchieri? Eh! diciamo piuttosto, che non esiste tal carica, tal eccesso e difetto di fluido elettrico ne' rispettivi organi dell'animale preparato, o non preparato, che esso fluido vi è in equilibrio come in tutti gli altri corpi; epperò che l'arco conduttore formato da una o più persone, da cuoi, panni, cartone, o corpi bagnati quali essi sieno, da deferenti in somma non metallici, nulla più essendo atto a prestare che l'ufficio appunto di conduttore, non può in alcun modo rompere o turbare tal equilibrio, non può determinare alcuna corrente di esso fluido, che invada i nervi e muscoli dell'animale collocato nel circolo, e ne gli irri e scuota. I quali effetti se succedono poi ogniqualvolta intervengono nella catena, onde è formato detto circolo non interrotto de' corpi metallici, o de' carboni, ciò prova ad evidenza che essi corpi metallici e carboni, oltre la virtù comune agli altri deferenti di lasciar liberamente passare il fluido elettrico, il quale sbilanciato comunque tenda per propria forza a portarsi da un luogo all'altro, posseggono quella ben singolare e mirabile di agire sopra esso fluido anche equilibrato e quieto, di smoverlo come che sia impellendolo o tirandolo; e sì un metallo più che l'altro, o in un senso opposto uno all'altro: onde poi vien tratto ove il circolo de' conduttori non abbia interruzione, come si è detto, in un continuo giro: che in somma i metalli, molte miniere metalliche e piriti, ed il carbone non si comportano già come semplici conduttori; ma inoltre come veri *motori* ed *eccitatori* di Elettricità. Tutta dunque la magia, mi si permetta di dirlo, sta nei corpi della classe de' metalli, a cui vogliansi aggiungere per somiglianza di virtù alcuni carboni vegetabili ed animali.

Ma se è così, se nulla mai e poi mai può ottenersi senza di quelli, cioè coi soli deferenti umidi, nelle rane anche più vivaci e meglio preparate; e se all'incontro coll'intervento dei primi impiegandone massimamente due de' più diversi in ordine all'indicata virtù e potere, come argento e stagno, o meglio argento e zinco, giungesi ad eccitare i più forti motori muscolari nelle più deboli e spossate, molte ore ancora, e fino uno, due, e più giorni dopo

averle tagliate, e disponendo le sperienze in tante e tante varie maniere, come ho praticato da due anni con maraviglia sempre nuova di tutti quelli, a cui ho mostrate tali sperienze, vi è ben ragione di chiamar questa piuttosto *Elettricità metallica* che *Elettricità animale*; giacchè i metalli la eccitano veramente, e originariamente essi sono che dànno la mossa al fluido elettrico: gli organi animali meramente *passivi* non fanno che risentirsene, allorchè viene o in questa, o in altra maniera eccitata altronde, e trascorre per essi, segnatamente pe' nervi, e tanto più se ne risentono, quanto per essi nervi passa più ristretta la corrente di detto fluido, determinata sempre mai da causa estrinseca.

In tal modo tolta agli organi animali ogni azione elettrica propria, che nasca cioè da principio interno, abbandonata questa bella idea, che suggerivano le prime sperienze di Galvani, e ch'io pure avea avidamente abbracciata, vanno essi organi, i nervi singolarmente, e muscoli volontari riguardati quai semplici Elettrometri di un nuovo genere, e di una maravigliosa sensibilità.

ESTRATTO DI LETTERE
DEL CITTADINO N. N. DI COMO
AL CITTADINO ALDINI PROFESSORE A BOLOGNA
INTORNO ALLA PRETESA ELETTRICITÀ ANIMALE
NELLE SPERIENZE DEL GALVANISMO.

Como, Aprile 1798.

Le contrazioni spasmodiche de' muscoli, specialmente volontarj, tanto nelle rane ed altri animali a sangue freddo, quanto in quelli a sangue caldo, eccitate mercè la conveniente preparazione delle parti, e applicazione di acconci conduttori dell'elettricità, scoperta ammirabile del vostro Zio e Collega Galvani , che ha fatto tanto rumore in Italia e fuori, e che ha eccitato in questi ultimi anni l'ingegno di molti Fisici e Fisiologi a fare sopra tale non men nuovo e dilettevole, che fecondo soggetto ulteriori ricerche; codesti moti convulsivi e scosse, siccome pure le sensazioni di più o men vivo sapore sulla lingua (sapore tirante all'acido, o all'alcalino secondo che questo o quello di due metalli diversi, per esempio Stagno e Argento, o meglio Zinco e Argento, che si toccano e formano parte del circolo, è rivolto verso l'apice di essa lingua), quelle di momentaneo fulgore negli occhi, di bruciore ne' bordi delle palpebre, nelle piaghe, ec., che ha ottenuto in seguito con somiglianti artifici, cioè colla combinazione pure di metalli dissimili, il mio compatriota Volta, aggiugnendo queste, e tante altre scoperte a quelle del Professore di Bologna; tali moti, dico, e sensazioni, tali sorprendentissimi fenomeni, sono indubitatamente occasionati dal fluido elettrico messo in moto, che invade e stimola quelle fibre sensibili ed irritabili, effetti sono immediati o mediati di una *vera Elettricità*; e non meritano neppur attenzione le opinioni di coloro, che vanno ideando, e mettono in scena altro fluido diverso dall'elettrico, o modificano questo in guisa, che non è più lo stesso, non è più il comune genuino fluido elettrico, o tentano altrimenti di spiegare gli anzidetti fenomeni, ed altri analoghi con principi puramente chimici, ec.

Ma credete voi, mio caro Aldini, credete anche in oggi di buona fede, che sia questa un'*Elettricità animale* in senso vero e proprio, cioè originaria e attiva degli organi, mossa internamente dalle stesse forze vitali, come ha preteso già Galvani, ed altri con lui, e il medesimo si sforza pur ancora di sostenere nell'ultima sua Opera pubblicata mesi sono ? Io per me credo, e tengo costantemente, che sia anzi una *Elettricità* meramente *artificiale*, ed estrinseca, mossa cioè dal contatto mutuo dei conduttori, onde vien formato il circolo, i quali sieno diversi tra loro, o sostanzialmente, o per qualche accidentale differenza: come dalle sue sperienze in mille modi variate è stato indotto a sospettare fin dappprincipio, ed a credere e sostenere in progresso con ogni maniera di argomenti il sullodato Volta; e come, venendo con lui, tengono oggi giorno la più parte de' Fisici, massime oltramontani: anzi m'avanzo a dirvi, che la cosa è ormai portata a tal grado di evidenza, che non soffre più contrasto quasi da nessuno; e che le obbiezioni, che move il vostro Galvani in questa recente sua opera, sono state già tutte prevenute, e sciolte in guisa, che non hanno più neppure quella forza apparente, che potè per avventura imporne

a taluno.

I metalli adunque, e gli altri corpi che chiamansi *conduttori*, o *deferenti*, perchè sendo del tutto permeabili al fluido elettrico, il lasciano, qualor trovisi altronde sbilanciato e mosso, liberamente passare e trascorrere per la loro sostanza, e servono così a ricondurlo all'equilibrio, ec.; questi corpi ha scoperto il nostro Volta, che posseggono altresì la virtù da niuno prima sospettata in essi, virtù veramente meravigliosa, d'incitare esso fluido elettrico, toglierlo all'equilibrio e al riposo in cui trovisi, smoverlo, impellerlo, col semplice venire a mutuo contatto due di essi di specie diversa. Sono pertanto codesti *conduttori dissimili* (massime i metallici) i veri *moventi* di quell'*elettricità*, che giuoca nelle accennate sperienze del Galvanismo; dessi sono, che eccitano, mercè il loro combaciamento, la corrente elettrica per tutto il circolo o catena continua di comunicazione; la qual corrente incontrando sul suo passaggio que' tali nervi e muscoli irritabili, che fan parte ossia anello di tal catena, ne li stimola e scuote conformemente alla loro indole eccitabile, onde le rispettive sensazioni, e moti muscolari. Insomma codesti *organi animali* sono, relativamente alla mossa del fluido elettrico, non già attivi, come sostiene Galvani, ma meramente *passivi*: e sono al contrario attivi, volerlo o non volerlo, *i conduttori dissimili*, massime i metallici; ai quali il Volta dà a proposito e a tutta ragione il nome di eccitatori, o motori.

Si dice *dissimili*: perchè, acciò i conduttori la facciano a un tempo anche da motori nel mutuo loro contatto, vogliono essere effettivamente diversi; sia la differenza grande, e sostanziale, sia accidentale e picciola, limitata alla sola superficie, o a pochi punti del contatto: come ha provato esso Volta con molte sperienze riportate nelle diverse sue Memorie sopra tal soggetto. E si dice *massime metallici*: perchè, come i metalli (comprendendovi molte miniere, e piriti, e i carboni) sono *conduttori* per eccellenza, così sono anche *motori* i più insigni ed efficaci, sempre inteso ove si tocchino due tra loro diversi, e tanto meglio, quanto più sono diversi: talchè, come parlando di *conduttori*, e non accennando altro, si soleva già intendere comunemente i metalli, senza però escludere affatto gli altri deferenti men buoni; così parimenti parlando dei *motori*, vogliono si intendere specialmente, non però esclusivamente, i metalli: e il Volta medesimo, anche allorquando parve limitarsi a questi, non escluse assolutamente gli altri; anzi si spiegò fin dappprincipio in qualche suo scritto (specialmente in una lunga lettera al cel. Fisico Olandese Dr. Van Marum, e in un'altra all'Ab. Tommaselli di Verona, scritte ambedue nell'estate del 1792), che inclinava ad attribuire la stessa virtù d'incitare e smovere il fluido elettrico, ad attribuire cotale virtù e forza nuovamente da lui scoperta nei metalli, anche ai conduttori non metallici, a tutti insomma i deferenti umidi, avvegnachè in grado molto minore. E questo poi è ciò, che comprovò alcuni anni dopo con nuove serie di sperienze, e mise in più chiaro lume particolarmente nella sua terza Lettera all'Ab. Vassalli Professore di Torino, scritta in Ottobre del 1795, e pubblicata al principio del 1796 negli *Annali di Chimica* ec. di Brugnatelli, e più ampiamente ancora in altre lettere, che formano una lunga dissertazione, al Prof. Gren di Halla, scritta in Agosto del 1796, e pubblicata in detti *Annali* nel corso dell'anno 1797.

Non serve dunque più obbiettare a Volta, come fa nuovamente Galvani, le sperienze, in cui si ottengono nella rana preparata a dovere i moti spasmodici, le convulsioni e scosse più o men violente, o con un solo ed unico metallo, od anche senza metallo alcuno, o

facendo arco conduttore con sole parti animali, coi soli nervi e muscoli di essa rana, ec. Tutte queste obbiezioni cadono interamente, e non doveano più mettersi in campo, dopochè il Volta avea ampiamente dimostrato e pubblicato (nelle succitate sue Lettere), che anche i conduttori fluidi, o contenenti qualche umore, ch'ei chiama in generale *conduttori di 2^a classe*, che anche tali conduttori imperfetti, ove sieno diversi di specie, agiscono diversamente sul fluido elettrico, sia combaciando i metalli, o conduttori di 1.^a classe, sia combaciandosi tra loro; tantochè basta a smovere, e mettere in corrente esso fluido obbedientissimo ad ogni forza ed impulso, basta a ciò, o che un metallo qualunque compiendo il circolo tocchi da una parte un conduttore umido, e dall'altra un altro conduttore parimenti umido, ma differente dal primo; o che il circolo compia anche senza metallo alcuno, senza verun conduttore di 1.^a classe, intervenendo però tre conduttori umidi, ossia di 2.^a classe, tutti tre diversi.

Intorno a che, specialmente riguardo a queste, e molte altre combinazioni di conduttori, o a dir meglio motori d'ambe le classi variamente intrecciati, osservate, amico attentamente, e fate osservare al vostro Galvani le 20 figure, o tipi, con cui ha il Volta corredata la sopracitata sua Memoria al Prof. Gren, esprimenti i casi, ossia le combinazioni, in cui devono succedere, e le combinazioni in cui non devono succedere le scosse o moti muscolari, le sensazioni di sapore, ec. Questi tipi parlano all'occhio; e le chiare spiegazioni date dal Volta dietro ai suoi principj, e il puntuale accordo dei risultati di tante e sì variate sperienze con questi principj, e l'estrema difficoltà, anzi impossibilità di spiegare pur tollerabilmente i risultati medesimi con qualsiasi altra ipotesi, pongono tali principj e spiegazioni nella maggiore evidenza: come vien ora dalla massima parte de' Fisici riconosciuto, e come dichiara fra gli altri il sullodato Gren; il quale ha pubblicata l'istessa Dissertazione Voltiana coi mentovati tipi, ossia figure, nel suo *Giornale di Fisica* in lingua tedesca per il 1.^o Trimestre dell'anno scorso, e in seguito ne' suoi *Elementi di Fisica* parimenti tedeschi un estratto della medesima dissertazione, con un bel Saggio ragionato sul Galvanismo, e sulle diverse opinioni intorno a tal soggetto, nel quale Saggio, ossia transunto che forma un intiero Articolo, decide la questione intieramente e perentoriamente a favore del Volta.

Vi confesso pertanto, che mi ha molto sorpreso, e quasi scandalizzato la sicurezza con cui Galvani, a fronte di tutto ciò, sostiene ancora la sua prima opinione affatto inconciliabile, e contrappone sul bel principio della recente sua Opera (p. 3, della 1.^a Memoria) alcune proposizioni ed altrettante del Volta, ne' seguenti termini: - " Egli vuol la elettricità la stessa, che la comune a tutti i corpi ; io particolare e propria dell'animale : egli pone la causa dello sbilancio negli artifizi, che si adoprano, e segnatamente nella differenza dei metalli ; io nella macchina animale ; egli stabilisce tal causa accidentale, ed estrinseca ; io naturale ed interna: egli insomma tutto attribuisce ai metalli, nulla all'animale; io tutto a questo, nulla a quelli, ove si consideri il solo sbilancio ".- Or questo *insomma*, questo negare ai metalli qualsisia virtù o potere di sbilanciare il fluido elettrico, è ciò che mi ha ferito, contraddicendo, non solo a tanti argomenti e prove moltiplicate dal Volta sul soggetto del Galvanismo, ma a fatti ben anche, e sperienze dirette, indipendentemente dal Galvanismo; colle quali il medesimo avea già mostrato che il semplice combaciamento di due metalli diversi, e. g. Stagno e Argento, produce un notevole sbilancio di fluido elettrico, una vera *elettricità positiva*, ossia *in più* nell'uno, *negativa* ossia *in meno*

nell'altro, elettricità valevole a dar segni, non che ai sensibilissimi clettroscopi animali, quali sono gli organi e membri della rana preparata, ec., ma agli elettrometri comuni ben anche, che sieno abbastanza sensibili, a quello cioè di Bennet a listerelle di foglietta d'oro, e ai suoi a paglie.

Queste sperienze fuori del Galvanismo, nelle quali cioè non entra alcun corpo od organo animale, e si adoprano soli metalli, le facea già il Volta verso l'estate del 1796 e mostrolle a me, ed a molti intelligenti, fra' quali ai valenti Fisici Francesi Berthollet e Monge nel susseguente autunno, dopo che ne avea fatto parte ad altri suoi corrispondenti, segnatamente a Gren nelle già mentovate lettere scrittegli in Agosto, le quali poi comparvero pubblicate al principio del 1797, nel *Giornale di Fisica* di esso Gren, come si è già detto, e non molto dopo negli *Annali di Chimica* di Brugnatelli, che si stampano in Pavia.

Son persuaso, che Galvani ignorava tali sperienze affatto decisive, quando pubblicò la sua ultima Opera poco dopo la metà dello stesso anno 1797: nè io voglio fargli carico di questo. Ma ignorava egli ancora ciò che il Volta avea esposto, e lungamente ragionato nella sua 3.^a Lettera all'abate Vassalli, pubblicata nell'istesso Giornale Pavese al principio del 1796. Pare veramente, che lo ignorasse, mentre s'attacca a combattere una spiegazione, che esso Volta avea data nella Lettera 2.^a, pubblicata due anni prima nell'istessa opera periodica, delle convulsioni che si eccitano in una rana preparata, i di cui nervi ischiatici pendenti si adducano al contatto delle nude carni delle coscie, e di altre simili sperienze, in cui non s'adoprano metalli, eppur si ottengono le convulsioni, ricorrendo cioè in tali casi ad uno stimolo prodotto da urto meccanico, ec.: s'attacca, dico, Galvani di proposito a combattere tale spiegazione azzardata allora dal Volta, e in vero poco plausibile, la quale, dalla maniera con cui venne avanzata può anche dirsi che fosse semplicemente un sospetto; e nulla accenna, che il medesimo l'avesse poi abbandonata, e sostituitavi altra spiegazione più soddisfacente e analoga ai fenomeni di questo genere, qual è che anche pel combaciamento tra loro di conduttori non metallici, di conduttori umidi, o di 2.^a classe, ove sian questi dissimili, vien incitato, e messo in moto il fluido elettrico; che anch'essi in una parola i conduttori umidi, sono, come i metalli, *eccitatori* o *motori*, sebbene in grado molto minore, e affatto debole, ec. Questa cosa, che forma il principale soggetto di detta Lettera 3.^a al Vassalli, viene ancora più sviluppata dal Volta nelle altre succitate lettere a Gren, ove pone sott'occhio tralle figure ossia tipi, di cui si è già parlato, anche quello rappresentante la combinazione di tre conduttori umidi dissimili, ec.

Non accade dunque più, torno a dire, obbiettagli le sperienze, in cui si ottengono nella rana compitamente preparata le convulsioni, sia con un solo ed unico metallo interposto a parti animali, o ad altri conduttori umidi dissimili, sia anche senza metallo alcuno, facendo cioè arco di comunicazione e compiendo il circolo con soli conduttori umidi o di 2.^a classe fra loro diversi, con sole sostanze animali. Non accade moltiplicare e variare somiglianti sperienze, e menarne rumore, predicandole, siccome esenti da ogni sospetto di elettricità artificiale ed estrinseca, così favorevoli e decisive per l'elettricità animale propria ed interna. Siffatte obbiezioni sono già prevenute, e abbastanza distrutte da Volta; e le sue spiegazioni fondate sempre sopra il medesimo generale principio, della facoltà cioè che hanno i *conduttori dissimili* non solo di 1.^a ma anche di 2.^a classe, d'incitare e mettere in

corso il fluido elettrico, soddisfano a tutti gl'indicati casi, e combinazioni .

Potrebbe rimanere solamente qualche difficoltà per quelle tralle sperienze obbiettate da Galvani, e suoi pochi seguaci, in cui non compare che vi sia alcuna differenza ne' conduttori umidi, o nelle parti animali stesse, che si riducono a mutuo contatto, affrontandosi e. g. muscolo con muscolo, nervo con nervo, ec.: e ciò nondimeno han luogo le convulsioni. Ma svanisce anche questa difficoltà (e restano così tolte tutte), se si riflette, che non si ricerca, come ha provato in cento maniere il Volta, che una picciolissima differenza, in qualche punto della superficie, una differenza anche impercettibile ne' conduttori portati al mutuo contatto, per incitare e muovere il fluido elettrico, tanto da scuotere una rana preparata di tutto punto, ed eccitabile al sommo. Così è: siccome basta, qualora adoprinsi o due pezzi dell' istesso metallo, dell'istesso argento, dell'istesso stagno, dell'istesso zinco, od anche un sol pezzo, interponendolo a conduttori umidi quali essi sieno, basta sovente che una delle estremità abbia diversa tempera, diversa lucentezza, oppur che sia leggermente sporca, o velata da qualche cosa di eterogeneo (basta e. g. averla fregata alquanto contro un tavolo di legno, o di pietra, contro una pelle, contro l'abito che si ha indosso, contro un metallo diverso, ec.) e che l'altra estremità non lo sia, o non egualmente; con che quel tal metallo, allorchè viene a compiere il circolo, trovasi effettivamente frapposto a due conduttori umidi o di 2.^a classe dissimili; così pure trattandosi di conduttori tutti di questa 2.^a classe, ossia umidi, basta talvolta, nelle circostanze cioè di una somma eccitabilità della rana preparata nel miglior modo, basta una leggier differenza fra tai conduttori, una differenza poco o nulla rimarcabile. Non così se la rana non è compitamente, e di fresco preparata, e in sommo grado eccitabile: in tal caso vi vuole un'eterogeneità più marcata ne' conduttori umidi, che prendono di mezzo il conduttore metallico omogeneo; e nel caso, che non entri alcun metallo, richiedesi assolutamente che la rana sia preparata di tutto punto, e inoltre bisogna far toccare ai muscoli del dorso, o meglio ai nudi nervi ischiatici, non già qualunque parte della gamba, non le carnose, e molli, ma bene, come avverte il Volta (nelle cit. lettere a Vassalli e a Gren), quella parte bianca e tendinosa, in cui termina il muscolo gastrocnemio. Che se la rana preparata è ancor meno eccitabile, però in grado tuttavia più che mediocre, non basta neppure far toccare ai nervi ischiatici, o ai muscoli dorsali cotal parte tendinosa della gamba; ma vi vuole al dippiù, che qualche umore viscido, o salino s'interponga ove tali parti si adducono al contatto, che l'una o l'altra cioè, od ambedue sieno imbrattate di sangue, o s'intridano a bella posta di scialiva, d'orina, d'acqua salata, di sapone stemperato, o meglio d'un forte liquor alcalino.

Ecco pertanto quanto può l'eterogeneità anche dei soli conduttori umidi, o di 2.^a classe; e come gli effetti corrispondono giustamente ai gradi di tale eterogeneità, voglio dire son maggiori dove questa appar maggiore, ec.. Or dunque anche quando col venir a combaciarsi o muscolo con muscolo, o nervo con nervo, non vi si scorge notevole eterogeneità al luogo di tal combaciamento, se avvenga pure (il che a dir vero avviene di raro), che la rana preparata nel miglior modo si scuota, in tal caso oltre al riconoscere in quegli organi una somma, e più che ordinaria eccitabilità, dobbiamo altresì presumere, che vi abbia pure qualche eterogeneità, qualche differenza, se non sostanziale, accidentale almeno, tralle parti addotte al contatto, o tralle altre che compongono il circolo, qualche differenza che basti ad incitare e muovere alcun poco il fluido elettrico, a determinare una

picciola corrente, e produrre con ciò l'osservato effetto delle contrazioni muscolari: contrazioni, che sì di leggieri si eccitano in cotali rane sensibilissime e preparate in tal guisa, col più picciolo stimolo, segnatamente collo stimolo elettrico; come mostrano altre sperienze colle boccie di Leyden, e coi conduttori elettrizzati al modo ordinario, bastando all'uopo le più deboli cariche, insensibili cioè al più delicato elettrometro: dobbiam, dico, presumerla in un luogo o nell'altro del circolo, in questo o quel contatto, una qualche differenza od eterogeneità, ancorchè non compaja manifesta. E chi potrà sostenere, che nulla affatto v'intervenga di eterogeneo? Che vi si trovi in tutti i luoghi di accozzamento o giuntura dei pezzi componenti il circolo una perfetta omogeneità delle superficie combaciantisi? Che non differiscano il minimo che gl'integumenti di uno da quelli dell'altro nervo, o muscolo, ne' punti che si affacciano, e vengono al contatto? Che non siano intrisi, e neppure leggermente spalmati da umore alquanto diverso, ec.? Certamente è meno supponibile una perfetta omogeneità, quale ci vorrebbe per dar forza all'argomento dei Galvaniani, che una qualche eterogeneità più o meno marcata, od anche inosservabile, che pure basta, come si è veduto, per la causa del Volta.

Vi ho già fatto osservare (ed è cosa che merita una particolar attenzione), che se i conduttori umidi, ossia di 2.^a classe, sono anch'essi *motori*, solchè s'incontrino di specie o qualità diversi nelle superficie o punti con cui vengono a toccarsi l'un l'altro, come con mille prove ha dimostrato il tante volte nominato Professore di Pavia; non lo sono però a giudizio del medesimo, e a tenore di evidenti sperienze, al segno che lo sono i conduttori metallici, ossia di 1.^a classe, ma di gran lunga meno. Ne è una prova il vedere, che senza metalli, con soli cioè conduttori umidi, o di 2.^a classe, anche scegliendo i più attivi di questa classe, fra i quali è l'acqua fortemente salata, il sapone stemperato, la lisciva, e soprattutto l'olio di tartaro, ossia potassa liquida, scegliendo, dico, qualsisia di questi e contrapponendolo all'acqua semplice, od a' corpi imbevuti d'umore poco o nulla dissimile dall'acqua, non si arriva mai a scuotere una rana, se questa non è trucidata e tagliata di fresco, e preparata compitamente, in guisa cioè che il nervo sporga dal muscolo, e mostrisi spogliato e nudo tutt'intorno. Assicura il Volta, e potrete voi pure accertarvi, che senza tal preparazione, nè in una gamba, o membro qualunque, nè in una rana scorticata e sventrata soltanto, molto meno in una intiera, riesce di poter eccitare le convulsioni col mezzo di compiere il circolo deferente, se in tal circolo non entrino o due conduttori di 1.^a classe abbastanza diversi fra loro (come argento, rame, od ottone, contro piombo, o stagno; ferro, stagno contro zinco; è meglio poi quest'ultimo contro alcuno di que' primi), oppur anche un sol conduttore di 1.^a classe, un sol metallo, frapposto però a due di 2.^a, diversi questi un dall'altro, e diversi al maggior segno (come stagno interposto a dell'acqua, od altro corpo imbevuto di umor acqueo da una parte, e un forte liquor alcalino dall'altra; ferro tra acqua ed ossinitroso; argento tra acqua, e solfuro in liquore). Che se non entra alcun metallo, se i conduttori sono tutti di 2.^a classe, non si ottiene mai nulla per quanto diversi sieno un dall'altro, se non coll'ultima perfetta preparazione, liberato cioè il nervo nel modo già detto e soltanto ove le parti preparate così di tutto punto godano di un'insigne eccitabilità.

Del resto quanto e come influisca una tal preparazione, lo ha molto bene dimostrato il Volta medesimo. Ci fa egli vedere, che ove con metalli meno diversi dei sopramentovati, (ossia meno distanti nella colonna o scala da lui costrutta dietro un gran numero di sperienze, ed esposta singolarmente nelle lettere al Vassalli, già più volte citate, con oro p.

e. contro argento, con argento contro rame od ottone, con ottone contro ferro, con piombo contro stagno, non riesce di scuotere nè la rana intiera, nè una di lei gamba recisa, nè un semplice muscolo; riesce poi a meraviglia in tutti questi, quando sia messo a nudo, e reso libero e sporgente il rispettivo nervo, e questo si adatti convenientemente nel circolo. Così pure non riesce, ove manchi tal preparazione, con conduttori umidi meno diversi dei sopra indicati, fra i quali venga interposto un metallo solo, qualunque ei sia, interponendo e. g. o zinco, o stagno, o ferro, od ottone, od argento, tra acqua ed un succo vegetabile, acqua e scialiva, sangue, orina, muco, chiara d'uovo, colla liquida. Ma se con tali conduttori umidi non abbastanza dissimili, a' quali frappongasi un metallo solo non riesce, come ora si è detto, di scuotere i muscoli e membri della rana, che non sieno nell'indicato modo preparati, riesce benissimo quando lo sieno a dovere: e ciò per la ragione, che così preparati, in guisa cioè che tutta la corrente elettrica, qualunque sia, debba restringersi, e tragittare pel nervo, si risente questo molto più facilmente; com'è facile a comprendersi, e come si manifesta anche alla prova delle scariche elettriche ordinarie; bastando e. g. in tali circostanze di compita preparazione delle parti, ad eccitare la forza nervea, e quindi le contrazioni muscolari, bastando, dico, giusta le sperienze di Volta, la debolissima carica di una boccetta di Leyden picciolissima, carica non sensibile ai comuni elettrometri, neppure al sì delicato elettroscopio di Bennet, una carica che non arriva per avventura a $\frac{1}{10}$ di quella, che potrebbe far divergere di 1. linea le fogliette d'oro di esso elettroscopio; laddove senza tal preparazione, che metta allo scoperto, e libero tutt'intorno il nervo, la carica della boccetta per produrre l'istesso effetto delle convulsioni, vuol essere più di 10, o anche più di 16 volte maggiore, ec..

Come però anche non preparata la rana, ma trucidata soltanto, si scuote violentemente, disposto e compito il circolo conduttore, nel quale trovinsi o due conduttori di 1.^a classe, due metalli, abbastanza diversi a mutuo contatto, od anche un solo di questi, interposto però a due conduttori di 2.^a classe assai diversi fra loro, conforme si è detto poco sopra e conforme prescrive il nostro Volta; non dee più far meraviglia, che sventrato l'animaletto, e messi in parte allo scoperto i nervi ischiatici, sicchè debba passare per questi più raccolta la corrente elettrica, basti a produrre le stesse convulsioni una minore differenza tra quelli o questi conduttori, o a meglio dire *motori* di elettricità; che a misura che vien portata più avanti la preparazione, basti una sempre minore differenza finchè compita tal preparazione, snudati cioè tutt'intorno i detti nervi, una differenza picciolissima, anche de' soli conduttori di 2.^a classe, e talvolta impercettibile, basti ancora, segnatamente ove s'incontri negli organi così preparati una somma eccitabilità.