

IL PROGRAMMA ELETTRICO DI VOLTA: ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA STORIOGRAFIA VIGENTE

Il bicentenario dell'invenzione della pila (1799) da parte di Alessandro Volta (1745-1827) è ormai alle porte, ma la storiografia voltiana non mostra segni di particolare vivacità e continua a dibattersi in una serie di antiche difficoltà. La prima cosa che salta subito agli occhi è che permane la tendenza a procedere per settori separati, concentrando l'attenzione soprattutto sull'imponente produzione elettrica di Volta, a scapito dei suoi non meno importanti contributi nei campi dell'eudiometria, della pneumatica, della chimica pneumatica e del calore. Se proprio la ricchezza e la complessità della produzione voltiana rendono da un lato quasi inevitabile una settorializzazione delle ricerche, va anche osservato dall'altro che appare sempre più urgente tentare di individuare le linee di unità e continuità dell'intero programma scientifico di Volta, anche alla luce del recente sviluppo di approcci storiografici che utilizzano *la filosofia naturale* come categoria forte, capace di illuminare in modo significativo le dinamiche di fondo dello sviluppo scientifico europeo dal Medioevo fino alle soglie dell'Ottocento. Rimandando per maggiori dettagli alla bibliografia indicata in nota^[2], è sufficiente sottolineare per i nostri scopi che gli approcci storiografici appena menzionati restituiscono le indagini sulla natura alla loro originaria dimensione di filosofia naturale, vale a dire di indagini sulla natura inquadrata nell'ambito di una comune matrice di problematiche teologiche, filosofiche ed epistemologiche che ne hanno determinato il passo con modalità molto ricche e complesse. In particolare, si ammette che il peso di una simile matrice sia stato più rilevante fino a tutta la prima metà del Settecento, ma che vi siano anche state propaggini importanti ramificatesi attraverso la seconda metà del secolo fino a lambire l'inizio di quello successivo, nonostante la frammentazione delle indagini naturali in una serie crescente di discipline laiche e specialistiche a cui si assiste proprio tra la seconda metà del Settecento e l'inizio dell'Ottocento. Dato che l'attività di Volta si colloca pienamente in questo periodo di tumultuosa evoluzione e riassetto gerarchico delle discipline, è evidente che non possiamo esimerci dal rispondere a una serie di ovvie e pressanti domande: È possibile ricondurre i numerosi e straordinari contributi che Volta riuscì a dare in settori specialistici diversi -- tra cui vale la pena ricordare qui l'invenzione dell'elettroforo (1775), la scoperta del metano (1776), l'invenzione del condensatore elettrico (1780), la linearizzazione e standardizzazione delle misure di tensione elettrica (1787), la determinazione accurata del coefficiente di dilatazione termica dell'aria nove anni prima di Gay-Lussac (1793), la scoperta dell'elettricità per contatto (1792) e l'invenzione della pila (1799) -- a un programma unitario di filosofia naturale, o si trattò al contrario di un vagare tra argomenti disparati, coronato sì da molti successi sperimentali, ma non sorretto da forti direttive teoriche? Dobbiamo considerare Volta un filosofo naturale a tutto campo, oppure un empirista spregiudicato e fortunato, o peggio ancora, come qualcuno mormorò già ai suoi tempi, un semplice realizzatore di giochi fisici divertenti? È poi possibile definire filosofo naturale un uomo che come Volta era totalmente all'oscuro dei metodi matematici avanzati? Non dovrebbero infatti essere proprio questi ultimi la chiave senza la quale non è possibile penetrare i segreti più riposti della natura?

In questo scritto ci proponiamo di dare un contributo preliminare che, allo stato attuale, ci sembra indispensabile per poter iniziare ad affrontare gli interrogativi che ci siamo posti. Più precisamente, ci limiteremo al programma elettrico di Volta nella fase che precede le vicende dell'elettricità animale e della pila e procederemo con un'analisi approfondita del famoso libro pubblicato da John Heilbron^[3] nel 1979, *Electricity in the 17th and 18th Centuries*. Una simile analisi ci sembra oltremodo necessaria, essendo ormai questo testo un fondamentale punto di riferimento da cui prendono origine molte delle tesi accreditate nell'ambito degli studi voltiani e più in generale sull'elettricità settecentesca. A differenza di quanto avviene per l'elettricità animale e la pila, il campo degli studi che riguardano la precedente fase del programma elettrico di Volta giace in uno stato di

inerte e sospetta *pace storiografica*, se ci è consentito esprimerci in questi termini. Analizzando le tesi di fondo della storiografia di Heilbron, faremo vedere che essa è affetta da una serie di notevoli difficoltà che ne limitano fortemente l'efficacia sia in relazione all'interpretazione complessiva della scienza elettrica del Settecento, sia per quanto riguarda più specificamente la comprensione del programma elettrico di Volta e soprattutto dei suoi contenuti teorici.

Come è noto, nel suo libro Heilbron traccia un quadro generale dello sviluppo dell'elettricità nel Seicento e nel Settecento, con un'analisi ad ampio raggio che ne considera gli aspetti istituzionali, professionali, sperimentali e concettuali. Per quanto riguarda i problemi che ci interessa discutere, va subito osservato che Heilbron attribuisce a Volta un ruolo di primissimo piano, non solo come singolo studioso e inventore, ma anche in relazione all'impatto da lui avuto sul più vasto ambito della scienza elettrica settecentesca. Heilbron ha infatti messo in evidenza come nei decenni settimo e ottavo del Settecento Volta sia addirittura stato in grado di risollevare il languente dibattito elettrico e di far risalire il numero dei cultori professionali della materia[4]. Questo punto viene ampiamente sviluppato nei capitoli finali del libro, ove con suoi strumenti elettrici e soprattutto con l'elettroforo -- il famoso dispositivo (fig. 1)[5], costituito da un sottile disco di resina *B* con la faccia inferiore rivestita da una lamina conduttrice fissa e quella superiore ricopribile mediante uno scudo conduttore mobile *CC*, che può continuare a fornire per tempi estremamente lunghi una scintilla elettrica in corrispondenza a ciascuna delle volte che viene separato dal disco di resina mediante il manico isolante *E* -- Volta scandisce il passo delle importanti trasformazioni che proprio allora si andavano compiendo nel modo di concepire i fenomeni elettrici.

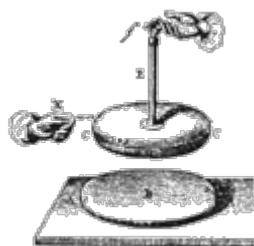


figura 1

In sintesi, la tesi di Heilbron è che l'elettroforo avrebbe avuto un'importanza straordinaria in quanto capace di dare il colpo di grazia all'intero gruppo di teorie elettriche che ammettevano la possibilità di ricondurre le interazioni elettrostatiche ad azioni tra *atmosferae elettriche materiali*[6], vale a dire tra vere e proprie distribuzioni di materia elettrica diffuse nello spazio intorno ai corpi elettrizzati. In termini equivalenti, il merito dell'elettroforo sarebbe quindi stato quello di aver reso insostenibile la vecchia idea che per agire elettricamente su un corpo la materia elettrica debba raggiungerlo fisicamente. Al contrario, l'elettroforo avrebbe finalmente convinto gli studiosi a smaterializzare del tutto le atmosfere elettriche e a concepire le interazioni elettrostatiche come il risultato di semplici azioni a distanza tra quantità di fluido elettrico completamente localizzate sui corpi interagenti. Il titolo "The Atmospheres Destroyed"[7], scelto da Heilbron per il capitolo in cui espone queste vedute, esprime in modo estremamente significativo il ruolo cruciale che a suo parere l'elettroforo avrebbe avuto nel determinare un simile drastico mutamento di rotta per l'intera scienza elettrica della seconda metà del Settecento. In definitiva, come anticipato qualche anno prima dallo stesso Heilbron, "[the] electrophore killed off not only vindicating electricity but also the last vestiges of the old doctrine of literal atmospheres"[8].

Se è immediatamente chiaro che per Heilbron l'elettroforo come strumento fu l'arma decisiva che segnò la fine delle vecchie atmosfere elettriche materiali, meno facile risulta invece farsi un'idea circostanziata del percorso seguito da Volta nell'invenzione dello strumento, soprattutto per quanto riguarda il ruolo giocato dalla teoria. Giustamente, Heilbron fa rilevare[9] da un lato che Volta

continuò a presentare l'elettroforo come naturale conseguenza delle vedute teoriche che aveva già esposto nel 1769 nel *De vi attractiva ignis electrici ac phaenomenis inde pendentibus*[\[10\]](#), la sua prima memoria scientifica, come reazione a quelle di Giambattista Beccaria (1716-1781) e soprattutto alla sua *elettricità vindice* -- concetto che l'illustre elettricista aveva introdotto[\[11\]](#) per spiegare gli stati di elettrizzazione superficiale che si osservano alla disgiunzione di strati di lamine isolanti e conduttrici sovrapposte con le facce a contatto e in tale stato elettrizzate secondo varie procedure.

Heilbron tenta concretamente di aprire alcuni squarci sulle complesse elaborazioni teoriche messe in campo da Volta. L'immagine che si ricava è quella di un investigatore impegnato nella costruzione di una teoria elettrica unitaria, capace di spiegare il maggior numero possibile di fenomeni elettrici sulla base di un'interazione fondamentale puramente attrattiva e a corto raggio d'azione tra i componenti microscopici della materia e del fluido elettrico. Sostanzialmente quindi il giovane Volta impegnato già in un ambizioso programma riduzionistico, fondato sull'esistenza di un'unica interazione elettrica fondamentale e articolato a partire da elaborate modellizzazioni microscopiche della struttura intima dei corpi. Nonostante le "fruitful tendencies"[\[12\]](#) che Heilbron è disposto a concedere a queste elaborazioni teoriche, il seguito della sua analisi non sostiene Volta nelle sue pur notate rivendicazioni di stretta continuità tra il *De vi attractiva* e la successiva invenzione dell'elettroforo. In particolare, sarebbe stato necessario superare quelle che a parere di Heilbron furono le due maggiori debolezze di quella memoria, vale a dire una non completa liberazione dalle atmosfere elettriche materiali e una sostanziale incapacità di stabilire connessioni definite tra la fenomenologia macroscopica e i meccanismi postulati a livello microscopico. Le espressioni utilizzate da Heilbron a questo proposito, rispettivamente "residue of the atmospheres"[\[13\]](#) e "hopelessness of the program"[\[14\]](#), riassumono in modo estremamente significativo il suo punto di vista su quanto rimaneva ancora da fare per giungere all'elettroforo. L'analisi di come la situazione si sarebbe evoluta è alquanto sintetica e lascia parecchi interrogativi, ma suggerisce che Volta sarebbe nonostante tutto stato in grado di progredire sia dal punto di vista teorico che da quello sperimentale.

Per quanto riguarda la teoria, vi sarebbe stato un "substantial progress"[\[15\]](#), determinato soprattutto dall'introduzione di una nuova forza repulsiva accanto all'interazione attrattiva a corto raggio del *De vi attractiva*, una conclusione che Heilbron deriva[\[16\]](#) sulla base di alcuni brevi passi del *Novus ac simplicissimus electricorum tentaminum apparatus*[\[17\]](#), la seconda memoria elettrica data alle stampe da Volta nel 1771. Più precisamente, in questa memoria Volta avrebbe sì mantenuto la vecchia interazione attrattiva a corto raggio d'azione tra la materia e il fluido elettrico[\[18\]](#), ma avrebbe fatto seguire a questa una *forza repulsiva* agente tra le medesime sostanze sia a piccole che a grandi distanze, ottenendo due importanti risultati in corrispondenza ai due differenti tipi di repulsione così introdotti. In primo luogo, la repulsione a corto raggio d'azione, ora ammessa tra la materia e il fluido elettrico nella regione di distanze immediatamente oltre la vecchia zona attrattiva, gli avrebbe consentito di spiegare in modo molto semplice il potere isolante dei non conduttrici[\[19\]](#). Utilizzando poi la nuova repulsione a lungo raggio tra la materia e il fluido elettrico, sarebbe poi stato in grado di correggere la precedente "faulty explanation"[\[20\]](#) puramente attrattiva della bottiglia di Leida, il noto dispositivo scoperto accidentalmente nel 1745 e subito divenuto famosissimo per la sorprendente capacità che possiede di somministrare una violenta scarica elettrica dopo un opportuno processo di carica iniziale. La comparsa sulla scena di questo nuovo strumento rende necessario premettere qualche informazione essenziale sulla sua costituzione e funzionamento e sulla sua rilevanza per il caso dell'elettroforo che è qui in discussione.

Per i nostri scopi, schematizzeremo la bottiglia di Leida (fig. 2)[\[21\]](#) come una sottile lamina di vetro *ABab* con entrambe le facce rivestite da sottili armature conduttrici *CD*, *cd*.

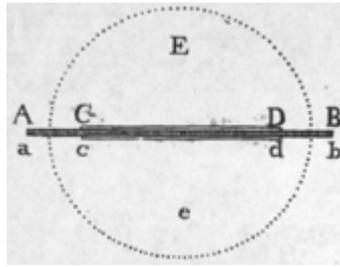


figura 2

Tipicamente, il processo di carica iniziale della bottiglia di Leida richiede due operazioni distinte e contemporanee, cioè un collegamento dell'armatura superiore CD al terminale di una macchina elettrica in funzione, accompagnato da una messa a terra dell'armatura inferiore cd , per esempio attraverso il corpo di uno sperimentatore non isolato che tocca quest'ultima armatura con una mano. Per sentire la scarica della bottiglia di Leida uno sperimentatore, non importa se isolato o meno, deve mettere in comunicazione con il proprio corpo entrambe le armature di un dispositivo preventivamente caricato. Se l'armatura superiore viene elettrizzata alla macchina elettrica mantenendo però isolata l'armatura inferiore, lo strumento non si carica e uno sperimentatore che tocca contemporaneamente le due armature non subisce la scarica che sentiva prima. Quando la bottiglia di Leida viene elettrizzata mantenendo isolata l'armatura inferiore, si osserva facilmente che su quest'ultima armatura compare un'elettrizzazione dello stesso tipo di quella che la macchina elettrica comunica all'armatura superiore. Il motivo della grandissima sorpresa destata dalla bottiglia di Leida sta nel fatto che le teorie effluvialistiche vigenti all'epoca portavano a prevedere un comportamento diametralmente opposto rispetto a quello osservato, vale a dire ci si aspettava una scarica sensibile quando l'armatura inferiore rimaneva isolata e un'assenza di scarica quando veniva invece messa a terra. È facile capire il perché di una simile previsione tenendo presente che nella visione effluvialistica dell'elettricità l'isolamento elettrico è una condizione necessaria per permettere agli effluvi elettrici di rimanere localizzati su un corpo, mentre con la messa a terra non si fa altro che aprire una via di fuga attraverso la quale gli effluvi elettrici possono facilmente abbandonare il corpo sul quale si tenta di collocarli. La rilevanza della bottiglia di Leida in relazione al caso dell'elettroforo è subito evidente se si osserva che entrambi gli strumenti hanno una costituzione simile in quanto interviene la medesima successione conduttore-isolante-conduttore.

Tornando all'analisi di Heilbron, si ricava che, a differenza della precedente spiegazione puramente attrattiva, la nuova forza repulsiva a lungo raggio avrebbe permesso a Volta di dare una spiegazione consistente delle correlazioni che si osservano tra gli stati di elettrizzazione delle armature della bottiglia di Leida nel caso in cui una di queste viene elettrizzata alla macchina e l'altra rimane isolata, o almeno così sembra essere dato che non viene fatto alcun riferimento a processi di dispersione del fluido elettrico presente sull'armatura che non viene elettrizzata alla macchina. Come abbiamo già anticipato, in questa situazione sull'armatura che rimane isolata compare un'elettrizzazione omologa a quella che la macchina comunica all'altra armatura. Se, per esempio (fig. 2), l'armatura superiore CD riceve un surplus di fluido elettrico, un secondo surplus di fluido elettrico compare sull'armatura inferiore cd . Purtroppo però, l'analisi di Heilbron non consente di farsi un'idea distinta del modo in cui la nuova spiegazione repulsiva darebbe luogo a un simile effetto. Pare tuttavia di capire che vi sarebbero almeno due fasi distinte. Nella prima di queste, parte del fluido elettrico presente sulla superficie inferiore ab del vetro diverrebbe in qualche modo libero per effetto della repulsione a lungo raggio esercitata dal surplus di fluido elettrico comunicato all'armatura superiore CD . Sfortunatamente, il significato del verbo latino *intendere*^[22] che Volta utilizza per descrivere questo processo non viene spiegato e non è quindi possibile formarsene una rappresentazione chiara. Nella seconda fase, vi sarebbe invece un effettivo trasferimento del fluido elettrico liberatosi sulla superficie inferiore ab del vetro verso l'armatura inferiore cd , dando così origine al surplus di fluido elettrico che si osserva su quest'ultima. La causa di questo trasferimento non viene individuata da

Heilbron nella forza repulsiva a lungo raggio, ma piuttosto in una tendenza della superficie inferiore *ab* del vetro a spingere il fluido elettrico ivi liberatosi verso l'armatura inferiore *cd*, ovvero sia in uno "sforzo che fa il vetro per vomitar il fuoco [elettrico] in seno del conduttore"[23], citazione che a questo punto ci porta ad abbandonare il *Novus ac simplicissimus*, trattandosi di un passo che Volta riporta in una lettera del 1776, sostenendo di averlo tratto da una lettera inviata a Joseph Priestley (1733-1804) nel maggio del 1772[24]. La strategia di Heilbron crea due nuove incertezze che vanno ad aggiungersi a quelle segnalate poco fa a proposito dei meccanismi d'azione della forza repulsiva a lungo raggio introdotta da Volta nel *Novus ac simplicissimus*. In primo luogo, malgrado le positive valutazioni espresse su questa forza, pare che la medesima non sia stata sufficiente per una spiegazione completa delle correlazioni elettriche tra gli stati di elettrizzazione delle armature della bottiglia di Leida. In secondo luogo, si rimane in dubbio se le vedute che Volta riporta nel 1776 sul meccanismo di trasferimento del fluido elettrico tra vetro e armatura conduttrice furono realmente elaborate nel 1772, oppure se si trattò di una ricostruzione effettuata a posteriori quando egli era già impegnato a difendersi dagli attacchi di quelli che come Joseph Klinkosch (1723-1778), il destinatario della lettera del 1776, ne mettevano in discussione la priorità come inventore dell'elettroforo.

Dopo quelli teorici, Heilbron passa a discutere i fattori sperimentali che avrebbero posto Volta sulla strada dell'elettroforo. A questo proposito, viene sottolineato in particolare il possibile ruolo positivo svolto dalle ricerche che Volta aveva precedentemente condotto sulle sostanze isolanti e soprattutto sulla molto maggiore durata degli stati di elettrizzazione superficiale nelle resine rispetto al vetro[25]. In aggiunta a questa componente interna, Heilbron indica quali possibili fonti di ispirazione esterna anche alcune manipolazioni sperimentali simili a quelle dell'elettroforo che Beccaria e Gianfrancesco Cigna (1734-1790) avevano precedentemente effettuato in relazione all'elettricità vindice[26]. Da queste manipolazioni risultava in particolare che un'armatura conduttrice ripetutamente separata e riportata a contatto con una lamina isolante elettrizzata (fig. 3)[27] può continuare a fornire numerose scintille elettriche, una per ciascuna delle separazioni effettuate, anche se con un progressivo indebolimento delle scintille e dello stato di elettrizzazione della lamina isolante.

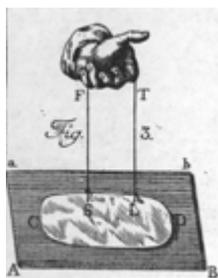


figura 3

In questa sede non affronteremo il problema della correttezza delle conclusioni raggiunte da Heilbron sui contenuti teorici del programma elettrico di Volta nella fase che precede l'invenzione dell'elettroforo. Senza ulteriori approfondimenti, le prenderemo semplicemente per buone limitandoci a richiamare l'attenzione sul fatto che, nonostante il generico omaggio loro concesso, Heilbron non fa in pratica giocare alcun ruolo di rilievo alle vedute teoriche espresse da Volta in questa fase del suo programma elettrico. Gli aneliti speculativi del *De vi attractiva* e del *Novus ac simplicissimus* lasciano sostanzialmente la scena fino a sembrare quasi del tutto irrilevanti ai fini di quanto intervenuto nel seguito, compresa l'invenzione dell'elettroforo. Heilbron fa giustamente osservare per esempio che nel descrivere le procedure per dare la carica iniziale all'elettroforo Volta raccomanda di elettrizzarlo "like a Leyden jar"[28], ma non ci viene d'altra parte detto se vi fu o meno un'intersezione teorica tra i due strumenti, per esempio mediante un trasferimento all'elettroforo della pur discussa spiegazione repulsiva che Volta avrebbe dato della bottiglia di Leida

nel *Novus ac simplicissimus*. Al contrario, è proprio con le argomentazioni che Heilbron sviluppa in relazione all'elettroforo e alle dispute sorte per stabilirne la priorità di invenzione che, per così dire, la porta viene definitivamente chiusa sulle potenzialità teoriche del programma elettrico di Volta, ciò che nel caso dell'elettroforo sembra per contrasto lasciar aperta solo la via dell'invenzione puramente sperimentale.

Nel seguito procederemo con un'analisi circostanziale sia del percorso che porta Heilbron a vedere la prima fase del programma elettrico di Volta in una simile prospettiva, sia dell'inquadramento che a partire dalla medesima viene offerto per le ricerche che Volta sviluppò nella fase successiva all'elettroforo. Come vedremo, questo lavoro ci porterà da un lato a formarci un quadro più chiaro delle tesi storiografiche generali che stanno alla base del libro di Heilbron e di renderci conto dall'altro che proprio nel tipo di storiografia adottata risiedono le cause di quella mancata chiarificazione del programma elettrico di Volta di cui abbiamo già visto comparire sintomi evidenti, soprattutto per quanto riguarda i contenuti e il ruolo svolto dalla teoria.

Il primo dei personaggi che Heilbron considera[29] in relazione alle dispute sollevate dall'elettroforo è Johan Carl Wilcke (1732-1796), autore nel 1762 di interessanti esperimenti sulla bottiglia di Leida ad armature separabili (fig. 4)[30], un dispositivo che presenta evidenti analogie strutturali con l'elettroforo e che fu utilizzato da Wilcke in manipolazioni molto simili a quelle poi descritte da Volta.

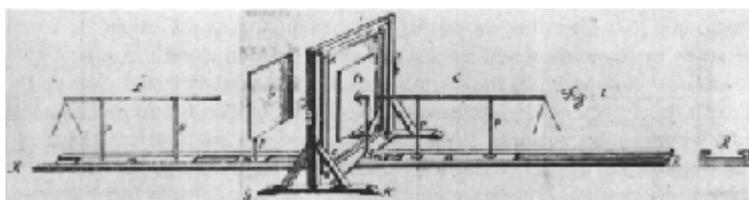


figura 4

Essendo queste ricerche sulla bottiglia di Leida scomponibile comparse nei poco accessibili atti dell'Accademia delle Scienze di Svezia e tradotte in tedesco solo nel 1782, l'indipendenza dell'invenzione di Volta non viene messa in dubbio, ma appare subito chiaro che il confronto teorico tra Volta e Wilcke viene risolto a tutto vantaggio del secondo. Da un lato infatti Wilcke viene accreditato di un'analisi teorica coerente del funzionamento dell'elettroforo, mentre dall'altro non viene dissipato il dubbio, iniziato a circolare a strumento appena inventato e più volte riemerso nel corso del tempo, secondo il quale l'invenzione stessa non fu supportata da un solido retroterra teorico. Affermando che Volta "gave no theory of eternal vindicating electricity"[31] -- non è ben chiaro se esprimendo una valutazione personale o dando voce al punto di vista di Wilcke -- Heilbron arriva in buona sostanza a una drammatica negazione dell'esistenza di quelle vedute teoriche sull'elettricità vindice sulle quali Volta si era affaticato sin dai tempi del *De vi attractiva* e che -- come scriveva nella lettera con cui trasmetteva tale memoria latina all'amico Marsilio Landriani (1751-1816) meno di un mese dopo l'annuncio dell'elettroforo -- proclamava essere "maravigliosamente" confermate proprio dalle "novelle esperienze e ritrovati"[32] elettroforici.

A differenza di Volta, Wilcke sarebbe invece stato in grado di analizzare i propri esperimenti "to the last dissection"[33], giungendo in pratica a una vera e propria anticipazione teorica dell'elettroforo, cosicché egli "rightly asserted priority in discovering its principle"[34], grazie soprattutto a una corretta distinzione tra "communication"[35] e "segregation"[36] della materia elettrica nella spiegazione del comportamento della bottiglia di Leida scomponibile. Heilbron non è molto prodigo di particolari, ma è tuttavia possibile farsi una certa idea dei processi di comunicazione e segregazione. Per quanto riguarda la comunicazione è subito chiaro che si tratta di un reale trasferimento di fluido elettrico che produce una variazione netta della quantità di fluido elettrico

normalmente presente su un corpo. Dal contesto del discorso si ricava che la segregazione consiste invece in una specie di spostamento senza variazione netta del fluido elettrico proprio di un corpo a causa dell'azione prodotta dall'atmosfera elettrica di un secondo corpo elettrizzato. In sostanza dunque Wilcke sarebbe stato in grado di operare una distinzione analoga a quella che si fa in elettrostatica classica tra la carica dei corpi, con variazioni nette delle quantità di fluido elettrico, e i processi di induzione elettrostatica, con soli spostamenti delle preesistenti quantità di fluido elettrico. L'utilizzo esplicito dei termini "charge"[\[37\]](#) e "induction"[\[38\]](#) in relazione ai due differenti meccanismi sembra indicare che è proprio in una simile visuale che Heilbron considera i concetti di comunicazione e segregazione. Come abbiamo accennato poco fa, l'analisi di Heilbron indica esplicitamente che la segregazione induttiva in un corpo attuato è dovuta all'atmosfera elettrica del corpo attuante, ma non vengono dati elementi sufficienti per capire come Wilcke si rappresenta l'azione esercitata delle atmosfere elettriche. Il fatto che la segregazione induttiva ha luogo senza variazioni nette delle quantità di fluido elettrico dei corpi interagenti implica in modo abbastanza ovvio che non si tratta più delle vecchie atmosfere elettriche materiali, ma non vengono offerti lumi sulle cause delle nuove atmosfere elettriche e sull'eventuale esistenza di una loro interpretazione in termini più fondamentali, per esempio mediante forze elettrostatiche o qualche altro tipo di meccanismo.

Malgrado le ombre che rimangono sul problema delle atmosfere elettriche, nel prosieguo dell'analisi di Heilbron le elaborazioni di Wilcke sulla bottiglia di Leida scomponibile vengono poste al centro della scena e rivestite di un'aura di predestinazione, quasi fino al punto di apparire come l'unica via percorribile per una concettualizzazione coerente dell'elettroforo. In attesa che "the German translation of Wilcke's theory of the electrophore"[\[39\]](#), espressione che presuppone ormai un'identificazione totale tra l'elettroforo di e la bottiglia di Leida scomponibile come discussa da Wilcke, rendesse pienamente accessibile questa via, vi sarebbe nel mentre stata almeno "an approximation to it"[\[40\]](#). Questa anticipazione sarebbe in particolare stata quella avanzata nel 1778 dal medico olandese Jan Ingenhousz (1730-1799), sempre in relazione al funzionamento della bottiglia di Leida scomponibile. Analogamente al caso di Wilcke, la trattazione che Heilbron ci offre è molto schematica, ma si capisce che la chiave di tutto sarebbe di nuovo stata una corretta distinzione tra i processi di carica dei corpi e i processi di segregazione induttiva, riconducibili rispettivamente a reali trasfusioni di fluido elettrico estraneo e a semplici spostamenti del fluido elettrico proprio dei corpi. Pur non liberandosi completamente da una concezione retrograda delle atmosfere elettriche, testimoniata dall'utilizzo di espressioni reminescenti della vecchia concezione materiale quali per esempio "the atmosphere of electrical fluid surrounding the excited body"[\[41\]](#), Ingenhousz sarebbe comunque stato in grado di ricondurre la segregazione induttiva a una forza repulsiva agente a distanza tra una carica elettrica completamente localizzata sul corpo che produce l'induzione e il fluido elettrico presente sul corpo che la subisce. Con le stesse parole di Heilbron, "the weight of explanation in his theory is carried by the charge `accumulated' or `crowded' upon the `extremities' of conductors, the `repulsive force' of which acts at a distance to segregate the natural supply of neutral bodies"[\[42\]](#). Come una precedente osservazione di Heilbron ci informa, l'adozione di questi schemi avrebbe sostanzialmente condotto Ingenhousz a spiegare l'elettroforo "in the manner of Aepinus"[\[43\]](#). Quest'ultimo riferimento è un indizio importante che rende possibile iniziare a mettere a fuoco le tesi storiografiche che stanno alla base delle ricostruzioni offerte da Heilbron. Prima di procedere, apriremo quindi una breve parentesi per fissare alcune idee sull'operato di Aepinus.

Come è noto, Franz Aepinus (1724-1802) fu autore nel 1759 di uno straordinario trattato, il *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*[\[44\]](#), in cui aveva offerto spiegazioni molto avanzate di numerosi fenomeni elettrici e magnetici sulla base di forze elettrostatiche attrattive e repulsive a lungo raggio d'azione. È anche noto che, rinunciando definitivamente alle atmosfere elettriche materiali, Aepinus aveva elaborato su questa via una significativa trattazione semi quantitativa di due classi molto importanti di effetti elettrici: le attrazioni e repulsioni che si manifestano tra corpi

eletttricamente carichi e i fenomeni di induzione elettrostatica subiti dal fluido elettrico naturalmente presente nei corpi. La comprensione del modo in cui Aepinus riuscì a ottenere questi importanti risultati viene facilitata dalla nostra familiarità con le trattazioni elementari dell'elettrostatica classica, dal momento che vi sono notevoli analogie tra gli schemi che si adottano in un simile contesto e quelli precedentemente immaginati da Aepinus. In quella che potremmo dunque (anacronisticamente) chiamare l'elettrostatica di Aepinus, si ammette l'esistenza di due sostanze materiali attive dal punto di vista elettrico e di tre interazioni elettriche fondamentali. Le due sostanze materiali elettricamente attive sono la materia costitutiva dei corpi fisici e un sottile fluido elettrico contenuto all'interno di questi corpi secondo una prefissata proporzione, dipendente dalla loro natura e costituzione. Le tre interazioni elettrostatiche fondamentali sono rispettivamente una repulsione tra le parti della materia, un'attrazione tra le parti della materia e le parti del fluido elettrico e infine una repulsione tra le parti del fluido elettrico. In tutti e tre i casi si tratta di interazioni a lungo raggio d'azione, soggette alla medesima legge di variazione, per la quale Aepinus dà esplicitamente solo la dipendenza dalle quantità di elettricità interagenti, ma non la dipendenza dalla distanza che separa le medesime. In particolare, i calcoli sviluppati da Aepinus implicano che l'intensità dell'interazione viene assunta proporzionale al prodotto delle misure delle quantità di elettricità interagenti. Per quanto riguarda invece la dipendenza dalla distanza, Aepinus non si pronuncia in modo definitivo e -- nonostante "l'analogia della natura" lo induca a ritenere più probabile la proporzionalità inversa al quadrato della distanza -- preferisce limitarsi ad affermare solamente che le forze devono diminuire al crescere della distanza tra le quantità di elettricità interagenti.

Un'appropriata combinazione dei vari elementi introdotti da Aepinus consente -- come per l'appunto si fa solitamente nelle trattazioni elementari dell'elettrostatica classica -- di elaborare spiegazioni semi quantitative estremamente efficaci di vari fenomeni elettrici, tra cui l'induzione elettrostatica e le attrazioni e repulsioni elettrostatiche tra corpi variamente elettrizzati. In vista della rilevanza in relazione alla bottiglia di Leida e all'elettroforo, noi ci soffermeremo qui sul primo tipo di fenomeni. Iniziamo considerando l'induzione elettrostatica tra due corpi conduttori, uno *A* allo stato neutro e l'altro *B* contenente un surplus di fluido elettrico. Se il corpo contenente questo surplus viene avvicinato al corpo neutro, si osserva che sulle parti più lontane di quest'ultimo compare un surplus di fluido elettrico (fig. 5).



figura 5

Questo fenomeno, si spiega molto facilmente come effetto della repulsione esercitata dal surplus di fluido elettrico del primo corpo sul fluido elettrico del corpo neutro. Essendo quest'ultimo un corpo conduttore, il fluido elettrico in esso contenuto è libero di muoversi e le forze repulsive che agiscono devono pertanto spingerlo il più lontano possibile dal surplus di fluido elettrico presente sul primo corpo. Data l'assunzione di interazioni di intensità decrescente con l'aumentare della distanza, il che implica ovviamente forze più intense alle distanze minori rispetto a quelle maggiori, si conclude facilmente che la quantità di fluido elettrico spostato verso le zone lontane del corpo neutro saranno tanto maggiori quanto più i due corpi vengono avvicinati l'uno rispetto all'altro.

Dal caso appena considerato, consente di capire facilmente come l'elettrostatica di Aepinus spiega la bottiglia di Leida. Se un surplus di fluido elettrico viene collocato sull'armatura superiore della bottiglia di Leida (fig. 2), parte del fluido elettrico che naturalmente compete all'armatura inferiore si porterà verso la superficie esterna di questa stessa armatura sotto l'azione delle forze repulsive

esercitate dal surplus di fluido elettrico collocato sull'armatura superiore. Se ora si presenta una via d'uscita al fluido elettrico accumulatosi sulla superficie esterna dell'armatura inferiore, per esempio mediante la messa a terra, parte di questo fluido potrà effettivamente abbandonare l'armatura e ciò avverrà in quantità proporzionale all'intensità della repulsione che lo spinge via. In questo modo, l'armatura inferiore rimane con una quantità di fluido elettrico minore di quella naturale e di conseguenza l'intensità della repulsione esercitata dal rimanente fluido elettrico sul surplus di fluido elettrico presente sull'armatura superiore sarà minore di quella che si aveva prima della messa a terra dell'armatura inferiore. A causa di questo indebolimento della repulsione che agisce sul surplus di fluido elettrico presente sull'armatura superiore, sarà poi possibile comunicare a quest'ultima armatura un'ulteriore quantità di fluido elettrico con la stessa spinta che prima bisognava esercitare per collocarvi il surplus iniziale. Complessivamente, la messa a terra dell'armatura inferiore consentirà quindi di produrre un difetto di fluido elettrico su questa armatura e di collocare sull'armatura superiore un surplus di fluido elettrico maggiore di quello che si aveva prima della messa a terra. Essendo poi l'intensità delle interazioni maggiore alle piccole distanze, il surplus e il difetto di fluido elettrico presenti rispettivamente sull'armatura superiore e sull'armatura inferiore saranno tanto maggiori quanto più le armature stesse sono vicine l'una rispetto all'altra. Su queste basi, l'elettrostatica di Aepinus fornisce una spiegazione molto semplice della scarica della bottiglia di Leida: quando uno sperimentatore tocca contemporaneamente le due armature, il surplus di fluido elettrico presente sull'armatura superiore si sposterà attraverso il suo corpo per andare a compensare il difetto di fluido elettrico presente sull'armatura inferiore, producendo in questo modo una sensazione violenta a causa della grande quantità di fluido elettrico che deve fluire per avere una compensazione reciproca tra il surplus e il difetto di fluido elettrico delle due differenti armature.

Per arrivare a una caratterizzazione complessiva della storiografia di Heilbron e a una comprensione delle forti difficoltà che la affliggono, sia da un punto di vista generale che nel caso specifico del programma elettrico di Volta, dobbiamo ora riprendere la discussione dal punto in cui l'abbiamo lasciata prima delle parentesi aperte su Aepinus. Non sarà sfuggito al lettore che nel discutere i casi di Wilcke e Ingenhousz Heilbron ha già offerto l'immagine di una progressiva affermazione delle concezioni teoriche di Aepinus. Il titolo "The March of Aepinus", scelto da Heilbron per la sottosezione^[45] che viene subito dopo le parti in cui i due suddetti autori vengono discussi, ribadisce ed estende un simile punto di vista e avanza addirittura la suggestiva analogia di una marcia inarrestabile dell'intera scienza elettrica lungo la via aperta da Aepinus. Come già nei casi di Wilcke e Ingenhousz, le ragioni più convincenti per accorrere sotto i vessilli di Aepinus sarebbero state fornite dall'elettroforo^[46], capace ora di far decisamente optare la maggioranza degli elettricisti per l'interpretazione immateriale delle atmosfere elettriche sulla base di pure azioni a distanza tra quantità localizzate di fluido elettrico. Per quanto ci riguarda, la cosa più importante è che proprio Volta viene investito del ruolo di principale condottiero della vittoriosa avanzata di Aepinus, ciò che si sarebbe verificato dopo una vera e propria conversione avvenuta nel 1778 in seguito alla lettura del trattato di Aepinus e, probabilmente, anche della (ora) famosa memoria del 1771 in cui Henry Cavendish (1731-1810) aveva elaborato una teoria elettrica che presenta notevoli analogie rispetto a quella di Aepinus. Queste letture avrebbero condotto Volta a un'interpretazione delle atmosfere elettriche che, pur senza ricorrere al linguaggio matematico, avrebbe riprodotto in modo qualitativo le concezioni teoriche di Aepinus, tanto da far contemplare a Heilbron la possibilità che proprio Volta sia alla fine stato "the most influential of those who spread Aepinus' views in this manner"^[47]. Per arrivare a questo, egli avrebbe sostanzialmente messo da parte gli schemi teorici che aveva concepito nel *De vi attractiva* per ricondurre la totalità dei fenomeni elettrici a pure attrazioni microscopiche a corto raggio d'azione, e sarebbe passato a un approccio alternativo, caratterizzato invece dalla spiegazione delle interazioni elettrostatiche in termini di attrazioni e repulsioni macroscopiche a lungo raggio d'azione tra quantità di elettricità rigorosamente localizzate sui corpi interagenti. Avvicinandosi così alle vedute teoriche di Aepinus, Volta avrebbe finalmente ammesso "what macroscopic forces he needed: repulsions between accumulations of homologous charges,

attractions between those of contrary charges"[48] e, pur continuando a parlare di atmosfere elettriche, egli avrebbe ora inteso significare "nothing more than `spheres of activity', the range over which the charge accumulations (or deficiencies) *confined* to electrified bodies could exercise their virtues"[49].

Questo nuovo stile -- o "second manner"[50] come Heilbron lo chiama adottando l'espressione di Mario Gliozzi, colui che per primo la introdusse[51] per esprimere la tesi sopra citata di un abbandono della maniera del *De vi attractiva* in seguito alla lettura che Volta avrebbe fatto di Cavendish -- sarebbe stato reso pubblico nel 1778 in una memoria epistolare sul problema della capacità elettrica dei conduttori isolati[52] (e non della capacità dei condensatori come erroneamente[53] indicato da Heilbron) indirizzata da Volta all'amico ginevrino Horace Bénédict de Saussure (1749-1799). Nonostante gli evidenti accostamenti che il discorso di Heilbron suggerisce tra l'elettrostatica di Aepinus e la seconda maniera di Volta, si nota subito che non vengono forniti elementi circostanziali a sostegno di un simile parallelismo. Per esempio, non si capisce come le nuove atmosfere elettriche immateriali di Volta siano specificamente riconducibili alle attrazioni e repulsioni elettrostatiche a lungo raggio ora adottate al posto dell'attrazione a corto raggio utilizzata invece nel *De vi attractiva*. Ugualmente difficile risulta farsi un'idea di come i concetti di *capacità* e *tensione*, che Volta utilizza diffusamente nella lettera all'amico de Saussure, siano connessi al nuovo modo di concepire le interazioni elettrostatiche fondamentali. Il vago messaggio che si ricava alla fine è che vi sarebbe comunque stato un progresso e che questo sarebbe stato determinato soprattutto dall'abbandono delle vecchie atmosfere elettriche materiali a favore di quelle immateriali[54]. Anche nell'importante caso della memoria[55] del 1782 in cui Volta discuterà l'invenzione e il funzionamento del condensatore elettrico Heilbron fa un'oscura allusione al fatto che le spiegazioni sono date in termini di atmosfere elettriche immateriali[56], ma non chiarisce se le stesse siano o no riconducibili alle forze elettrostatiche adottate dal Volta della seconda maniera. Quando alcune pagine dopo Heilbron riprende la discussione[57] sui concetti voltiani di carica (Q), capacità (C) e tensione (T), sia in relazione alla lettera a de Saussure che in relazione alla memoria sul condensatore, il problema sulle forze elettrostatiche non viene più ripreso. La connotazione macroscopica attribuita da Heilbron a Q , C , T e l'affermazione che "Volta departed from the micromechanical theory developed in his earlier work"[58] alludono in modo evidente alla seconda maniera, ma non ci sono ulteriori chiarimenti. In particolare, la discussione[59] della relazione $Q = CT$, stabilita da Volta tra le tre grandezze elettriche, non fa di nuovo alcun riferimento al ruolo giocato dalla nuova concezione delle forze elettrostatiche che Volta avrebbe adottato a questo stadio. Nonostante queste incertezze, risulta tuttavia chiaro che Heilbron vede in Volta[60] un intermediario determinante per la diffusione e accettazione della concezione di Aepinus delle atmosfere elettriche immateriali. Ciò sarebbe in particolare stato facilitato dai suoi numerosi viaggi e contatti diretti con importanti uomini di scienza in tutta Europa. Tra i principali proseliti che Volta avrebbe fatto, Heilbron suggerisce[61] gli importanti casi di Jean André Deluc (1727-1817) a Ginevra e Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799) a Gottinga.

La storiografia di Heilbron ci offre dunque la tesi di un'affermazione sempre più chiara e netta degli schemi teorici di Aepinus. Anche se non esplicitamente dichiarata, la formulazione di una simile tesi si basa su assunti metodologici di chiara ispirazione *kuhniana*. Titoli quali "The Atmospheres Destroyed"[62], significativamente preceduto da "The Atmospheres Attacked"[63], sono elementi rivelatori di una concezione *rivoluzionaria* delle dinamiche scientifiche. Le bizzarrie dell'elettroforo diventano in un simile contesto l'evento scatenante che condanna le vecchie atmosfere elettriche materiali e sposta la comunità scientifica verso Aepinus e verso il suo nuovo *paradigma* delle atmosfere elettriche immateriali ricondotte a pure attrazioni e repulsioni elettrostatiche a lungo raggio tra quantità di fluido elettrico completamente localizzate sui corpi interagenti. Nel valutare l'evoluzione della scienza elettrica nel periodo successivo all'elettroforo, Heilbron mantiene i precedenti presupposti kuhniani e rivoluzionari, ma prospetta in aggiunta un compimento finale del paradigma di Aepinus grazie all'introduzione di una precisa legge *quantitativa* tra le porzioni

microscopiche di elettricità sulla cui base elaborare una descrizione *matematica* della fenomenologia elettrica *macroscopica*. Non sfugge infatti che nei capitoli finali del libro l'attenzione di Heilbron gravita in modo sempre più insistente intorno ad argomenti quali la determinazione della legge dell'inverso del quadrato della distanza per gli elementi puntiformi di elettricità e la spiegazione mediante tale legge dei fenomeni elettrici, il che si riduce in pratica ai soli due casi della distribuzione superficiale di carica sui corpi conduttori e delle forze elettrostatiche tra corpi macroscopici. In un simile ordine di idee, Heilbron offre per esempio analisi dettagliate non solo degli esperimenti compiuti da Charles Augustin Coulomb (1736-1806) per stabilire la legge elementare dell'inverso del quadrato della distanza[64], ma anche degli analoghi sforzi compiuti da personaggi quali Cavendish, Charles Stanhope (1753-1816) e John Robison (1739-1805), i primi due addirittura in anticipo rispetto a quanto poi fatto da Coulomb. Come significativamente espresso dal titolo "Epilogue"[65] dell'ultimo capitolo del libro di Heilbron, la successiva elaborazione matematica delle basi gettate da Coulomb da parte di Siméon Denis Poisson (1781-1840) -- in particolare con l'adattamento della potente teoria del potenziale gravitazionale sviluppata da Pierre Simon Laplace (1749-1827) ai due casi sopra menzionati della distribuzione superficiale di carica sui corpi conduttori e delle forze elettrostatiche tra corpi macroscopici -- avrebbe condotto verso l'epilogo conclusivo di una descrizione quantitativa finalmente capace di stabilire una connessione solida tra la legge di Coulomb microscopica e un dominio significativo della fenomenologia elettrica. Nelle stesse parole di Heilbron, "at this point all the ingredients of classical electrostatics had been identified: the law of squares, Coulomb's measurements of distribution, Laplace's machinery and its demonstrated utility in problems of electricity, the potential function"[66]. Oltre a consentire una consistente riduzione su basi microscopiche e matematiche dei problemi classici dell'elettrostatica, espressione che Heilbron usa riferendosi ai due casi della distribuzione superficiale di carica sui corpi conduttori e delle forze elettrostatiche tra corpi macroscopici, il potenziale di Poisson avrebbe anche consentito di dare forma matematica ai precedenti concetti usati qualitativamente da Cavendish e Volta per descrivere le proprietà intensive dell'elettricità: "Poisson's V is the analytic form of Cavendish's 'electrification' and Volta's 'tension'. It is more supple than either, for it permits the statement of the classic problems of electrostatics -- finding the distribution of electricity and the resultant forces -- in full generality"[67].

Come il tono di queste affermazioni suggerisce, il paradigma di Aepinus sarebbe dunque andato incontro a una sorta di piena e definitiva attuazione mediante l'incorporazione in un paradigma superiore, capace di spiegare un settore sufficientemente ampio e rilevante della fenomenologia elettrica in termini riduzionistici e sulla base di una precisa rappresentazione matematica delle interazioni elettrostatiche fondamentali. Seguendo la terminologia di Heilbron, designeremo questo nuovo paradigma con il nome di "paradigma dell'elettrostatica classica", espressione che vuole richiamare più i contenuti che gli vengono attribuiti (dominio fenomenologico ricoperto, legge di Coulomb microscopica, connessione tra interazioni elettrostatiche fondamentali e fenomeni macroscopici, metodi matematici del potenziale elettrostatico) che non la molteplice genealogia (Coulomb, Laplace, Poisson). In questo senso, condenseremo in una formula le conclusioni che abbiamo tratto dicendo che il libro di Heilbron è in larga misura costruito sulla tesi storiografica forte di un compimento finale del paradigma di Aepinus nel successivo paradigma dell'elettrostatica classica.

Con un'idea più chiara delle posizioni storiografiche generali di Heilbron, diventa ora possibile sviluppare alcune valutazioni di merito. Innanzi tutto, l'utilizzo dei paradigmi di Aepinus e dell'elettrostatica classica come punti di osservazione privilegiati degli eventi spiega alcuni tratti comuni delle analisi offerte per gli autori sopra considerati. In tutti i casi, gli elementi di giudizio sono sostanzialmente due: il carattere materiale o immateriale delle atmosfere elettriche e l'eventuale spiegazione delle stesse mediante azioni a distanza a lungo raggio.

Il programma *del De vi attractiva* non è progressivo sia perché le atmosfere elettriche mantengono

residui di materialità, sia perché l'utilizzo di forze microscopiche a corto raggio appare troppo vago e complesso per un'interpretazione teorica dei fenomeni elettrici. Di conseguenza, Volta non viene preso troppo sul serio quando proclama che l'invenzione dell'elettroforo affonda le radici nelle proprie speculazioni sul problema dell'elettricità vindice. La sua interpretazione repulsiva delle correlazioni induttive tra le armature della bottiglia di Leida sembra anticipare e spiegare il processo di carica iniziale dell'elettroforo, ma il passo sembra troppo incerto e un'interpretazione concettuale coerente dello strumento sarebbe venuta solo dopo l'adozione a livello qualitativo delle forze elettrostatiche a lungo raggio di Aepinus, con un conseguente abbandono delle vecchie atmosfere elettriche materiali. Le successive elaborazioni sui concetti di carica, capacità e tensione e l'invenzione del condensatore elettrico sarebbero poi state una diretta conseguenza di questa seconda maniera adottata dal Volta proselito e allo stesso tempo condottiero dell'avanzata del paradigma di Aepinus.

Nonostante la mancanza di elaborazioni esplicite sul ruolo delle forze elettrostatiche, il concetto di segregazione induttiva utilizzato da Wilcke nell'analisi della bottiglia di Leida scomponibile avrebbe se non altro messo in risalto la difficoltà di mantenere la vecchia nozione delle atmosfere elettriche materiali e favorito corrispondentemente la concezione immateriale di Aepinus. In modo più diretto, Ingenhousz sarebbe invece giunto a una spiegazione dell'elettroforo alla vera maniera di Aepinus grazie all'interpretazione della segregazione induttiva mediante una forza repulsiva a lungo raggio tra cariche completamente localizzate. Nell'insieme, la doppia elaborazione di Wilcke e Ingenhousz avrebbe alla fine posto termine al "distress"[\[68\]](#), come Heilbron scrive in termini molto espressivi, degli elettricisti di fronte al maggiore enigma dell'elettroforo, quello della sua apparente inesauribilità.

Come abbiamo d'altra parte visto, quando vengono considerate con attenzione, le analisi di Heilbron non mettono in evidenza una chiara affermazione dei paradigmi di Aepinus e dell'elettrostatica classica. Nei casi di Wilcke e Ingenhousz, gli elementi forniti sulle interazioni elettrostatiche, sulle atmosfere elettriche e sulle connessioni tra queste due entità sono troppo schematici per convincere che c'è un sostanziale parallelismo con Aepinus. È evidente inoltre che l'approccio distruttivo adottato verso le atmosfere elettriche è un ostacolo che impedisce di ricostruire le concezioni degli autori in tutti i casi in cui non viene individuata una corrispondenza immediata con la specifica interpretazione di Aepinus mediante forze elettrostatiche a lungo raggio tra cariche elettriche completamente localizzate. Considerazioni molto simili si applicano anche al caso di Volta. Come abbiamo cercato di mettere in evidenza, anche qui le analisi offerte sono troppo incerte per sostenere la tesi di una confluenza del programma elettrico di Volta prima verso il paradigma di Aepinus e successivamente verso quello dell'elettrostatica classica. Le numerosissime rivendicazioni fatte da Volta a difesa dell'autonomia e continuità del proprio programma elettrico sui due temi centrali delle atmosfere elettriche e dell'interpretazione dei fenomeni elettrici mediante forze elettrostatiche fondamentali non vengono approfondite e risultano anzi oscurate dall'urgenza di ritrovare una conversione gestaltica verso il paradigma conclusivo dell'elettrostatica classica. In definitiva, riassumeremo i risultati della nostra indagine dicendo che le analisi storiche condotte da Heilbron non confermano le sue tesi storiografiche generali, mentre appare d'altra parte evidente che le sue analisi storiche sono in larga misura condizionate dall'approccio storiografico adottato verso la scienza elettrica del Settecento.

In momenti meno condizionati dall'ideologia kuhniana e dal filtro paradigmatico dell'elettrostatica classica, Heilbron stesso fornisce elementi importanti che evidenziano invece la complessità del dibattito elettrico settecentesco intorno ai temi degli effluvi, delle atmosfere elettriche e delle forze elettrostatiche. Heilbron fa per esempio menzione dell'impatto quasi inesistente del trattato di Aepinus[\[69\]](#) -- un argomento fatto oggetto di importanti studi anche da parte di Roderick Home[\[70\]](#) -- e del perdurare di posizioni effluvialistiche. Su quest'ultimo aspetto, ci attende una sorpresa inattesa allorché si viene a sapere che nel 1763, cioè appena un anno dopo l'innovativa anticipazione

dei principi dell'elettroforo di cui si sarebbe reso protagonista, Wilcke "retrogressed towards effluvia"[71], facendo così un drammatico ritorno alle vecchie atmosfere elettriche materiali. Per quanto riguarda il problema delle forze elettrostatiche, Heilbron coglie per esempio un aspetto importantissimo quando osserva che i geniali collegamenti istituiti da Cavendish tra le interazioni elementari ipotizzate e vari fenomeni elettrici che interessano i corpi conduttori non hanno un corrispettivo nel caso dei corpi isolanti a causa della mancata elaborazione di una modellizzazione fisica sulla loro struttura interna. Per equilibrio di giudizio, va sottolineato infine che nel libro di Heilbron sono presenti numerosissime altre analisi che hanno portato a un notevole avanzamento delle nostre conoscenze ed è significativo che ciò si verifichi nelle situazioni che, per la loro natura, si prestano meno facilmente a essere imbrigliate in schemi di tipo rivoluzionario e paradigmatico. Molto efficaci sono ad esempio i capitoli iniziali dedicati ai contesti sociali e istituzionali entro cui la scienza elettrica si sviluppa e molte delle ricostruzioni offerte per le vicende del Seicento e della prima metà del Settecento sono spesso molto penetranti. Curiosamente, la parte più problematica del libro è invece quella che riguarda la seconda metà del Settecento, ove la complessa dinamica degli eventi viene passata attraverso il filtro dei paradigmi di Aepinus e dell'elettrostatica classica. Ma è ormai chiaro che si tratta di una strategia che va incontro a serie difficoltà e che non sembra avere altra ragione che la maggiore familiarità che i nostri studi manualistici di elettrostatica classica ci portano ad avere per gli schemi concettuali coulombiani rispetto ad altri.

Per il futuro prossimo, è più che mai urgente tentare una nuova esplorazione del programma elettrico di Volta al di fuori delle schematizzazioni vigenti. L'attuale diffusa accettazione delle dicotomie e fratture stabilite da Heilbron ci lascia in sostanza di fronte a un vuoto teorico che ha portato di riflesso a tentativi di risolvere "il problema Volta"[72] mediante uno spostamento radicale verso il piano empirico. Recentemente è stato per esempio affermato che nel 1775 Volta "aveva costruito e descritto l'elettroforo *senza una teoria di base esplicativa dello strumento*" [73], mentre il Volta "seconda maniera era uno scienziato che aveva superato la fase puramente qualitativa e descrittiva della ricerca, che pensava alla costruzione di nuovi strumenti o a modificare gli esistenti proprio al fine di misurare, di individuare relazioni matematiche significative in elettrologia"[74]. In un altro recente lavoro[75] il problema dell'invenzione dell'elettroforo è stato risolto sulla via empirica riproponendo come possibili fonti di ispirazione le manipolazioni sperimentali sull'elettricità vindice di Beccaria e Cigna e aggiungendo a queste quelle analoghe compiute da Aepinus e Wilcke sugli stati di elettrizzazione superficiale che si osservano alla disgiunzione di strati di lamine isolanti e conduttrici precedentemente poste a contatto. Come abbiamo in parte visto, l'inquadramento puramente sperimentale va incontro a serie difficoltà. Da un lato, rimane il problema delle convinte rivendicazioni di Volta a difesa dei contenuti teorici dell'elettroforo, ciò che potrebbe essere confermato da numerose altre citazioni simili a quella che abbiamo tratto dalla lettera a Landriani. Oltre a questo, le analogie costitutive e manipolative tra l'elettroforo e i dispositivi di Cigna, Beccaria, Aepinus e Wilcke non sembrano costituire un fattore così determinante come a prima vista può sembrare, dato che quei dispositivi e le relative manipolazioni definiscono un vasto ambito empirico con tratti comuni -- immediatamente evidenti osservando per esempio che le figure 1, 3 e 4 possono essere viste come differenti variazioni sul tema della bottiglia di Leida scomponibile -- ma allo stesso tempo compatibile con una molteplicità di punti di vista e interpretazioni teoriche.

Pur non rientrando negli scopi specifici di questo lavoro, è necessario dare qui qualche indicazione sulle possibili vie d'uscita dalle numerose difficoltà che ci siamo sforzati di far emergere. È chiaro innanzi tutto che sono necessari approcci storiografici più flessibili e potenti di quelli rivoluzionario-paradigmatici o di quelli che ricorrono alle dicotomie teoria-esperimento o matematica-esperimento. Come abbiamo accennato all'inizio di questo lavoro, la strada più promettente per uscire dall'evidente impasse in cui ci troviamo, è quella di un'esplorazione ad ampio spettro del programma elettrico di Volta sullo sfondo della filosofia naturale dell'epoca. Guardato senza astratti schematismi, il discorso di Volta oscilla in modo dinamico tra molteplici componenti interne ed esterne al settore dell'elettricità. Ciò che più colpisce è soprattutto il grande sforzo -- massimo nella fase che va dal *De*

vi attractiva fino all'elettroforo ma presente anche in seguito -- speso nel tentativo di inquadrare il settore specialistico dell'elettricità nell'ambito di un discorso teorico su entità e interazioni fondamentali che rientra tipicamente nella sfera di competenza della filosofia naturale. Un altro elemento distintivo del programma elettrico di Volta è senz'altro costituito dalla ricerca costante di oggettivazione del proprio discorso teorico mediante la realizzazione di nuovi strumenti. In tutta evidenza, già i contemporanei di Volta incontrarono serie difficoltà sia nel comprendere il tipo di sintesi teorica da lui tentata, sia nel cogliere i contenuti teorici della strumentazione realizzata. Questo rende ovviamente ancora più urgente e stimolante intraprendere l'opera di chiarimento che abbiamo di fronte a noi.

[1] Museo per la Storia dell'Università di Pavia, Strada Nuova, 65 27100 Pavia, tel-fax: 0382-29724

[2] SCHUSTER JOHN & WATCHIRS GRAEME, "Natural Philosophy, Experiment and Discourse: Beyond the Kuhn/Bachelard Problematic", in *Experimental Inquiries*, Dordrecht-Boston-London 1990. SCHAFFER SIMON, "Natural Philosophy", in *The Ferment of Knowledge, Studies of Eighteenth-Century Science*, Cambridge 1980.

[3] HEILBRON JOHN, *Electricity in the 17th and 18th Centuries*, Berkeley-Los Angeles-London 1979.

[4] *Ibidem*, pp. 98-101, 412-426.

[5] Figura tratta da *Opere di Volta - Edizione Nazionale* (abbreviato nel seguito con *VO*), Milano 1918-1929, vol. III.

[6] *Ibidem*, soprattutto pp. 421-426.

[7] *Ibidem*, cap. XVII, pp. 405-430.

[8] HEILBRON, "Volta", in *Dictionary of Scientific Biography*, New York 1970-1978, vol. XIV (1976), p. 71.

[9] HEILBRON (1979), p. 417.

[10] VOLTA ALESSANDRO, "De vi attractiva ignis electrici ac phaenomenis inde pendentibus Alexandri Voltae patricii novo-comensis ad Joannem Baptistam Beccariam", in *VO*, vol. III, pp. 21-52. Trad. it. in GLIOZZI MARIO, *Opere Scelte di Alessandro Volta*, Torino 1967, pp. 45-90.

[11] BECCARIA GIAMBATTISTA, *Experimenta atque observationes, quibus electricitas vindex late constituitur, atque explicatur*, Augusta Taurinorum 1769. Un'esposizione meno estesa si trova anche in BECCARIA, *Elettricismo Artificiale*, Torino 1772, pp. 400-424.

[12] HEILBRON (1979), p. 415.

[13] *Ibidem*.

[14] *Ibidem*.

[15] *Ibidem*.

[16] *Ibidem*, pp. 415-416.

[17] VOLTA, *Novus ac simplicissimus electricorum tentaminum apparatus: seu de corporibus eteroelectricis quae fiunt idioelectrica, experimenta atque observationes*, in *VO*, vol. III, pp. 53-80.

- [18] HEILBRON (1979), p. 415.
- [19] *Ibidem*.
- [20] *Ibidem*.
- [21] Figura tratta da BECCARIA, 1772.
- [22] *Ibidem*, p. 415. VO, vol. III, p. 69.
- [23] *Ibidem*, p. 416. VO, vol. III, pp. 140-141.
- [24] VO, vol. III, p. 140.
- [25] HEILBRON (1979), p. 416.
- [26] *Ibidem*.
- [27] Figura tratta da BECCARIA, 1772.
- [28] *Ibidem*.
- [29] *Ibidem*, pp. 418-419.
- [30] Figura tratta da HEILBRON, 1979.
- [31] HEILBRON (1979), p. 419.
- [32] VO, vol. III, p. 155.
- [33] HEILBRON (1979), p. 419.
- [34] *Ibidem*.
- [35] *Ibidem*.
- [36] *Ibidem*.
- [37] *Ibidem*.
- [38] *Ibidem*.
- [39] *Ibidem*.
- [40] *Ibidem*.
- [41] *Ibidem*, pp. 420-421.
- [42] *Ibidem*, p. 421.
- [43] *Ibidem*, p. 420.
- [44] AEPINUS FRANZ, *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, Petropoli 1759. Trad. igl. in HOME R.W. & CONNOR P.J. (Ed.), *Aepinus's Essay on the Theory of Electricity and Magnetism*, Princeton 1979.

- [45] HEILBRON (1979), pp. 422-426.
- [46] *Ibidem*, p. 422.
- [47] *Ibidem*.
- [48] *Ibidem*.
- [49] *Ibidem*.
- [50] *Ibidem*.
- [51] GLIOZZI MARIO, "Il Volta della seconda maniera", in *Cultura e Scuola* (1966), pp. 235-239.
- [52] VOLTA, "Osservazioni sulla capacità dei conduttori elettrici e sulla commozione che anche un semplice conduttore è atto a dare a eguale a quella di una boccia di Leyden", in *VO*, vol. III, pp. 199-236.
- [53] HEILBRON (1979), p. 422.
- [54] *Ibidem*, pp. 422-423.
- [55] VOLTA, "Del modo di rendere sensibile la più debole elettricità sia naturale, sia artificiale", in *VO*, vol. III, pp. 269-300.
- [56] HEILBRON (1979), pp. 422-423.
- [57] HEILBRON (1979), pp. 453-457.
- [58] *Ibidem*, p. 454.
- [59] *Ibidem*, pp. 454-455.
- [60] *Ibidem*, pp. 422-423.
- [61] *Ibidem*, pp. 423-424.
- [62] *Ibidem*, cap. XVII, pp. 405-430.
- [63] *Ibidem*, cap. XVI, pp. 373-402.
- [64] *Ibidem*, pp. 465-486.
- [65] *Ibidem*, cap. XX, pp. 490-500.
- [66] *Ibidem*, p. 499.
- [67] *Ibidem*.
- [68] *Ibidem*, p. 421.
- [69] HEILBRON, 1979, pp. 401-402.
- [70] HOME RODERICK, in HOME & CONNOR, *Introduction*. Si veda anche HOME, *Electricity and Experimental Physics in Eighteenth-Century Europe*, Gower House-Brookfield.

[71] HEILBRON, 1979, p. 389.

[72] ABBRI FERDINANDO, *Alessandro Volta - Elettroforo, condensatore, pistole elettriche* (supplemento al ndeg. 4 di *Teknos*), Roma 1995, p. IX.

[73] *Ibidem*, p. XIV. Il corsivo è mio.

[74] *Ibidem*.

[75] PANCALDI GIULIANO, *An enlightened physicist - Alessandro Volta and electricity, 1745-1827*, PhD Thesis, Oxford University 1993.