

Le teorie sui fluidi elettrici nei secoli XVII e XVIII*

Valerio Curcio†

November 24, 2005

Abstract

Questa trattazione storica vuole ridare dignità a quelle teorie superate, ma che per secoli hanno costituito una solida base per tutte le ricerche e gli esperimenti compiuti. Il fatto che una teoria venga superata e quindi abbandonata non deve scandalizzare l'alunno, bensì deve renderlo cosciente del fatto che la strada per arrivare a quello di cui oggi disponiamo è frutto di molte idee, pensieri, prove e riprove fatte da persone assolutamente normali che, anche mettendo a serio rischio la propria vita, hanno fatto della sete di conoscenza un punto fermo della propria esistenza. L'altro scopo del lavoro vuole essere quello di rendere alcune trattazioni più "appetibili" ed intuitive, mostrando le esperienze condotte nelle varie fasi di sviluppo storico, in certi casi molto banali, ma che possono rendere più semplice e piacevole tutto quello che parallelamente viene studiato nel corso classico.

1 L'elettricità nel XVII secolo

1.1 William Gilbert

Per un primo serio tentativo di trattazione dei fenomeni elettrici e magnetici bisogna aspettare fino al XVII secolo. Prima di allora, pur essendo noti molti effetti di natura elettrostatica, l'uomo si limitava ad osservare senza cercare spiegazioni che potessero, in una certa misura, rendere i fenomeni predicibili o controllabili. Ne è un esempio eclatante il caso del fulmine. La visione mitologica, secondo la quale il fulmine viene scagliato dal dio di turno adirato contro l'umanità, ha visto la luce fino a poco prima del 1600 d.C. Infatti mai nessuno aveva minimamente pensato ad un'analogia tra scarica elettrica e fulmine; si è dovuto aspettare lo scienziato statunitense Franklin affinché si potesse dare una giusta collocazione del fulmine nell'ambito della teoria dell'elettrodinamica. Possiamo quindi affermare che l'osservazione di molti fenomeni di natura elettrica rimandava a suggestioni che sfociavano nella magia. Il primo studioso che cercò di studiare i fenomeni elettrici e magnetici fu il britannico **William Gilbert**, che nel suo lavoro *De Magnete*, pubblicato nel 1600, raccoglie e sintetizza tutti gli studi e le osservazioni condotte in buona parte della sua vita. L'opera è considerata di gran classe e Galileo stesso ne era a conoscenza. Uno dei risultati importanti ottenuti da Gilbert è l'intuizione che la Terra fosse un enorme magnete. Arrivò a questa formulazione studiando su un modellino

*Tesina di Fondamenti Storico Epistemologici della Fisica II

†SSIS - Veneto, VI ciclo, II anno, indirizzo F.I.M.

sferico da lui realizzato, la *terrella*, che avrebbe dovuto rappresentare la Terra, costruito con polvere di magnetite. Egli studiò il comportamento di un ago magnetico posto nelle sue vicinanze, cogliendo straordinarie analogie con quanto accade sulla Terra nella realtà. Gilbert scoprì anche tutta una serie di corpi che potevano essere elettrizzati per sfregamento, e che quindi in precedenza non se ne conoscevano tali proprietà, inoltre per primo introdusse l'aggettivo *elettrico* (dal nome greco dell'*ambra*) per indicare i fenomeni di elettrizzazione che poté osservare. Si deve a Gilbert la distinzione tra *fenomeni elettrici* e *fenomeni magnetici* in base all'osservazione del fatto che la magnetite non richiede stimoli esterni per manifestare le sue proprietà, mentre il vetro o l'ambra, per manifestare la propria elettrizzazione, debbono essere strofinati. Inoltre Gilbert notò come l'attrazione magnetica non potesse essere schermata da un foglio di carta, contrariamente a quanto succede per l'elettrizzazione. Un altro fenomeno osservato da Gilbert fu l'impossibilità di separare i due poli magnetici; egli notò come spezzando delle calamite istantaneamente si rigeneravano i due poli. Ebbe quindi l'intuizione della non esistenza del monopolo magnetico. Gilbert si sforzò di dare una prima forma di teoria dell'elettricità in termini di esalazioni ed emanazioni provenienti da oggetti elettrizzati e fu il primo a parlare di *fluido elettrico*. Nonostante tutti gli sforzi fatti da Gilbert in termini di osservazioni ed esperimenti, c'è da dire che il suo contributo alla causa dello sviluppo di una teoria coerente dell'elettricità fu pressoché insignificante, anche se il concetto di fluido elettrico, come vedremo, sarà destinato a protrarsi per poco più di due secoli, anche se non nei termini che lo stesso Gilbert intendeva.

1.2 Otto Van Guericke

La prima metà del XVII secolo, a parte l'opera di Gilbert, non vide dei veri e propri passi in avanti per quanto riguarda lo studio dei fenomeni elettrici. E' solo nella seconda metà del secolo che si ebbero i primi sporadici tentativi di costruire macchine elettrostatiche che potessero agevolare la comprensione di alcuni fenomeni elettrici, nonché i primi tentativi di apportare variazioni alle situazioni sperimentali. Fu **Otto van Guericke**, Borgomastro di Magdeburgo (1602 - 1686) il primo fisico che cercò di studiare il comportamento dell'elettricità nel vuoto. Nel 1664, basandosi sugli studi di Torricelli sul barometro e sulle teorie radicali cartesiane dell'inesistenza del vuoto, costruì una *pompa pneumatica* con la quale dimostrò che il vuoto poteva essere formato all'interno di oggetti cavi, dando vita a dimostrazioni sperimentali spettacolari. Tra questi il più famoso fu senz'altro quella che passò alla storia come la sfera di Magdeburgo, condotto nel 1657. In una sfera, formata dall'unione di due calotte sferiche cave, Guericke fece il vuoto utilizzando la sua pompa e, al termine del processo, non bastarono sedici cavalli (otto per parte) a dividere le due calotte, offrendo una stima qualitativa di quanto elevato sia il valore della pressione atmosferica. Tali studi si inquadrarono in una contrapposizione filosofica tra *vacuisti*, alla cui corrente apparteneva lo stesso Guericke, e *plenisti* (coloro che negarono l'esistenza del vuoto, sostenendo la tesi dell'*horror vacui* aristotelico), di cui il più eminente sostenitore dell'epoca fu Descartes. Nel 1672 Guericke mise a punto una macchina capace di generare elettricità per strofinio. Fu questa la prima *macchina elettrostatica* costruita a scopi essenzialmente sperimentali. Essa era formata da una sfera grande quanto la testa di un bambino (*magnitudine ut caput infantis*), formata da un miscuglio di zolfo ed altri minerali, che veniva

fatta girare intorno ad un'asta di ferro passante per il suo centro ed elettrizzata dal semplice strofinio di un panno di seta asciutto (*palma satis sicca*). Mediante questa macchina, Guericke di notte poté osservare i fenomeni di luminescenza che accompagnano l'elettrizzazione della sfera, tanto che lo stesso iniziò a parlare di *fuoco elettrico*. Egli fu il primo a mostrare come lo stato di elettrizzazione si potesse "trasmettere" a diverse distanze, mediante particolari corpi deferenti; in riferimento a ciò, lo stesso scrisse in una sua nota: *Questo globo di solfo, eccitato prima con la frizione, può esercitare la sua virtù anche attraverso un filo di lino lungo un'ulna o anche più e all'estremità attrarre ancora qualcosa*. Guericke si servì della sua macchina elettrostatica e delle sue considerazioni sul vuoto per studiare qualitativamente il comportamento dell'elettricità nel vuoto, in modo da poter simulare le condizioni presenti nell'universo, dove egli ipotizzò la presenza del vuoto. A Guericke va il merito di una prima sistemazione, se pur rozza, della teoria dell'elettrologia.

2 Il XVIII secolo: il secolo delle sperimentazioni

2.1 Francis Hauksbee

Il nuovo secolo si aprì col fisico **Francis Hauksbee**, membro della *Royal Society* di Londra, che nel 1706 modificò la macchina elettrostatica di Guericke, nel tentativo di renderla più potente. Pensò così di sostituire la sfera di zolfo con una di vetro, raggiungendo stati di elettrizzazione ben più intensi ed osservando che, avvicinando il viso alla sfera o ad un altro qualsiasi corpo da esso elettrizzato, si avvertiva come una specie di soffio, quello che lo stesso Hauksbee chiamò *vento elettrico*. Di questo effetto egli scrisse: *applicato vicino al viso o ad alcun'altra tenera parte, poteva essere sensibilmente sentito, come se la parte fosse sollecitata con le punte di un considerevole numero di deboli peli*.

2.2 Stephen Gray

Pochi anni più tardi, nel 1729, l'inglese di Canterbury **Stephen Gray** (1666 - 1736), proseguì gli studi e gli esperimenti condotti da Guericke sul trasporto dell'elettrizzazione, riuscendo a trasmettere cariche fino ad una distanza di novanta metri. La sua esperienza si basò sulla trasmissione dello stato di elettrizzazione attraverso un cavo metallico collegato ad una sfera elettrizzata e sollevato da terra tramite dei fili di seta. Fu per puro caso, cioè per rottura dei fili di seta che non sopportavano il peso del cavo metallico, che poté osservare come lo stesso fenomeno non era rilevabile se i fili di seta erano sostituiti da fili metallici. Ipotizzò quindi una divisione dei materiali in *conduttori* ed *isolanti*, considerando i primi come i responsabili del veicolamento dello stato elettrico. Ma Gray non si fermò qui, mostrò, infatti, come anche un materiale conduttore potesse essere elettrizzato in opportune situazioni. Per far ciò eseguì l'elettrizzazione di una persona tenendola sollevata dal terreno. Questo esperimento ebbe enorme successo tra i cortigiani del tempo e divenne un pretesto per riempire i salotti dei palazzi. I fenomeni di elettrologia vennero presentati al popolo in forma di veri e propri spettacoli, rendendo il tutto di dominio pubblico. Oramai, in Europa, tutti si divertivano a elettrizzare corpi e persone. Ci fu, addirittura, chi si inventò di studiare le differenze di elettrizzazione in base

ai sessi e alle età.

2.3 L'elettricità ed il lucro

Su questi fenomeni divenuti ormai popolari l'abate Jean A. Nollet (1700 - 1770) scrisse: *Allorché in fisica appare qualche novità la curiosità subito se ne impadronisce e si diverte ma si ritiene ben presto soddisfatta. Ad essa segue l'interesse e si esige che ciò che si è ammirato sia anche utile.* Nello stesso anno il medico veneziano Eusebio Sguario scrisse: *Appena si conobbe che tanto era il potere che aveva l'elettricità sui corpi umani, che subito si cercò s'ella avrebbe mai potuto per buona volontà apportare qualche sollievo ai mancamenti della salute.* Così molti medici privi di coscienza approfittarono dell'entusiasmo popolare verso questi nuovi fenomeni, che potevano essere osservati in veri e propri spettacoli, per lucrare su di essi e sulla gente, offrendo false deplorable terapie mediche basate su fenomeni di elettrizzazione. Così, molto velocemente, si sparsero voci circa miracolose guarigioni, dettate da suggestioni e da eccessi di entusiasmo, che rischiarono di far ripiombare lo studio dei fenomeni elettrici nel campo dell'alchimia, se non addirittura di relegarli a fenomeni magici, con un evidente ed enorme passo indietro. Ma per fortuna, con l'avanzare del secolo, la scienza proseguì nelle sue scoperte meravigliose.

3 La nascita dei fluidi elettrici

Il primo quarto del secolo XVIII se ne scivolò via col suo carico di esperienze ed osservazioni, ma assolutamente privo di alcuna formulazione teorica. Ci fu sì qualche tentativo, ma ciò si riduceva a qualcosa in più che una pura e semplice descrizione dei fenomeni, o di come essi potevano manifestarsi; abbiamo avuto modo di vedere come in diversi casi le scoperte furono del tutto casuali.

3.1 Charles de Cisternay du Fay

Per quanto riguarda una formulazione teorica coerente, il primo fisico che diede una svolta sostanziale a questa fase di stallo fu **Charles de Cisternay du Fay** (1698 - 1739). Nonostante la sua breve vita (morì a soli quarantuno anni) riuscì a formulare delle ipotesi valide, frutto di attente osservazioni e dell'utilizzo di strumenti sempre più potenti e precisi. Nel 1733 du Fay avanzò l'ipotesi dell'esistenza di solo due diversi stati elettrici, che si manifestano attraverso lo strofinio di sostanze vetrose e resinose. Chiamò, per tanto, *elettricità vetrosa* la prima ed *elettricità resinosa* la seconda. Lo stesso du Fay scrisse in una nota: *Ciò mi fece pensare che v'erano forse due generi di elettricità differenti, ed io fui ben confermato in quest'idea dalle seguenti esperienze.* Egli sfruttò le considerazioni fatte da Gray sulle sostanze conduttrici ed isolanti notando che una fogliolina d'oro che veniva attratta da un corpo vetroso elettrizzato, veniva respinta nelle vicinanze di un corpo resinoso elettrizzato; ma notò anche il viceversa, cioè che la fogliolina d'oro attratta da un corpo resinoso elettrizzato veniva respinta se posta nelle vicinanze di un corpo vetroso elettrizzato. Questa semplice esperienza gli permise di concludere che corpi elettrizzati dello stesso tipo di elettricità ed in uguale misura, si respingono, mentre corpi elettrizzati con tipi diversi di elettricità si attraggono, quando la quantità di elettricità su

di essi è la stessa. In accordo col dogma cartesiano della materia vista come fluido, i due stati di elettrizzazione furono considerati *fluidi elettrici* distinti.

3.2 La teoria a due fluidi di Nollet

Lo sforzo di du Fay stimolò i suoi successori a cercare delle teorie che potessero essere in grado di giustificare l'enorme quantità dei fenomeni fin lì osservati. L'abate **Jean A. Nollet** (1700 - 1770), in accordo col dogma cartesiano, ritenne che l'elettricità fosse dovuta all'azione di una materia fluida in movimento, come lo stesso scrisse, *simile alla materia del fuoco e della luce*.

Quando si strofina un corpo elettrico si mette in movimento il fluido che è nel suo interno. Questo allora esce per piccoli fori abbastanza distanti tra loro, divergendo subito dopo l'uscita (materia effluente). La materia effluente, uscendo dal corpo richiama altra materia simile dai corpi vicini (materia affluente) che entra nel corpo attraverso fori distinti più numerosi di quelli dai quali esce la materia effluente. Dovendo mantenersi costante la quantità di fluido elettrico presente nei corpi, la velocità della materia effluente è maggiore di quella affluente, la quale tuttavia è presente nello spazio circostante il corpo elettrizzato con un maggior numero di raggi, in modo che un corpuscolo ha più probabilità di essere attratto che respinto dai flussi della materia elettrica.

4 La bottiglia di Leida: il primo condensatore della storia.

Man mano che la scienza e lo studio dei fenomeni avanzò, anche la strumentazione a disposizione dei ricercatori si fece sempre più sofisticata. Le macchine elettrostatiche si perfezionarono. Al posto della mano fu inserito un cuscinetto strofinatore e si cominciò a raccogliere l'elettricità in un grosso cilindro metallico, che rappresentò il primo vero conduttore, mediante una catena metallica che sfiorava o addirittura toccava un cilindro di vetro elettrizzato. Gli strumenti per rivelare la presenza di elettricità subirono enormi miglioramenti e si diffuse sempre più l'utilizzo dell'elettroscopio, costituito da due palline di sughero appese mediante due fili di canapa ad una sfera metallica isolata (detta anche pomolo) e racchiuse in una boccetta di vetro.

4.1 Von Kleist e Andreas Cuneaus

Nel 1745, un ecclesiastico tedesco di nome **E. J. von Kleist** (1700 - 1748) ed un avvocato olandese di nome **Andreas Cuneaus** (1712 - 1788), fecero un esperimento destinato a passare alla storia quale *la più sorprendente scoperta che mai sia stata fatta nell'intero capo dell'elettricità [...]*. I due condussero un esperimento che potesse permettere di caricare elettricamente il liquido (acqua) contenuto in una bottiglia di vetro, collegandolo attraverso un conduttore ad un cilindro di ferro elettrizzato per sfregamento da una macchina elettrostatica. Kleist e Cuneaus condussero l'esperimento nella massima tranquillità e presunta sicurezza in quanto non isolati dal terreno. Infatti, esperienze passate dimostrarono che una persona potesse essere elettrizzata solo se isolata dal terreno, e di questo du Fay ne fece un principio. Ma tenendo la bottiglia con una mano e toccando con l'altra il cilindro di ferro, von Kleist subì una scossa

elettrica di straordinaria potenza, cosa assolutamente inaspettata e che andò contro il principio di du Fay dell'impossibilità di elettrizzare una persona non isolata.

4.2 Pieter van Musschenbroek

Attraverso foltissimi scambi epistolari, soprattutto da parte di Cuneaus, la notizia dell'accaduto e le istruzioni per ripetere l'esperimento giunsero all'olandese **Pieter van Musschenbroek** (1692 - 1761) di Leida, fisico e discendente di una famiglia di ottici. Egli ripeté l'esperimento, dopodiché scrisse una lettera a René Antoine Ferchault de Réaumur (1683 - 1757) antepoendo alla descrizione dell'esperimento le seguenti sconvolgenti parole: *Le voglio parlare di un nuovo ma terribile esperimento, che le raccomandando di non tentare di riprovare lei stesso; io, che l'ho sperimentato e sono sopravvissuto solo per grazia di Dio, non proverei a rifarlo neppure per l'intero Regno di Francia.* Descrisse l'esperimento in questo modo: *Avevo sospeso a due fili di seta blu una canna di ferro la quale riceveva per comunicazione elettricità da un globo di vetro ruotante velocemente sul proprio asse mentre era strofinato applicandovi le mani; all'altra estremità pendeva liberamente un filo d'ottone la cui cima era immersa in un vaso rotondo di vetro, parzialmente pieno d'acqua, che io tenevo nella mia mano destra. Mentre con l'altra mano tentavo di trarre scintille dalla canna di ferro elettrizzata, all'improvviso la mia mano destra fu colpita con tanta violenza che il mio corpo fu scosso come da un fulmine.* Terminò poi la lettera dicendo: *Ho scoperto così tanto dell'elettricità da essere giunto al punto in cui non capisco nulla e non posso spiegare nulla.* Il fenomeno osservato passò alla storia col nome di Bottiglia di Leida dal nome del paese (Leyden) in cui fu condotto l'esperimento ad opera di van Musschenbroek.

4.3 Considerazioni sulla bottiglia di Leida

Nell'ambito delle teorie fino ad allora disponibili, il comportamento della bottiglia di Leida rappresentò qualcosa del tutto anomalo e assolutamente non spiegabile. La bottiglia di Leida rappresentò una scoperta importantissima poiché, grazie ad essa, si ebbe la possibilità di accumulare una quantità impressionante di elettricità, cosa utile per il progredire della qualità degli esperimenti. Durante esperimenti successivi, infatti, si scoprì la non necessarietà dell'uso del liquido all'interno della bottiglia per ottenere effetti simili a quelli osservati in presenza di liquido; a tal proposito, Franklin osservò come bastasse sostituire il liquido con un rivestimento metallico dell'interno della bottiglia. Ci si può rendere facilmente conto del fatto che la bottiglia di Leida rappresentò l'antenato di quello che noi oggi chiamiamo condensatore elettrico, o se vogliamo il primo *condensatore elettrico* della storia.

5 L'elettrologia d'oltreoceano

L'entusiasmo per i fenomeni elettrici osservati durante tutto il trascorrere del XVIII secolo, la fama che ebbero alcuni scienziati sperimentatori, i fenomeni di lucro (soprattutto da parte di medici, o presunti tali) e di suggestione che

gravarono attorno all'elettrologia, si diffusero cos' velocemente da approdare sull'altra sponda dell'oceano Atlantico, in America.

5.1 Benjamin Franklin

Benjamin Franklin (1707 - 1790), tra tutti gli innumerevoli meriti, ebbe anche quello di essere il primo scienziato americano. Egli nacque in Inghilterra ma si trasferì a Boston per problemi riconducibili alla religione; egli, infatti, fu di idee molto liberali e di ispirazione illuministiche, tanto che si sentì soffocato dalla chiusura religiosa che a quel tempo si diffondeva in tutta Europa. La sua vita fu intensa di attività: fu un brillante scrittore, un attento osservatore della vita sociale e anche un grande politico. La sua fama in tal campo lo proiettò tra i ranghi più elevati della società americana, tanto che partecipò alla stesura della Dichiarazione d'Indipendenza del 1776. Per quanto riguarda la sua attività di scienziato, fu di notevole importanza la data del 1756 che vide l'elezione di Franklin a membro straniero della Royal Society di Londra (la comunità di illustri personaggi più famosa e prestigiosa del momento). Egli, infatti, si dedicò allo studio dei fenomeni elettrici raggiungendo livelli di conoscenza che mai nessuno prima di lui raggiunse. Si occupò dell'osservazione dell'elettricità nell'ambiente naturale, avanzando l'ipotesi che i fulmini non fossero altro che delle enormi scintille elettriche, paragonandole agli effetti osservati con una bottiglia di Leida. Osservò anche come un conduttore appuntito perdesse più facilmente la sua carica rispetto ad altri tipi di conduttori di altre forme e chiamò questo fenomeno *potere disperdente delle punte*. Franklin unì le sue due osservazioni (il fulmine come scintilla elettrica ed il potere disperdente dei conduttori appuntiti) ipotizzando la possibilità di estrarre elettricità dalle nuvole utilizzando un conduttore appuntito collegato a terra, quindi non isolato. Fu celebre l'esperimento dell'aquilone del 1752; Franklin riuscì ad estrarre elettricità dalle nuvole durante un temporale servendosi di un aquilone, sul quale si trovava un conduttore metallico longilineo e collegato a terra tramite un filo di seta umido. Osservò la formazione di scintille toccando con la mano una chiave metallica legata al filo di seta. Egli dimostrò che ciò che veniva estratto dalle nuvole era effettivamente elettricità, caricando una bottiglia di Leida con la chiave attaccata al filo di seta dell'aquilone e ottenendo gli stessi effetti che si potevano ottenere caricando la bottiglia di Leida con una macchina elettrostatica. Questa esperienza apparentemente semplice gli consentì di dar vita alla scoperta per la quale probabilmente oggi Franklin viene più facilmente ricordato: *il parafulmini*. A proposito del parafulmini Franklin scrisse: *Pensai allora che, stando così le cose, la conoscenza di questo potere delle punte poteva essere utilizzata dal genere umano per difendere le case, le chiese, le navi, eccetera, dal fulmine, insegnandoci a porre sulle parti più elevate di questi edifici barre di vetro verticali, appuntite come aghi e dorate per prevenire la ruggine, e conducendo, dalla base di tali barre, un filo che lungo l'esterno dell'edificio arrivasse sino a terra, oppure, nel caso delle navi, un filo che fosse avvolto su una qualche sartia e finisse in acqua. Non potrebbero allora queste barre appuntite estrarre silenziosamente il fuoco elettrico da una nube prima che esso sia così vicino da colpirci, e in tal modo difenderci da questo terribile e improvviso flagello?* Ma Franklin divenne famoso per il contributo offerto al progresso delle scienze grazie alla sua *teoria elettrica ad un fluido*, con la quale spiegò tutti i fenomeni elettrici osservati fino a quel tempo ivi compresa la bottiglia di Leida,

che fino ad allora nessuno riuscì a spiegare. La teoria ad un fluido fu opposta a quella di du Fay e Nollet, che ritennero l'elettricità vetrosa e resinosa due fluidi di natura diversa, quindi distinti.

5.2 Franklin e la teoria ad un fluido

Secondo Franklin, infatti, esiste un unico fluido elettrico distribuito in tutti i corpi; le particelle costituenti il fluido elettrico si respingono tra loro, mentre sono attratte dalle particelle della materia e a loro volta le attirano. In ogni corpo allo stato naturale è presente tanta quantità di fluido elettrico, quanto esso ne può contenere grazie all'intensità della propria forza attrattiva, che differisce da sostanza a sostanza. Se un corpo contiene più fluido del normale esso è *elettrizzato positivamente* (è questo il caso dell'elettricità vetrosa), se contiene meno fluido elettrico del normale è *elettrizzato negativamente* (è questo il caso dell'elettricità resinosa). Strofinando tra loro due corpi, parte del fluido elettrico passa da un corpo all'altro; uno si carica *più* e l'altro *meno* e i segni elettrici su entrambi i corpi hanno la stessa intensità. Il fluido elettrico che viene aggiunto ad un corpo (carico più) non si trova all'interno del corpo ma si distribuisce al di fuori di esso, seguendo i contorni della sua superficie e costituendo una sorta di *atmosfera elettrica* materiale che si espande tutto intorno al corpo. La repulsione tra corpi carichi positivamente (eccesso di fluido) è dovuto alla impenetrabilità di tali atmosfere. L'attrazione tra corpi diversamente elettrizzati è dovuta all'attrazione della materia del corpo in difetto di fluido verso l'atmosfera elettrica che circonda quello in eccesso. Franklin indicò in modo assolutamente convenzionale col segno più (+) l'eccesso di carica e col segno meno (-) il difetto di carica. A lui si deve anche il termine *carica*, infatti, fu il primo a parlare di *corpo elettricamente carico*.

5.3 Franklin ed il principio di conservazione della carica elettrica

Nel 1750, nello stesso anno in cui nacque la teoria elettrica ad un solo fluido, Franklin fece un'importante esperimento per provare che la carica totale doveva mantenersi sempre costante. Egli elettrizzò due persone mettendoli a contatto rispettivamente con un cilindro di vetro e col panno strofinante, in modo che le due persone presentassero carica opposta. Ma facendogli avvicinare le punte dell'indice delle rispettive mani Franklin poté notare come, in seguito ad una scintilla scoccata tra le due dita vicine, le due persone divenissero elettricamente scarichi. Grazie a questo esperimento poté formulare il suo principio di conservazione dello stato di carica. Egli stesso scrisse: *Se la carica elettrica di un sistema subisce una variazione, deve esserci un altro sistema la cui carica subisce una variazione opposta, in modo che la variazione totale sia nulla e la carica totale si mantenga costante*. In questo principio Franklin afferma che la carica elettrica non può essere né creata né distrutta, ma può solamente essere trasferita per attrito (cioè per sfregamento).

5.4 Franklin e la bottiglia di leida

Franklin fece uso della sua teoria sul fluido elettrico e del principio di conservazione dello stato di carica per risolvere un mistero che fino ad allora si presentò

irrisolto: il principio di funzionamento della bottiglia di Leida. Franklin ritenne che la quantità di fluido elettrico acquistata dalla superficie interna del vetro era pari a quella persa dalla superficie opposta. Infatti, come dimostrò l'esperienza di van Musschenbroek, per caricare una bottiglia di Leida, oltre al contatto tra il cilindro di ferro conduttore e l'acqua contenuta nella bottiglia, c'è bisogno del contatto diretto tra la superficie esterna del vetro della bottiglia e la macchina elettrostatica, ad esempio tramite la terra. Nell'esperienza, la macchina elettrostatica funzionò da pompa trasferendo fluido elettrico al cilindro di ferro conduttore e da questo all'acqua contenuta all'interno della bottiglia e quindi alla superficie interna del vetro, sottraendone la stessa quantità alla superficie esterna del vetro della bottiglia attraverso il percorso di terra che coinvolgeva il corpo di colui che teneva la bottiglia in mano. La forte scossa avvenne nel momento in cui Musschenbroek toccò con l'altra mano il cilindro di ferro. Franklin ritenne che le cariche dei due conduttori a contatto con le due superfici del vetro (nel caso precedente l'acqua e la mano) venissero trasferite al vetro e giustificò questa sua asserzione conducendo un'esperienza con una bottiglia di Leida scomponibile, da lui ideata. Essa era costituita da un bicchiere di vetro le cui superfici erano rispettivamente a contatto con un conduttore posto all'interno del bicchiere (al posto dell'acqua) e con un altro posto all'esterno (un bicchiere metallico che conteneva il bicchiere di vetro al suo interno). Franklin caricò la sua bottiglia e fece in modo che i due conduttori non venissero a contatto tra di loro, evitando quindi la scintilla. Scompose poi la bottiglia e scaricò i due conduttori, dopo aver constatato la presenza, su di essi, di una carica molto piccola. Dopo averli scaricati, li riposizionò in modo da ricostituire la bottiglia di Leida iniziale e notò, mettendoli a contatto, che la forte scintilla si riproponeva in tutta la sua forza. Con ciò dimostrò che la carica non restava sui conduttori ma sul vetro (polarizzazione del dielettrico).

6 I seguaci di Franklin

La teoria di Franklin sull'unicità del fluido elettrico in contrapposizione all'idea di du Fay, che vide nell'elettricità vetrosa e resinosa due fluidi differenti, non impiegò troppo tempo a diffondersi negli ambienti scientifici di tutta Europa.

6.1 Theodosio Epino

Franz Maria Ulrich Theodosius Aepinus (1724 - 1802) fu un fisico ed astronomo tedesco che accettò e completò la teoria dell'unicità del fluido elettrico proposta da Franklin. La teoria ad un fluido elettrico, così come Franklin la formulò non offriva la possibilità di spiegare la repulsione tra due corpi caricati negativamente, cioè entrambi in difetto di fluido. Secondo Franklin due corpi in difetto di fluido elettrico non avrebbero dovuto interagire, ma non poté fare altro che constatarne l'evidenza sperimentale del contrario. Fu proprio Aepino a completare la teoria dettata da Franklin in modo da poter superare questo ostacolo. Egli, infatti, ritenne che la materia, privata del fluido elettrico, avrebbe respinto altra materia avente la stessa caratteristica, cioè in difetto di fluido elettrico. I contributi di Aepino all'elettrologia non si conclusero di certo qua. Egli raccolse tutti i suoi studi e le sue ricerche nel suo libro *Temptamen theoriae electricitatis et magnetismi* (Tentativo di teoria sull'elettricità e sul magnetismo),

che fu pubblicato a Berlino nel 1759 allorché lavorò per l'Accademia di Berlino. Aepino studiò anche lo stato di polarizzazione elettrica prodotta nella *tormalina* (minerale presente in alcune rocce) ed in altri cristalli al variare della temperatura. Aepino notò come le proprietà elettriche della tormalina fossero simili a quelle di un magnete, così che iniziò a credere che l'elettricità ed il magnetismo fossero analoghi. Nel suo libro applicò per primo la matematica alle teorie sull'elettricità e sul magnetismo, tanto che il suo lavoro fu definito il più originale ed importante libro della storia dell'elettricità.

6.2 Epino e l'induzione elettrica

Aepino studiò le relazioni esistenti tra materiali conduttori ed isolanti, estendendo la teoria frankliniana ad un fluido, parlando per la prima volta di *induzione elettrica* in termini di attrazione, repulsione e flusso di elettricità nei conduttori: *un corpo isolato è posto sufficientemente vicino ad un corpo elettrizzato, ad esempio per eccesso, cioè positivamente, in modo da trovarsi all'interno della sua atmosfera elettrica. Per azione di quest'ultima il fluido elettrico, in equilibrio nel conduttore, viene spostato verso le parti più lontane rispetto al corpo elettrizzato. Il conduttore si elettrizzerà pertanto per difetto nella parte prospiciente il corpo elettrizzato e per eccesso nella parte opposta. Se il conduttore è a contatto con la terra parte del fluido elettrico in eccesso si scaricherà a terra in modo che il conduttore, una volta allontanato dall'influenza dell'atmosfera elettrica, risulterà caricato per difetto, cioè negativamente.*

6.3 Giambattista Beccaria

Giambattista Beccaria (1716 - 1781) fu uno degli studiosi che contribuì a trasformare l'elettrologia da semplice oggetto di curiosità in disciplina scientifica e fu uno dei più convinti difensori della teoria ad un fluido di Franklin. Nel 1755 fu nominato membro straniero della Royal Society. Contribuì attivamente al progresso dell'elettrologia operando una classificazione di diversi tipi di luminosità legati alla diversa natura delle scariche elettriche. Inoltre fu l'inventore del *termometro elettrico* e collezionò una gran quantità di dati sull'elettricità atmosferica. Sostenne, come già detto, la teoria frankliniana e nel tentativo di dare assetto organico alla teoria dell'unico fluido elettrico, riferendosi alle luminescenze che si formano sulle punte di conduttori fortemente elettrizzati, introdusse i concetti di *fiocco* e di *stelletta*, intesi rispettivamente come irraggiatore e collettore di fluido elettrico: *la scintilla che scocca tra un corpo carico positivamente ed un corpo scarico si presenta a forma di fiocco, come di fluido che si dirige dal corpo elettrizzato per eccesso verso il corpo scarico; la scintilla che scocca tra un corpo scarico ed uno carico negativamente si presenta a forma di stelletta, come di raggi elettrici che dal corpo scarico si concentrano nel corpo elettrizzato per difetto.* Queste diverse forme di scintille, non solo confermarono l'unicità del fluido elettrico, ma furono utilizzate come criterio per distinguere i due opposti stati elettrici e come spia per seguire il cammino del fluido elettrico. Beccaria elaborò anche una teoria che chiamò dell'*elettricità vendicata*¹ con la quale spiegò come dopo che due corpi diversamente carichi si fossero neutralizzati per mutuo contatto, avrebbero "rivendicato" il loro precedente stato di

¹Beccaria tentò di spiegare l'esperimento delle calze di Symmer con la teoria ad un fluido. Symmer, al contrario di Beccaria, fu uno scienziato fedele alla teoria a due fluidi

carica ad avvenuta successiva separazione, presentando quindi lo stesso stato di carica iniziale. Ma egli non fu mai in grado di specificare questa sua teoria, tanto da elevarla a grado di principio.