

Appendice B

Stephen Gray e la scoperta della conduzione elettrica

Uno degli aspetti più importanti di tutta la scienza dell'elettricità è il fatto che ci siano due gruppi di corpi con proprietà molto diverse, vale a dire *isolanti* e *conduttori*. Nel caso degli isolanti, le cariche generate per strofinio rimangono in corrispondenza della zona strofinata e non si spostano lungo il materiale. Un isolante strofinato non viene scaricato col metterlo a contatto con il suolo. Nei conduttori, al contrario, le cariche generate per strofinio si distribuiscono immediatamente sull'intera superficie del conduttore. Se un conduttore carico entra in contatto con il suolo, esso si scarica subito, cedendo la sua carica elettrica alla terra.

La scoperta di questi due tipi di corpi e delle loro principali caratteristiche è avvenuta solo molto tardi nella storia dell'elettricità. Stephen Gray (1666-1736) fece questa grande scoperta nel 1729, pubblicando un lavoro fondamentale sull'argomento nel 1731¹. Presentiamo qui alcuni aspetti della sua vita e del suo lavoro². Egli fu autore di alcune delle più importanti pubblicazioni agli inizi della storia dell'elettricità³.

Gray nacque nel 1666 a Canterbury, in Inghilterra. Non si è a conoscenza di alcun ritratto di Gray. Suo padre e suo fratello erano tintori di professione. Essi tingevano la stoffa durante la sua fabbricazione. Gray stesso lavorò come tintore, come ha affermato Heilbron⁴. Egli non studiò mai all'università. Era uno scienziato dilettante, che diede il suo contributo principalmente all'astronomia e all'elettricità. Probabilmente non si sposò mai. All'età di 53 anni, iniziò a vivere come pensionante alla Charterhouse, una casa di carità per capitani di mare in pensione e ragazzi poveri. Le persone che vi abitavano conducevano una vita semplice, con poche comodità, anche se non c'era il timore di morire di fame. Visse lì fino alla sua morte che avvenne a 70 anni di età.

Egli potrebbe avere studiato con il suo amico, l'Astronomo Reale John Flamsteed (1646-1719). Nel 1707 fu condotto a Cambridge da Roger Cotes (1682-1716). Gray fu eletto membro della Royal Society nel 1732. Grazie alle sue ricerche sull'elettricità, Gray fu il primo a ricevere la medaglia Copley della Royal Society per i risultati scientifici.

Il suo interesse per l'elettricità ebbe origine dagli articoli di Francis Hauksbee (nato intorno al 1666 e morto nel 1713), pubblicati nelle *Philosophical Transactions* dal 1704 al 1707. Hauksbee descrisse esperimenti con un tubo di vetro strofinato che, oltre ad attirare piccoli oggetti, emetteva anche della luce. Nel 1708 Gray inviò una lettera al segretario della Royal Society, Hans Sloane (1660-1753), descrivendo diversi esperimenti sull'elettricità. Questa lettera fu pubblicata solo nel 1954⁵. In essa descrisse diversi esperimenti analoghi a quelli di Guericke in cui una piuma è attratta da un vetro strofinato, lo tocca, e quindi ne viene respinta, come nell'Esperimento 4.4. Anche se non citò Guericke nelle sue opere, Gray potrebbe aver saputo dei suoi esperimenti⁶. Nel 1720 Gray pubblicò un documento che descriveva nuovi esperimenti sull'elettricità⁷. In questo lavoro egli descrisse una sorta di pendolo elettrico e nuovi materiali elettrici. Egli cioè scoprì nuovi oggetti che attraevano corpi leggeri se strofinati o che erano attratti dal legno o dal corpo umano quando venivano strofinati, come nell'Esperimento 3.10.

B.1 Generatore elettrico di Gray

Le sue principali scoperte furono fatte tra il 1729 e il 1736, quando aveva tra i 63 e i 70 anni. Il lavoro principale che descrive la sua scoperta dei conduttori e degli isolanti fu pubblicato nel 1731⁸. Fino a quel momento nessuno aveva saputo fare in modo che i metalli attraessero corpi leggeri, anche dopo averli strofinati, riscaldati o lisciati. Questa è stata una delle più importanti scoperte di Gray: imparò a trasmettere la proprietà elettrica di attirare corpi leggeri ad un'ampia varietà di sostanze che fino ad allora nessuno era stato in grado di elettrizzare. Gray non elettrizzò i metalli per strofinio. Ma dimostrò che essi acquisiscono la proprietà di attrarre corpi leggeri quando sono connessi ad un tubo di vetro flint strofinato, o semplicemente avvicinando questo tubo al metallo.

Il suo documento inizia con le seguenti parole⁹:

Nell'anno 1729 ho comunicato al Dr. Desaguliers, e ad alcuni altri gentiluomini, una scoperta che avevo allora fatto di recente, la quale mostrava che la virtù elettrica di un tubo di vetro poteva essere trasmessa ad altri corpi, in modo da donare loro la stessa proprietà di attrarre e respingere corpi leggeri posseduta dal tubo, quando eccitato per sfregamento; e che questa virtù attrattiva poteva essere trasmessa a corpi che erano a molti piedi di distanza dal tubo.

Il tubo di vetro cavo che egli utilizzava era di vetro flint, cioè un vetro pesante e brillante che contiene ossido di piombo. Egli strofinava il tubo con la mano nuda, come citato da lui nel suo documento del 1707-1708¹⁰:

Il tubo di vetro che utilizzai aveva all'incirca le dimensioni di quello utilizzato dal Sig. Hauksbee, ma invece di strofinarlo con la carta come egli indicava, ho trovato che funzionava meglio quando lo strofinavo con la sola mano nuda.

Egli inoltre teneva il tubo di vetro strofinato in mano durante gli esperimenti. Siccome il tubo non si scaricava a contatto con le mani, ciò significa che esso si comportava come un ottimo isolante, contrariamente a quanto avviene con la maggior parte dei vetri moderni che si trovano in casa.

È normale che le nostre mani sudino a causa del calore sviluppato durante il processo di sfregamento. Il vetro può diventare umido durante questo processo, perdendo parte delle sue proprietà isolanti. Il vetro flint di Gray era un tubo cilindrico cavo di 1 m di lunghezza. La sua lunghezza può essere stata utile al mantenimento delle sue proprietà isolanti. Forse egli lo sfregava ad una sola estremità, tenendolo dall'altra parte. Ciò significa che a separare queste due regioni ci fosse una sufficiente quantità di vetro secco, con un conseguente ragionevole grado di isolamento.

Il tubo di vetro di Gray non era solo un ottimo isolante. Da quello che vedremo, esso riusciva a trasmettere il potere attrattivo a cavi conduttori molto lunghi. Il vetro toccava il cavo o era tenuto vicino ad un'estremità di questo, con l'altra estremità del cavo che attraeva una foglia di ottone. Ciò significa che egli era in grado di creare una forte polarizzazione del cavo a causa della grande quantità di carica nel suo tubo di vetro. Questo riusciva ad accumulare una grande quantità di cariche elettriche durante il processo di sfregamento.

Egli descrisse il tubo come segue¹¹:

Prima che io proceda agli esperimenti, può essere necessario dare una descrizione del tubo. La sua lunghezza è tre piedi e cinque pollici [1 m], con un diametro [esterno] di circa un pollice e due decimi [3 cm]. Riporto qui le dimensioni medie, essendo il tubo più largo a ciascuna estremità rispetto al centro. Il foro è circa un pollice [2,54

centimetri]. Ad ogni estremità ho messo un tappo di sughero per evitare che la polvere entrasse quando il tubo non era in uso.

Quest'ultima precauzione può essere stata motivata dagli esperimenti che Hauksbee aveva fatto che dimostravano che i contaminanti all'interno del tubo potevano ridurre la sua elettricità¹².

Questo tubo di vetro cavo strofinato con le mani era il suo generatore elettrico standard.

B.2 La scoperta dell'elettrizzazione per comunicazione

Veniamo ora alla grande scoperta di Gray, realizzata nel febbraio 1729 (nostra enfasi in corsivo)¹³:

Il primo esperimento che ho fatto, è stato quello di vedere se riuscivo a trovare qualche differenza nella sua attrazione, quando il tubo [strofinato] era chiuso a entrambe le estremità tramite i tappi, o quando era lasciato aperto, ma non sono riuscito a percepire alcuna differenza sensibile; ma tenendo una piuma sopra l'estremità superiore del tubo, ho scoperto che essa sarebbe andata verso il tappo, essendo attratta e respinta da esso, come avrebbe fatto col tubo quando esso veniva eccitato per sfregamento. Ho poi tenuto la piuma sopra l'estremità piatta del sughero, che la attrasse e respinse più volte consecutivamente; *al che fui molto sorpreso, e conclusi che c'era certamente una virtù attrattiva comunicata al tappo di sughero dal tubo eccitato.*

Egli aveva cioè strofinato solo il tubo di vetro, ma non il tappo. D'altra parte, osservava che la piuma era attratta e respinta dal sughero che era in contatto con il tubo. Fece un test e concluse che questo stava accadendo davvero, poiché il sughero attraeva non solo attraverso la sua superficie laterale, che era in contatto con il tubo, ma anche mediante la sua faccia piana che non era stata strofinata e che non era in contatto diretto con il vetro.

Poiché Gray non ha fornito alcun disegno nei suoi scritti, non è facile qui sapere esattamente il tipo di esperimento che effettuò. Noi immaginiamo tre possibilità.

- a) Egli potrebbe aver tenuto in mano il calamo della piuma, con il calamo funzionante da isolante. Avrebbe quindi osservato la piuma flettersi, essere attratta e poi respinta dal sughero, toccando alternativamente tappo e mano. Le fibre della piuma avrebbero agito da conduttore, caricate tramite il meccanismo ACR e successivamente scaricate allorché toccavano la mano e questo processo si sarebbe ripetuto alcune volte (Figura B.1).

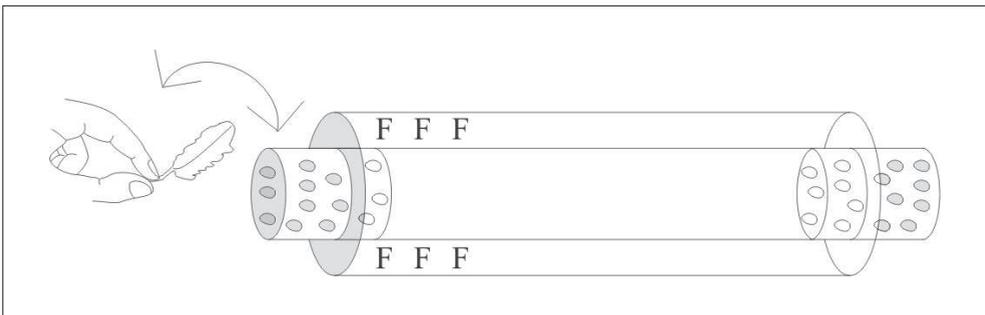


Figura B.1 Primo modo possibile in cui Gray può aver fatto la sua osservazione cruciale.

- b) La piuma potrebbe essere stata legata ad un filo di seta, un isolante, muovendosi come un pendolo oscillante. Essa sarebbe stata dunque caricata a contatto con il sughero e scaricata a contatto con un conduttore nelle vicinanze, come la sua mano, un oggetto di legno o una parete (Figura B.2). Il verbo che egli usò nella sua descrizione era “tenere”. Ciò suggerisce che egli tenne la piuma con la mano. Poiché la piuma era attratta e respinta più volte consecutivamente, questo suggerisce che la piuma stava tra il sughero e un conduttore (forse la mano di Gray, un muro, o un altro oggetto). Quando il tappo di sughero era elettrizzato o polarizzato dal tubo di vetro strofinato, esso attirava la piuma. Allorché la piuma toccava il sughero, acquistava una certa carica e veniva respinta dal tappo a causa del meccanismo ACR. La piuma poteva poi scaricarsi verso un altro conduttore nelle vicinanze. Dopo questa scarica, essa sarebbe stata ancora una volta attratta dal sughero elettrizzato o polarizzato e questo processo si sarebbe potuto ripetere alcune volte. Dunque, qualcosa di analogo a quanto osservato nell’Esperimento 4.15. Come abbiamo visto nella Sezione 4.6, nel 1720 Gray stesso aveva utilizzato un pendolo elettrico con una piuma legata ad un filo di seta¹⁴.

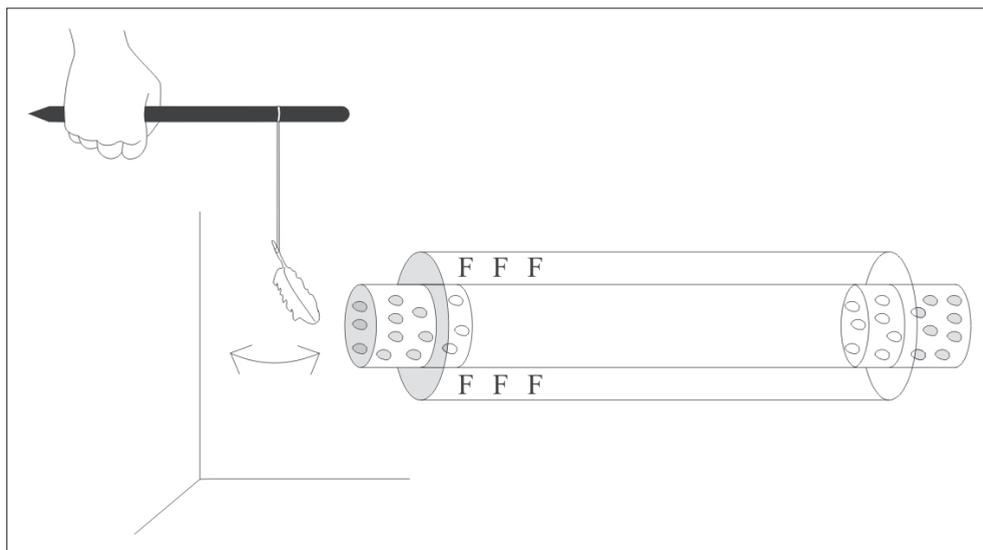


Figura B.2 Secondo modo possibile in cui Gray potrebbe aver eseguito la sua osservazione decisiva. In questo caso la piuma sarebbe stata attaccata ad un filo di seta, un isolante.

- c) La terza possibilità è che l’esperimento fosse analogo a quello che Gray aveva effettuato nel 1708 e che abbiamo descritto nella Sezione 4.2. Cioè, che la piuma potrebbe essere stata rilasciata in aria sopra al tappo. Sarebbe poi stata attratta dal sughero all’estremità del vetro strofinato, sarebbe stata elettrizzata tramite il meccanismo ACR e quindi respinta dal sughero. Se la piuma si fosse mossa in prossimità di un altro conduttore presente nelle vicinanze (come la mano di Gray, un muro, o un altro conduttore), essa ne sarebbe stata attratta. Scaricata a contatto con questo, sarebbe poi stata attratta dal sughero elettrizzato o polarizzato. Tale processo si sarebbe potuto ripetere molte volte (Figura B.3).

Questa terza possibilità ci sembra la più probabile. Il verbo “tenere” era già stato utilizzato da Gray nel suo secondo esperimento del 1708 descritto nella Sezione 4.1. In quel caso, dopo che la piuma era stata lasciata andare dalle dita ed era stata attratta dal tubo di vetro strofinato, se fosse stata tenuta a breve distanza da un oggetto, essa

avrebbe oscillato tra l'oggetto e il vetro. Noi riteniamo che questo esperimento del 1729 sia analogo all'esperimento descritto nella Figura 4.11. La differenza è che ora la piuma oscillerebbe tra il sughero e un corpo vicino, con il tappo connesso al tubo di vetro strofinato, anche se il tappo stesso non fosse stato strofinato.

Non è nemmeno chiaro se il tubo di vetro strofinato fosse verticale o orizzontale. Anche per un tubo orizzontale, si può parlare della sua "estremità superiore" nel senso della porzione vicina all'estremità strofinata che era più lontana dalla superficie della Terra, mentre l'estremità inferiore sarebbe stata la parte vicina all'estremità strofinata che era più vicina alla superficie terrestre. Può anche essere che in parte dell'esperimento il tubo fosse verticale, mentre in un altro momento esso fosse orizzontale.

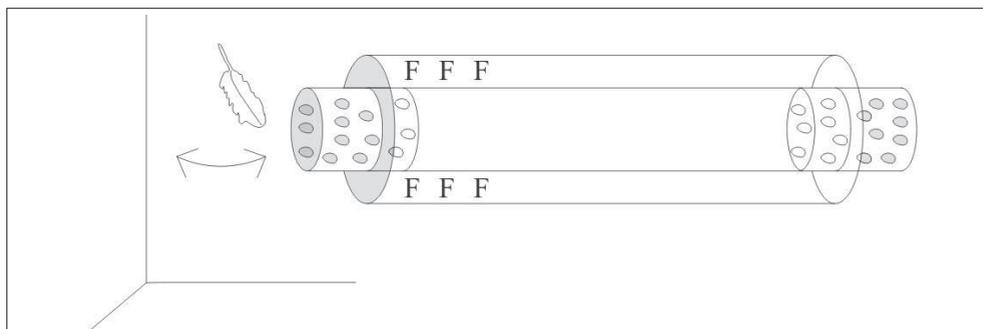


Figura B.3 Terzo modo possibile in cui Gray potrebbe aver eseguito la sua osservazione decisiva. La piuma avrebbe oscillato in aria tra il sughero e un altro corpo nelle vicinanze.

Anche se questa fu una scoperta casuale (parole sue) *“per la quale fui molto sorpreso”*, Gray in realtà si aspettava che l'elettricità potesse essere trasmessa ad altri corpi. Egli aveva eseguito esperimenti precedenti in cui aveva osservato della luce emessa da corpi strofinati che andava verso altri corpi che non erano stati strofinati, proprio quando questi corpi non strofinati erano portati nei pressi di quelli strofinati. Poco prima di descrivere l'esperimento precedente della piuma e del sughero, Gray disse quanto segue nel suo documento del 1731¹⁵:

Decisi quindi di procurarmi un grande tubo di vetro flint, per vedere se potessi fare qualche ulteriore scoperta con esso, dopo essermi ricordato di un sospetto che ebbi alcuni anni fa, e cioè che siccome il tubo trasmetteva una luce ai corpi, quando era sottoposto a sfregamento al buio, se non potesse nello stesso tempo comunicare l'elettricità ad essi, anche se non avevo eseguito mai fino a quel momento l'esperimento, non immaginando che il tubo potesse avere una così grande e meravigliosa influenza, da fare in modo che tali corpi attirassero con tanta forza o che l'attrazione si sarebbe protratta a tali distanze prodigiose, come si vedrà nel seguito di questo discorso.

L'importanza di questa scoperta è che il tappo si comporta come un conduttore, come abbiamo visto nelle Sottosezioni 6.3.1 e 6.3.2. Per questo motivo non è possibile caricarlo per strofinio mentre lo si tiene con la mano. Cioè, ogni carica che potrebbe avere acquisito per strofinio sarebbe immediatamente scaricata attraverso il nostro corpo. Per questo motivo, fino ad allora nessuno era riuscito a fare in modo che tappi, metalli, ecc. attirassero corpi leggeri dopo essere stati strofinati, come invece si otteneva facilmente nel caso dell'ambra o del vetro flint. Fu il particolare della piuma attratta dal sughero a catturare l'attenzione di Gray. Questa osservazione gli indicò che egli avrebbe potuto in qualche modo trasmettere la virtù elettrica al sughero, che era classificato come materiale non elettrico. Questa è stata la prima scoperta fondamentale

di Gray in questo articolo: comunicare l'elettricità ad un altro corpo (come il sughero) senza sfregarlo.

L'interpretazione moderna o la descrizione microscopica della "virtù attrattiva" che Gray riuscì a trasmettere al tappo, è che esso diventava polarizzato, come nell'Esperimento 7.9. Questo è illustrato nella Figura B.4.

In altre parole, il tubo di vetro isolante era stato caricato per strofinio. Il sughero conduttore attaccato al vetro strofinato si polarizzava. La superficie del sughero interna al tubo acquisiva una carica di segno opposto al tubo strofinato. La sua superficie esterna invece acquisiva una carica dello stesso segno di quella del tubo strofinato. La piuma conduttrice vicina era dunque attratta da queste cariche esterne.

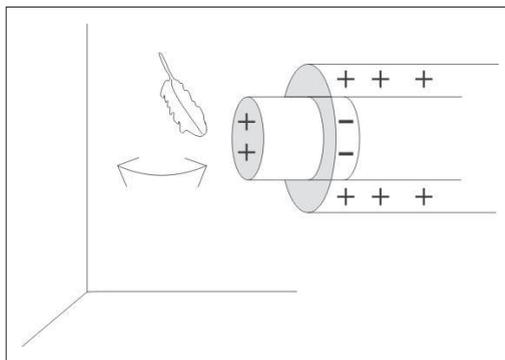


Figura B.4 Polarizzazione del sughero conduttore a causa del vetro strofinato. La piuma conduttrice era attratta dalle cariche distribuite sulla superficie esterna del tappo.

B.3 Esplorare gli aspetti della sua scoperta e risvegliare l'elettricità nascosta dei metalli

Dopo questa scoperta casuale, Gray continuò i suoi esperimenti¹⁶. Cominciò a determinare in modo sistematico a quali corpi poteva comunicare "elettricità" o la "virtù attrattiva". Egli voleva anche sapere a quale distanza poter trasmettere queste proprietà. Egli infisse un bastoncino di legno lungo 10 cm nel foro praticato in una sfera di avorio del diametro di 3,3 cm. L'altra estremità del bastoncino era inserita nel tappo, a sua volta incastrato nel tubo di vetro. Quando strofinò il tubo, egli osservò che la sfera attirava e respingeva la piuma più vigorosamente di quanto facesse il sughero (Figura B.5). Aumentò la lunghezza del bastoncino a 20 cm e più tardi a 60 cm e constatò che l'attrazione continuava ad essere osservata. Sostituì il bastone di legno con cavi di ferro e di ottone, osservando gli stessi effetti.

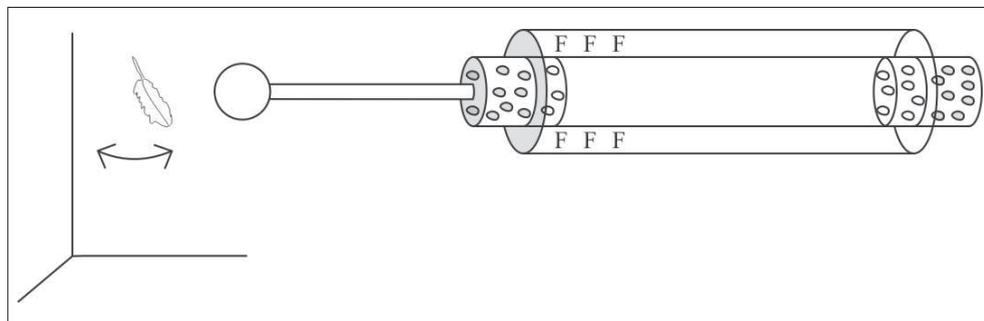


Figura B.5 L'inizio degli esperimenti sistematici di Gray.

In seguito, aumentò la lunghezza dei cavi fino a 90 cm, ma a quel punto egli dovette avere a che fare con molte vibrazioni. Causati dallo sfregamento del tubo, questi tremolii rendevano le attrazioni difficilmente osservabili. Egli allora appese la sfera al tubo tramite uno spago, una specie di corda robusta utilizzata per il confezionamento dei pacchi¹⁷. Quando strofinò il tubo, questa sfera attrasse e respinse una foglia di ottone posta

sotto di essa. Lo stesso avvenne allorché attaccò allo spago una sfera di sughero e poi una sfera di ferro di 570 g (Figura B.6 (a)). La Figura B.6 (b) è una rappresentazione qualitativa delle cariche presenti sul tubo isolante, insieme alla polarizzazione dello spago e della sfera ad esso attaccata. Lo spago e la sfera sono conduttori.

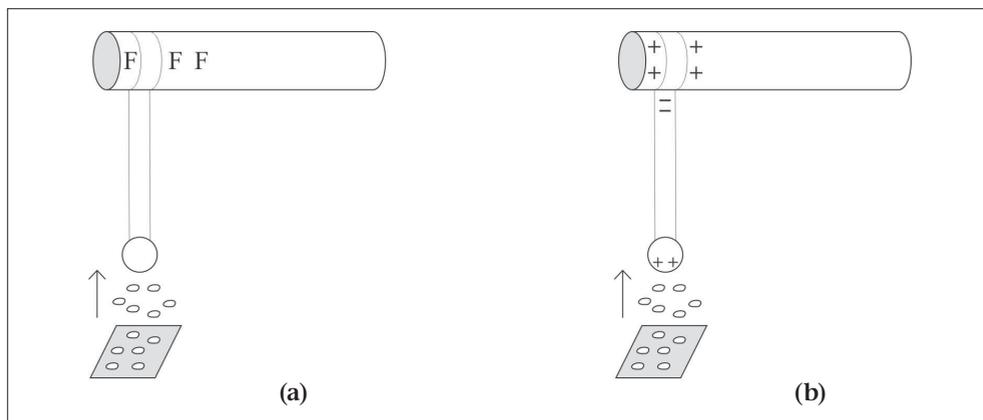


Figura B.6 (a) Quando Gray strofinò il tubo di vetro, egli osservò l’attrazione della foglia di ottone leggera da parte dei corpi sospesi all’estremità inferiore di uno spago annodato al tubo. Il corpo attraente poteva anche essere di metallo. (b) Rappresentazione qualitativa delle cariche sul vetro, insieme alla polarizzazione dello spago e della sfera attaccata.

Seguendo queste procedure, egli fu in grado di comunicare l’elettricità del tubo strofinato a diversi corpi ad esso collegati con stringhe o spaghi, ad esempio monete, una paletta per camino, una teiera di rame vuota o piena di acqua, un boccale d’argento, ecc.. Secondo le sue parole¹⁸, tutti questi corpi “erano fortemente elettrici, attirando la foglia in ottone all’altezza di diversi pollici”. Qualcuno era finalmente riuscito a fare in modo che i metalli attraessero corpi leggeri. Nessuno era stato in grado di ottenere questo effetto nei 2000 anni dalla scoperta dell’elettricità! Come disse Heilbron¹⁹, “[...] e così Gray riuscì finalmente a risvegliare la loro elettricità nascosta”.

B.4 Gray scopre conduttori ed isolanti

Egli continuò la sua attività di ricerca e con questa tecnica elettrizzò (o piuttosto polarizzò) selce, magnetite, diverse sostanze vegetali, ecc.. La foglia di ottone poté essere attratta fino ad un’altezza di 10 cm. Dopo questi esperimenti, egli lavorò nuovamente con bastoncini orizzontali attaccati al tubo di vetro. Nel tubo egli inserì canne da pesca di 80 cm di lunghezza. Anche queste aste trasmettevano l’elettricità, sia che esse fossero cave o piene. Utilizzando bastoncini e canne da pesca, con una sfera di sughero all’estremità, egli fu in grado di osservare l’effetto anche a 5,5 m di distanza. Nel maggio del 1729 egli continuò i suoi esperimenti, ottenendo risultati positivi con un palo di legno lungo 7,3 m connesso al tubo di vetro. Anche a questa grande distanza una sfera di sughero posta alla fine del palo attirava una foglia di ottone quando il tubo era strofinato. Egli estese questa lunghezza fino a 9,7 m, incluso il tubo. Ma ancora una volta le vibrazioni causate dallo strofinamento del tubo disturbavano l’esperimento. Decise allora di attaccare di nuovo al tubo uno spago per reggere una sfera di sughero o di avorio. Quando Gray strofinò il tubo, poté fare in modo che la sfera attirasse la foglia di ottone perfino quando lo spago usato era lungo 8 m ed era stato sospeso da lui al di fuori di un balcone. Egli poi mise insieme un lungo bastone di legno orizzontale connesso al tubo con un filo verticale attaccato all’altra estremità del

bastone, avente una pallina di avorio all'estremità inferiore, come se fosse una enorme canna da pesca. Inizialmente lavorò con un bastone di legno lungo 5,5 m ed un filo lungo 10,3 m. Quando strofinò il tubo di vetro, egli osservò che la pallina d'avorio attirava una foglia di ottone sotto di essa.

In seguito, egli cercò di aumentare la lunghezza orizzontale del suo dispositivo utilizzando solo dello spago. A tal scopo, egli prese uno spago e, dopo aver confezionato un cappio su ciascuna delle sue estremità, mediante uno di questi lo appese in verticale ad un chiodo conficcato in una trave. Fece poi passare un secondo spago attraverso l'altro cappio, quello inferiore, e lo legò al tubo di vetro. L'altra estremità di questo secondo spago era legata ad una sfera d'avorio. Se noi seguiamo questo secondo spago dalla palla di avorio al tubo di vetro nella successiva Figura B.7(a), lo si vede disposto in verticale, tra la sfera e l'estremità inferiore del primo spago, e in orizzontale tra questo cappio e il tubo. Sotto la palla d'avorio egli mise una foglia di ottone. Ciò fatto, quando strofinò il tubo di vetro, Gray non fu in grado di osservare la benché minima attrazione della foglia di ottone da parte della sfera d'avorio (Figura B.7 (a)).

Egli allora osservò²⁰:

Su questo [fatto] sono giunto alla conclusione che, quando la virtù elettrica è venuta [dal tubo di vetro strofinato] al cappio appeso alla trave, essa è andata lo stesso alla trave; così che niente, o molto poco di essa, almeno, è andata giù alla sfera, cosa che è stata poi verificata, come apparirà dagli esperimenti che verranno menzionati nel seguito.

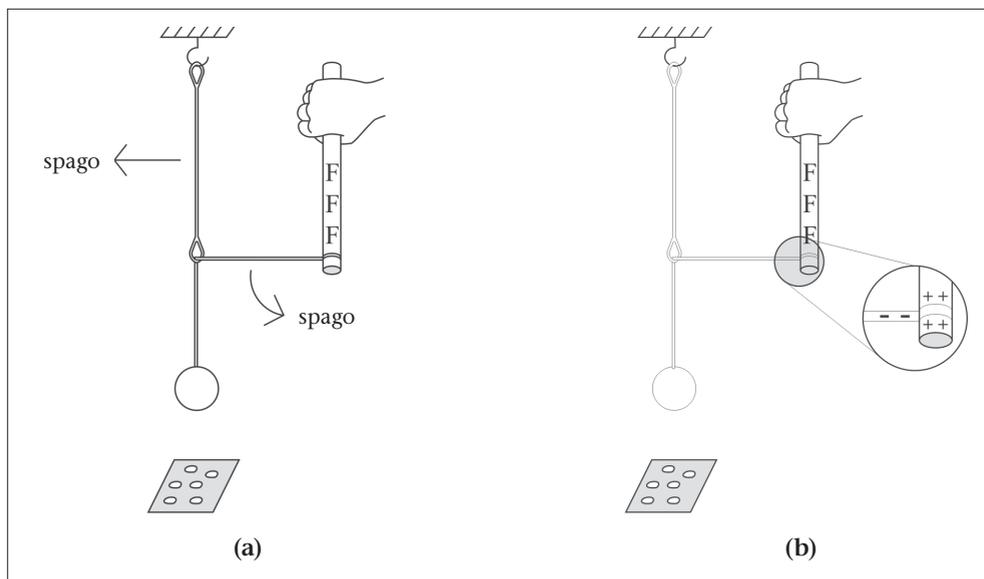


Figura B.7 (a) Quando il tubo di vetro viene strofinato, la palla di avorio non attira la foglia di ottone. In questa situazione, lo spago collegato al tubo e alla sfera è anche collegato ad un altro spago attaccato al soffitto. (b) Rappresentazione qualitativa delle cariche nel caso (a).

Forniamo ora l'interpretazione moderna di questo esperimento. Il tubo di vetro strofinato polarizza inizialmente lo spago conduttore. Ma in questo caso lo spago collegato al tubo lo è anche alla terra attraverso uno spago analogo. Quest'ultimo mette a terra lo spago collegato al vetro, in analogia a quanto visto nella Figura 7.30. Cioè, l'estremità dello spago in contatto con il vetro assume una carica di segno opposto al vetro. Le altre cariche che erano al fondo della sfera nella Figura B.6 (b) sono ora diffuse sulla

superficie della Terra a causa dell'avvenuta messa a terra. Nella Figura B.7 (b) si ha una descrizione qualitativa di questo esperimento in termini di cariche distribuite sul vetro e sullo spago. In questo caso non c'è nessuna carica risultante nella sfera e la sfera non è nemmeno polarizzata. Per tali motivi, la sfera non attrae le foglie di metallo collocate al di sotto di essa.

Nel luglio 1729 Gray decise di mostrare questi esperimenti al suo amico Granville Wheler (1701-1770). Gray aveva un tubo di vetro pieno lungo 28 cm con 2 cm di diametro. Essi attaccarono lo spago al tubo e, all'estremità inferiore dello spago, una sfera. Sotto la sfera misero la foglia di ottone. Ciò fatto, pur operando da una finestra, dove strofinarono il tubo di vetro, e con fili lunghi da 4,9 fino a 10,4 m riuscirono tuttavia a fare in modo che la sfera attirasse la foglia di ottone.

Gray continuò la sua descrizione degli esperimenti e poi presentò la sua più grande scoperta²¹:

Siccome qui non avevamo altezze maggiori, il sig. Wheler desiderava vedere se non potevamo trasferire la virtù elettrica orizzontalmente. Allora gli parlai del tentativo che avevo fatto con quella configurazione, ma senza successo, dicendogli del metodo e dei materiali di cui avevo fatto uso, come menzionato sopra. Egli allora propose di usare un filo di seta per sostenere il filo [di comunicazione], attraverso il quale la virtù elettrica doveva passare. Io gli dissi che ciò poteva andar meglio a causa della sua piccolezza [cioè, Gray credeva che così la cosa potesse funzionare meglio rispetto al suo esperimento originale grazie al piccolo spessore del filo di seta in confronto con il maggiore spessore dello spago]; in modo che ci sarebbe stata meno virtù [elettrica] trasportata in esso dal filo di comunicazione, e con il quale, insieme con il metodo adatto che il sig. Wheler escogitò, e con i grandi sforzi che egli stesso fece, e l'assistenza dei suoi servitori, noi avemmo un successo ben oltre le nostre aspettative.

Il primo esperimento fu fatto nella "Matted Gallery" il 2 Luglio 1729, circa alle dieci del mattino. A circa quattro piedi [1,2 m] dalla fine della Galleria c'era una linea trasversale che era stata fissata tramite le sue estremità ad ogni lato della stessa con due chiodi. La parte centrale della linea era di seta, il resto ad ogni estremità di spago. Poi la linea alla quale la sfera d'avorio era appesa e attraverso la quale la virtù elettrica doveva essere trasmessa dal tubo, che era lunga ottanta piedi e mezzo [24,5 m], fu messa sulla linea di seta trasversale, in modo che la sfera pendesse a circa nove piedi [2,7 m] sotto di essa. L'altra estremità della linea [di comunicazione] era attaccata con un anello alla canna di vetro, e la foglia di ottone tenuta sotto la sfera su un pezzo di carta bianca; quando il tubo veniva strofinato, la sfera attirava la foglia di ottone e la teneva sospesa per un po' di tempo.

Una rappresentazione di questo esperimento può essere trovata nella Figura B.8 (a). Uno spago è collegato ad un tubo di vetro e ad una palla d'avorio all'altra estremità. Sotto la sfera ci sono foglie di ottone. Questo spago ha una porzione orizzontale ed una verticale. Alla giunzione di queste due porzioni, è sostenuto da un filo di seta teso. Quando strofinò il vetro, Gray osservò la sfera attrarre la foglia di ottone sotto di essa. Questa attrazione, si badi, non avvenne per la situazione schematizzata nella Figura B.7, in cui la corda collegata al vetro era sospesa mediante un altro spago attaccato al soffitto.

Nella Figura B.8 (b) abbiamo una rappresentazione qualitativa delle cariche in questo esperimento. In questo caso, lo spago è supportato da un isolante, cioè, dal filo di seta. Qui non vi è alcuna messa a terra. La situazione è simile a quella della Figura B.6 (b).

Qui abbiamo la scoperta fondamentale dei conduttori e degli isolanti. Come conduttori abbiamo il sughero, la sfera d'avorio, il legno, lo spago, i fili metallici, ecc. Come

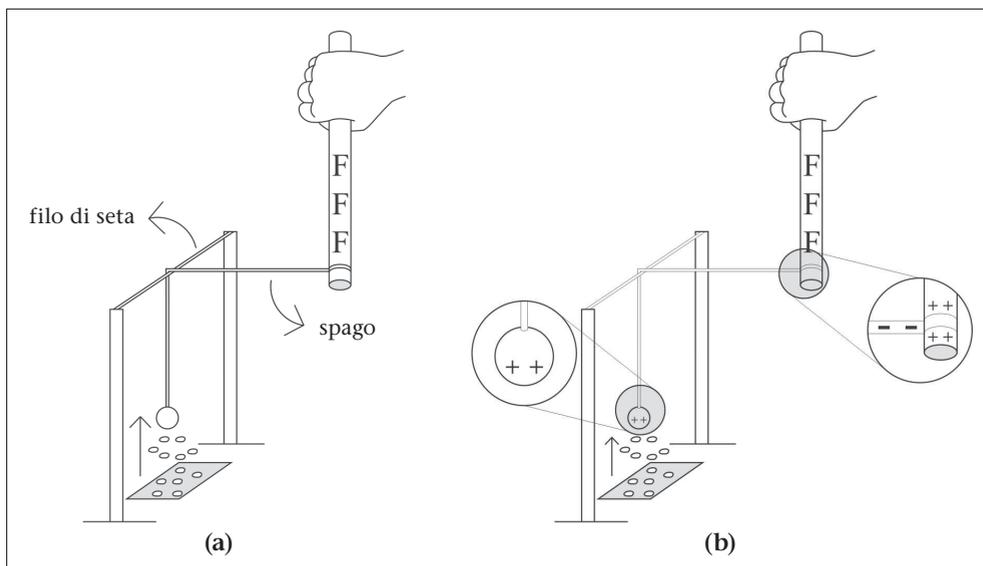


Figura B.8 (a) Gray osservò un'attrazione sulla foglia di ottone quando strofinò il tubo di vetro. In questa situazione lo spago attaccato al tubo di vetro strofinato era supportato da un filo di seta. (b) Rappresentazione qualitativa delle cariche nel caso (a).

isolanti abbiamo il filo di seta. Gray poteva comunicare la virtù elettrica ai conduttori attraverso il contatto con un tubo di vetro strofinato. Il filo di seta, invece, non permette il passaggio e la dissipazione della virtù elettrica a terra. All'interno di questo stesso articolo Gray descrisse un altro isolante, cioè, le lenze da pesca in crine di cavallo²². In altri articoli dello stesso anno Gray menzionò altri isolanti, cioè, un disco di resina e il vetro riscaldato²³. Egli era solito realizzare dischi di resina al fine di sostenere i corpi a cui voleva comunicare l'effluvio elettrico. In un documento del 1735 egli descrisse anche dischi di cera d'api, zolfo, e gommalacca²⁴. Egli utilizzò tutti questi materiali come isolanti o, usando le sue parole, come *corpi elettrici*.

Prima di continuare queste citazioni, è importante ricordare il problema delle vecchie e nuove nomenclature discusse nella Sezione 8.1. Cioè, le sostanze che Gilbert classificò come *elettriche* sono chiamate *isolanti* al giorno d'oggi. Le sostanze che erano classificate come *non elettriche* sono ora chiamate *conduttori*.



Una rappresentazione di questo esperimento appare in Figura B.9²⁵.

Questa figura mostra Gray e il suo amico Wheler. Gray tiene in mano e sfrega il suo tubo di vetro lungo 1 m. Collegata al tubo vi è una stringa con una sfera d'avorio all'altra estremità. La sfera è vicina a terra, con piccoli pezzi di metallo sotto di essa. La stringa collegata al tubo di vetro è sostenuta da altre linee trasversali. Quando queste linee trasversali sono conduttrici, la sfera non attrae i pezzi di metallo.

Figura B.9 Gray strofina il suo tubo di vetro flint lungo 1 m con le mani nude. Uno spago collegato al tubo è sostenuto da un filo di seta. Una sfera d'avorio collegata all'altra estremità dello spago attira la foglia d'ottone posta sotto di essa.

Al contrario, quando queste linee trasversali sono fatte di un materiale isolante come la seta, la sfera attrae i pezzi di metallo sotto di essa, quando Gray strofina il tubo di vetro.

Un'antica rappresentazione di questo esperimento cruciale fatto da Gray è riprodotta in Figura B.10²⁶.

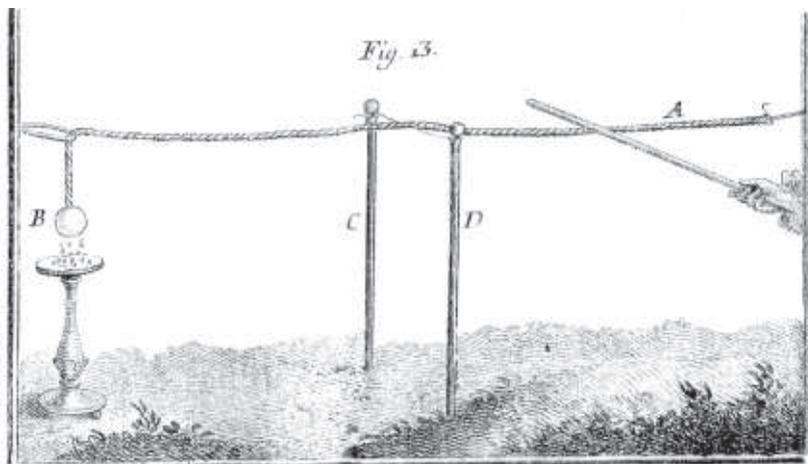


Figura B.10 Una sfera d'avorio attrae una foglia di ottone quando un tubo di vetro strofinato tocca uno spago orizzontale o quando il tubo è portato vicino ad esso, purché lo spago sia sostenuto da fili di seta.

Una rappresentazione interessante dell'esperimento di Gray appare nel libro di Doppelmayr (Figura B.11)²⁷.

Questa è la seconda scoperta fondamentale descritta da Gray in questo articolo, vale a dire, l'esistenza di conduttori e isolanti.

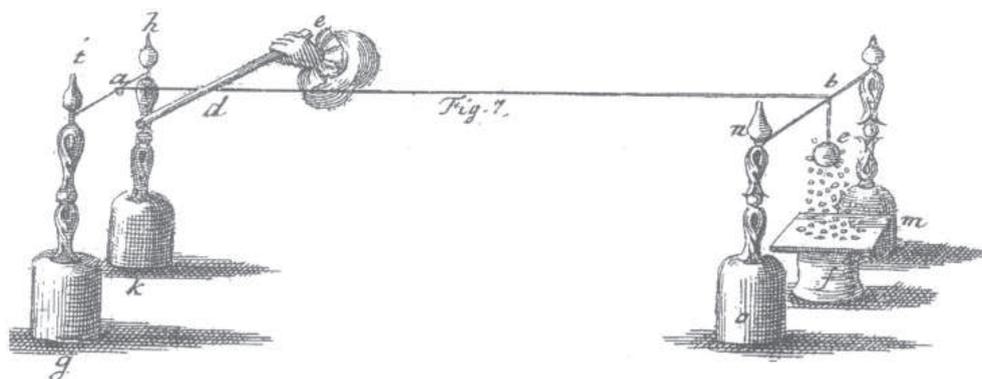


Figura B.11 Un tubo di vetro strofinato tocca una corda orizzontale e la sfera attira corpi leggeri. La corda è sostenuta da stringhe isolanti.

B.5 Scoperta che il comportamento di un corpo come conduttore o come isolante dipende dalle sue proprietà intrinseche

Dopo questi esperimenti, Gray e Wheler riuscirono a trasmettere la virtù elettrica in orizzontale fino a 45 m di distanza, curvando a volte lo spago, cioè la linea di trasporto. In seguito raggiunsero 34 m lungo una linea retta orizzontale, sommata a 4 m in verticale. Un altro giorno raggiunsero una distanza di 89 m con un filo orizzontale mediante

alcune curvature, aiutandosi sempre con fili di seta. Quando cercarono di aumentare ulteriormente questa lunghezza, il filo di seta si ruppe. Non riusciva a sopportare il peso dello spago e le vibrazioni causate dallo sfregamento del tubo di vetro.

Poi venne la terza scoperta fondamentale di Gray, descritta in questo articolo (nostra enfasi in corsivo)²⁸:

A tal proposito, avendo portato con me sia del filo d'ottone che di ferro, invece della seta usammo del filo di ferro sottile; ma questo era troppo debole per sopportare il peso della linea [di comunicazione]. Prendemmo poi del filo in ottone di una dimensione [spessore] leggermente più grande di quella del ferro. Quest'ultimo sostenne la nostra linea di comunicazione; ma sebbene il tubo [di vetro] fosse ben strofinato, non c'era il minimo movimento o attrazione [della foglia di ottone] data dalla sfera, neanche con il tubo grande [di vetro lungo 1 m], di cui facemmo uso quando trovammo che la canna piccola piena [di vetro lunga 28 cm] era inefficace: *in tal modo ci eravamo allora convinti che il successo che avevamo avuto prima dipendeva dai fili che sostenevano la linea di comunicazione, che erano di seta, e non dal loro essere piccoli [sottili], come prima avevo immaginato che potesse essere*; lo stesso effetto si verificò qui come fece quando la linea che deve trasmettere la virtù elettrica è sostenuta da spago; cioè che quando gli effluvi [elettrici] arrivano al filo o allo spago che supporta la linea [di comunicazione], essi passano tramite loro al legno, al quale ciascuna loro estremità è fissata, e quindi non avanzano più lungo la linea che serve a portarli alla pallina d'avorio.

Gray aveva già scoperto come comunicare la virtù elettrica a legno, metalli e diverse altri materiali. Aveva anche scoperto che un filo di seta impediva che l'elettricità si perdesse attraverso di esso. Tuttavia, inizialmente egli credeva che questa proprietà isolante fosse dovuta al piccolo spessore del filo di seta, se confrontato col maggiore spessore di uno spago. Con tale esperimento, d'altra parte, egli scoprì che due fili sottili incrociati aventi quasi lo stesso spessore, uno di metallo e l'altro di seta, esibivano un comportamento completamente diverso. Mentre il filo metallico (o lo spago) consentiva il passaggio a terra della virtù elettrica, il filo di seta non consentiva che l'elettricità vi fluisse per suo tramite. Questo significava che nei suoi esperimenti era essenzialmente il genere di materiale a definire o a caratterizzare la proprietà esibita. Le dimensioni o gli spessori dei materiali nei suoi esperimenti non erano così rilevanti nel determinare se il loro comportamento sarebbe stato quello di conduttori o di isolanti, contrariamente a quello che aveva pensato inizialmente. Questa fu la sua terza scoperta fondamentale.

B.6 Scoperta che l'elettrizzazione per comunicazione avviene a distanza

Essi proseguirono con i loro esperimenti, trasmettendo elettricità fino a 203 m, mediante uno spago zigzagante con otto ritorni, sorretto da filo di seta. Una rappresentazione di questo esperimento appare nelle Figure B.12 e B.13²⁹.

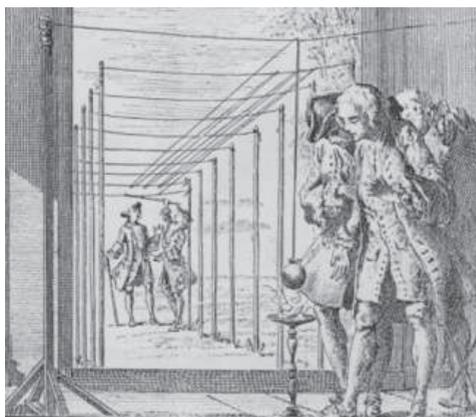


Figura B.12 Una rappresentazione dell'esperimento di Gray.

Essi estesero l'esperienza a 198 m in linea retta, in seguito a 233 m e, negli esperimenti successivi, variarono gli oggetti sospesi all'estremità libera dello spago. Invece di una sfera d'avorio, essi usarono un mappamondo con una superficie di 8 m², un ombrello e una calamita con una chiave metallica che pendeva da una delle sue estremità.

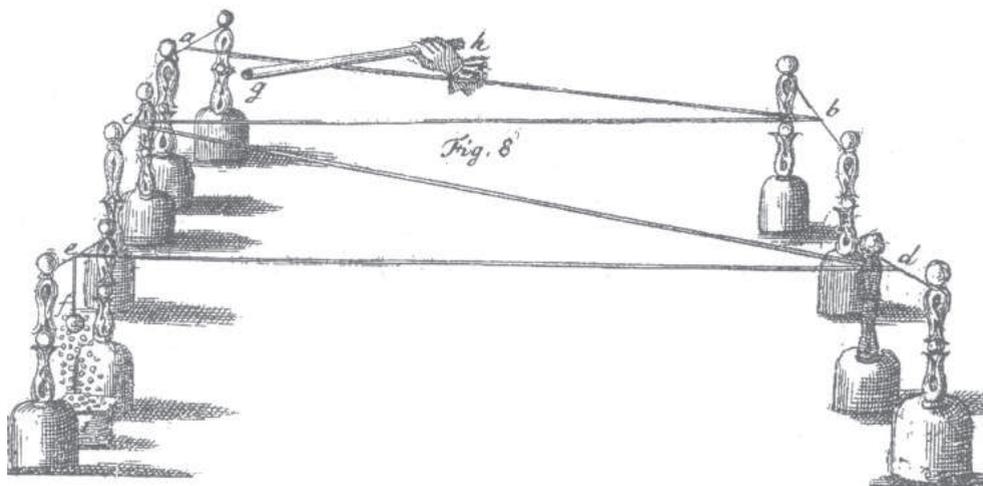


Figura B.13 Una sfera attira corpi leggeri se sostenuta da stringhe isolanti. Il vetro strofinato è avvicinato all'altra estremità del cavo conduttore.

Tutti questi materiali attiravano la foglia di ottone quando il tubo di vetro veniva strofinato. Dopo, essi sospesero tre corpi in posizioni diverse lungo la linea di comunicazione ed osservarono che tutti e tre simultaneamente attraevano le rispettive foglie d'ottone quando il vetro veniva strofinato. Sospesero, dalle zampe, finanche un pulcino vivo e osservarono che il suo petto divenne fortemente attrattivo.

Alla fine dell'articolo, Gray descrisse altri esperimenti mostrando di poter trasmettere la virtù elettrica fino a una distanza di 270 m.

A quel punto troviamo la quarta importante scoperta descritta da Gray in questo articolo. Egli dimostrò che la virtù elettrica avrebbe potuto esser trasmessa lungo la linea di comunicazione, semplicemente portando un tubo di vetro strofinato vicino a una sua estremità, senza alcun contatto tra tubo e spago³⁰:

A casa del sig. Godfrey ho effettuato i seguenti esperimenti; dimostrando che la virtù elettrica può essere trasferita dal tubo, senza toccare la linea di comunicazione, ma solo tenendo il tubo vicino ad essa.

Il primo di questi esperimenti fu compiuto il 5 agosto 1729.

[...]

Presi un pezzo di *hair-line*³¹, come quello su cui viene messa ad asciugare la biancheria, di circa undici piedi [3,3 m] di lunghezza; che, tramite un anello all'estremità superiore di esso, era stato sospeso a un chiodo conficcato in una delle travi nel sottotetto e aveva alla sua estremità inferiore un peso di piombo di quattordici libbre [6,4 kg], appeso ad essa attraverso un anello di ferro. In seguito la foglia in ottone fu posta sotto il peso, e il tubo strofinato, e tenendolo vicino al filo senza toccarlo, il peso di piombo attrasse e respinse la foglia d'ottone diverse volte consecutivamente, da un'altezza di almeno tre, se non quattro pollici [10 cm]. Se il tubo era tenuto a tre o quattro piedi

[1,2 m] sopra il peso, si verificava un'attrazione; ma se fosse stato tenuto più in alto, in modo da essere vicino alla trave a cui il peso era sospeso attraverso l'*hair-line*, non ci sarebbe stata alcuna attrazione.

Una rappresentazione di questo esperimento può essere trovata nella Figura B.14 (a).

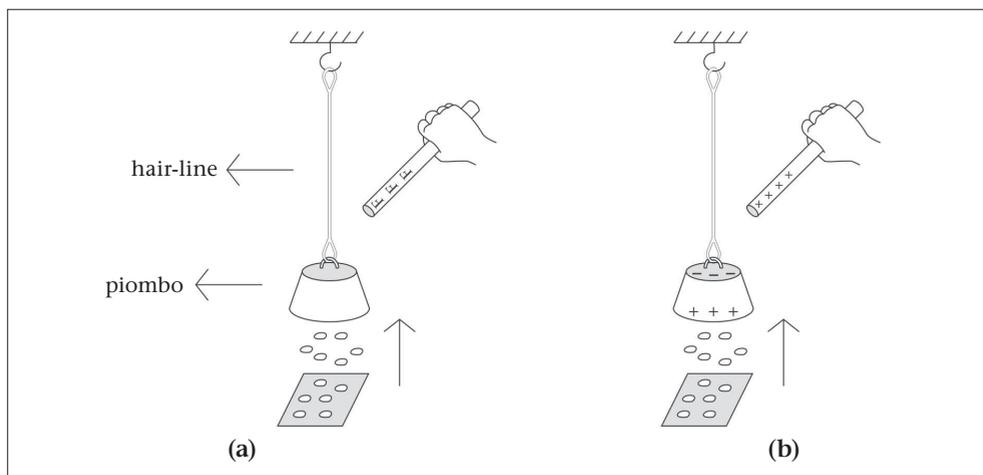


Figura B.14 (a) Gray riuscì a far sì che il peso di metallo attrasse corpi leggeri semplicemente avvicinando ad esso il vetro strofinato, senza toccarlo. (b) Rappresentazione qualitativa delle cariche nel caso (a).

La nostra comprensione attuale di questo esperimento è che il tubo di vetro strofinato polarizza elettricamente il peso di piombo. La porzione del peso che è vicina al vetro si elettrizza con una carica di segno opposto al vetro, mentre la porzione più lontana si elettrizza con una carica dello stesso segno di quella del vetro. La foglia di ottone viene attratta essenzialmente dalla porzione inferiore del piombo polarizzata. In un certo senso questo è analogo all'Esperimento 7.9.

Una rappresentazione qualitativa delle cariche in questo esperimento appare nella Figura B.14 (b).

Gray utilizzò *hair-lines* per sospendere corpi anche in altri esperimenti. Non è chiaro esattamente in cosa essi consistessero. In ogni caso, essi fungevano da isolanti. In un altro famoso esperimento descritto in questo articolo del 1731, Gray sospese un ragazzo di 21 kg in posizione orizzontale³², "tramite due *hair-lines*, come quelli su cui vengono messi ad asciugare i vestiti". Portò poi un tubo di vetro strofinato vicino ai piedi del ragazzo, senza toccarli, e osservò che il volto del ragazzo attraeva foglie di ottone poste sotto di lui.

Du Fay ripeté l'esperimento con il ragazzo nel 1733. Quando usò corde comuni ("cordes ordinaires"), egli non ottenne alcuna attrazione. Però, quando sostituì le corde comuni con corde di seta ("cordons de soye"), osservò le stesse attrazioni ottenute da Gray³³. Le corde comuni sono di solito conduttrici. Questo dimostra che gli *hair-lines* di Gray sono isolanti, poiché solo quando usiamo isolanti, gli esperimenti con il ragazzo hanno successo.

In un articolo del 1735 Gray eseguì alcuni esperimenti simili. Iniziò dicendo che³⁴

Siccome non avevo alcuna corda di seta abbastanza forte da sorreggere il ragazzo, io lo feci stare su alcuni corpi elettrici.

Cioè, il ragazzo si mise su alcuni isolanti, come diremmo oggi. Nella pagina successiva di questo articolo, Gray descrisse altri esperimenti che compì a casa del sig. Wheler: “Il sig. Wheler, subito dopo che venni da lui, si procurò stringhe di seta abbastanza forti da sopportare il peso del suo valletto, un bravo ragazzo robusto; poi lo si sospese sulle stringhe, [...]”. Da tutto ciò è molto probabile che gli *hair-lines* di Gray fossero di seta.

Nel seguito di questo articolo, Gray descrisse altri esperimenti in cui egli trasmetteva la virtù elettrica a conduttori semplicemente portando il tubo di vetro strofinato in prossimità dei conduttori, senza toccare gli stessi. Utilizzando cerchi di legno di 66 cm e 91 cm di diametro, sospesi da stringhe isolanti, egli osservò che l’effluvio elettrico poteva essere trasportato lungo la circonferenza di questi cerchi. Esso era anche in grado di passare da un cerchio ad un altro in contatto con il primo (Figura B.15)³⁵. Egli riusciva anche a trasmettere la virtù elettrica a frutta e verdure.

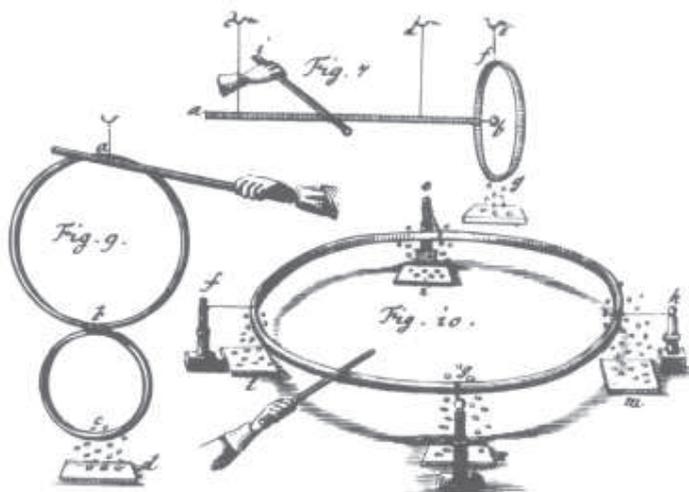


Figura B.15 Rappresentazione degli esperimenti di Gray con i cerchi di legno sorretti da stringhe isolanti.

Gray fu persino capace di fare in modo che una bolla di sapone attirasse corpi leggeri³⁶:

Il 23 marzo [del 1730], sciolsi il sapone nell’acqua del Tamigi, quindi sospesi una pipa per tabacco tramite un *hair-line* [probabilmente di seta o un crine di cavallo], in modo che essa fosse sospesa quasi in orizzontale, con la bocca del fornello verso il basso. Poi dopo averla immersa nel liquido saponato, e soffiata una bolla, con l’ottone in foglioline giacente su un supporto sotto di essa, avendo strofinato il tubo [di vetro], l’ottone fu attratto dalla bolla, quando il tubo fu tenuto vicino all’*hair-line*. Poi ripetei l’esperimento con un’altra bolla, tenendo il tubo in prossimità dell’estremità piccola della pipa, e l’attrazione era ora molto più grande, essendo l’ottone in foglioline attratto all’altezza di circa due pollici [5 cm].

Questo esperimento, rappresentato nella Figura B.16 (a), illustra ancora una volta che l’acqua dolce si comporta come un conduttore. Gray aveva già trasmesso la capacità di attirare corpi leggeri a molti conduttori, come metalli, legno, ecc.

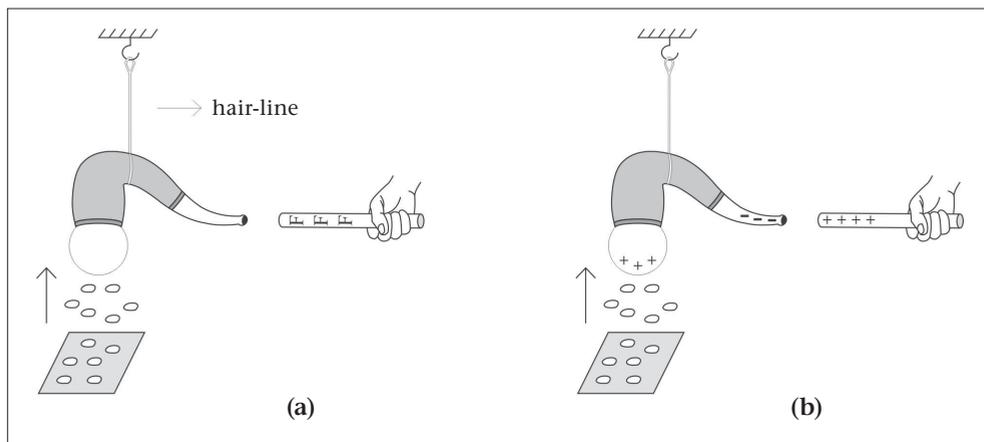


Figura B.16 (a) una bolla di sapone che attrae foglie d'ottone quando il tubo di vetro strofinato viene portato in prossimità della pipa sospesa tramite un *hair-line* [filo di crine o filo setoso], un isolante. (b) Rappresentazione qualitativa delle cariche nel caso (a).

B.7 L'esperimento con il ragazzo sospeso

In questo lavoro del 1731 Gray descrisse diversi esperimenti in cui egli sospese un ragazzo in posizione orizzontale mediante *hair-line*, probabilmente fatti di seta³⁷. Ad esempio, con la faccia del ragazzo rivolta verso il basso, Gray tenne il tubo di vetro strofinato vicino ai suoi piedi, senza toccarli, e osservò foglie di ottone che erano attratte dal volto del ragazzo, sollevandosi fino a 30 cm di altezza. Una vecchia rappresentazione di questo esperimento può essere trovata in Figura B.17³⁸.

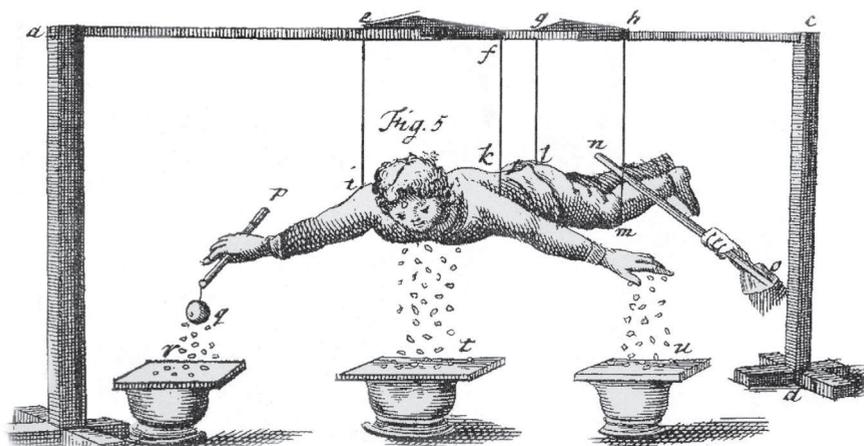


Figura B.17 Un ragazzo è sospeso mediante fili isolanti. Un tubo di vetro strofinato è portato vicino alle sue gambe. Le mani e il viso del ragazzo attraggono corpi leggeri.

Questo esperimento diventò molto famoso. Esso fu usato da Nollet nel frontespizio del suo libro *Essai sur l'Electricité des Corps* (Figura B.18)³⁹.



Figura B.18 Rappresentazione del famoso esperimento di Gray nel libro di Nollet, [Nol53]. In questa figura si può notare che il tubo di vetro non deve necessariamente toccare il ragazzo.

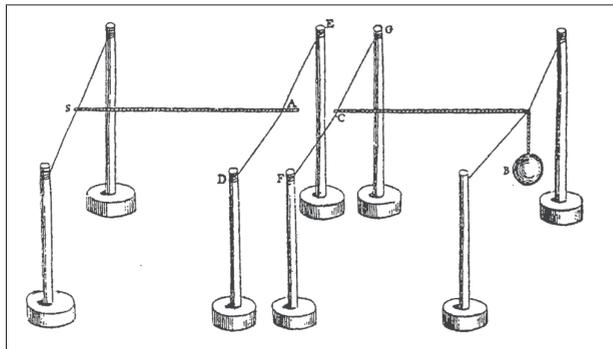


Figura B.19 Illustrazione dell'esperimento di Du Fay analogo ad alcuni precedenti esperimenti compiuti da Gray.

Alcuni di questi esperimenti furono ripetuti da Gray ed estesi da Du Fay. Per esempio, nella sua terza memoria egli ha un esperimento che è qui illustrato in Figura B.19 ⁴⁰.

Du Fay descrive tale esperimento come segue^{41,42}:

Presi due pezzi di corda [conduttrice], con lo spessore di un dito, di cui il primo [pezzo] SA, aveva una lunghezza di 6 piedi [1,8 m], e l'altro CB era 8 [piedi, cioè 2,4 m], fissai ognuno di loro da una estremità a due cavi di seta trasversali, DE e FG, ad angolo retto rispetto a loro, e che erano disposti in modo tale che noi potessimo avvicinare o allontanare parallelamente fra loro tali cordicelle trasversali, in modo che potessimo tenerli alla distanza prescelta [tra loro]. All'estremità B della corda da 8 piedi fu sospesa una sfera di legno, mentre l'estremità lontana della corda da 6 piedi fu fissata in S ad un terzo filo di seta trasversale per sospenderla in aria. Poi, avvicinando il tubo strofinato [di vetro] all'estremità S della corda SA, dopo aver separato le due corde di un pollice [2,54 cm] l'una dall'altra, l'elettricità era così sensibile in prossimità della sfera come se la corda fosse stata continua [osservando che la sfera attirava foglie metalliche poste vicino ad essa], a [una separazione di] 3 pollici [7,5 cm] essa [l'elettricità] era ancora più [sensibile], a 6 pollici [15 cm] un po' meno, e ad 1 piede [30 cm] molto meno, più o meno come a una distanza di 1256 piedi di una linea continua [377 m come Du Fay aveva sperimentato in precedenza]. Pertanto, la sostanza elettrica scorreva liberamente attraverso l'aria, senza rimanere attaccata ad un qualsiasi corpo. Questo esperimento dimostra quanto sia necessario che la corda [conduttrice] utilizzata per trasmettere lontano l'elettricità, sia *isolata*, cioè, [la corda conduttrice dovrebbe essere] sospesa soltanto da corpi che sono il meno possibile propensi a caricarsi di elettricità.

La descrizione moderna di questo esperimento non si basa su una sostanza elettrica che fluisce liberamente attraverso l'aria, come immaginava Du Fay. Si ritiene, invece, che il fenomeno principale di questo esperimento sia la polarizzazione elettrica dei conduttori, come in Figura B.20. Cioè, il tubo di vetro strofinato polarizza elettricamente la corda conduttrice SA quando viene portato vicino ad essa. Le cariche all'estremità A di detta corda polarizzano elettricamente un altro conduttore CB. Questo conduttore CB è costituito da una seconda corda collegata ad una palla di legno. Entrambe le polarizzazioni avvengono nonostante lo spazio d'aria tra A e C, che varia da un pollice, 2,5 cm, ad un piede, 30 cm. Le cariche accumulate in corrispondenza dell'estremità inferiore della sfera di legno, che hanno lo stesso segno delle cariche sul tubo di vetro strofinato, attraggono corpi leggeri nelle vicinanze.

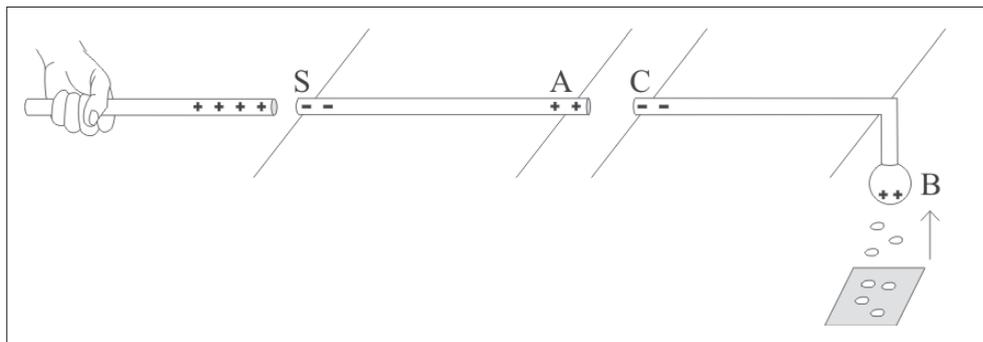


Figura B.20 Illustrazione della polarizzazione dell'esperimento di Du Fay (Figura B.19). I conduttori SA e CB sono sorretti da fili isolanti di seta.

B.8 Scoperta che le cariche libere sono distribuite sulla superficie di conduttori

Nel seguito dell'articolo di Gray del 1731, egli descrisse un'altra scoperta fondamentale, vale a dire (nostra enfasi in corsivo)⁴³:

Qualche tempo dopo, a casa del sig. Wheeler facemmo il seguente esperimento, per provare se l'attrazione elettrica fosse proporzionale alla quantità di materia nei corpi.

Furono fatti due cubi di quercia, di circa sei pollici quadrati [15 cm²], uno pieno, l'altro cavo: questi furono sospesi con due *hair-line*, quasi allo stesso modo come nell'esperimento sopra citato; la distanza dei cubi l'uno dall'altro, era stimata essere di circa quattordici o quindici piedi [4,6 m]; la linea di comunicazione era legata ad ogni *hair-line*, e l'ottone in foglie posto sotto i cubi, il tubo [di vetro] era strofinato e tenuto sopra la metà della linea [di comunicazione], e come meglio potesse essere stimato, a parità di distanza dai cubi, e allora entrambi attrassero e respinsero le foglie di ottone allo stesso tempo, e alla stessa altezza; *in modo che sembrava non esserci maggiore attrazione da parte del cubo pieno rispetto al cubo cavo; tuttavia sono incline a pensare che gli effluvi elettrici passino attraverso tutte le parti interne del cubo pieno, sebbene nessuna parte attragga al di fuori della superficie*; perché da diversi esperimenti risulta che se un corpo solido tocca ciò che attira, la sua attrazione cessa finché quel corpo non sia rimosso, e l'altro sia nuovamente eccitato dal tubo.

Una rappresentazione di questo esperimento può essere trovata in Figura B.21.

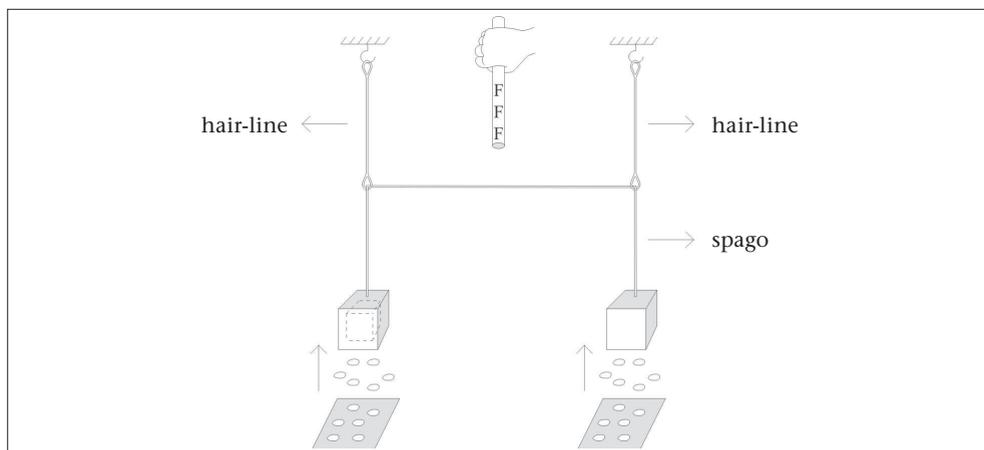


Figura B.21 Un cubo cavo e un cubo pieno attraggono con la stessa forza.

Questo esperimento descrive due scoperte molto importanti. La prima è che in elettrostatica le cariche libere o le cariche in eccesso sui conduttori (come i cubi conduttori di legno in questo esperimento) si distribuiscono sulle superfici dei conduttori e non su tutto il loro volume. Talvolta questa proprietà fondamentale dei conduttori in equilibrio elettrostatico è attribuita a Michael Faraday (1791-1867). Questo esperimento dimostra che il fenomeno era già conosciuto da Gray⁴⁴.

La seconda scoperta, espressa nell'ultima frase citata sopra, è il fatto che un conduttore elettrizzato viene scaricato quando tocca un altro conduttore collegato a terra, cioè quando il conduttore elettrizzato è messo a terra. Gray sembra riferirsi qui ai suoi esperimenti del 1708. Si vedano le Sezioni 4.2 e 4.5.

B.9 Scoperta del potere delle punte

Inizialmente Gray dispose la foglia di ottone su un supporto, che era una tavola rotonda di 30 cm di diametro, con la carta bianca incollata su di essa, sorretta su un piedistallo alto 30 centimetri. Nel seguito del suo articolo storico, Gray descrisse anche un'altra scoperta molto importante, ovvero⁴⁵:

In questi esperimenti, oltre al grande supporto sopra citato, io feci uso di due più piccoli, che siccome trovai molto utili potrebbe non essere improprio descrivere. Le loro sommità avevano un diametro di tre pollici [7,6 cm]; esse erano sorrette da una colonna di circa un piede [30 cm] in altezza, le loro basi di circa quattro pollici e mezzo [11,4 cm]. Essi erano costruiti con *Lignum vitae* [un tipo di legno], le loro sommità e le basi realizzate in modo da avvitarsi per comodità di trasporto. Sulle sommità era incollata carta bianca. Quando l'ottone in foglie è posto su uno qualsiasi di questi banchi, osservo che esso è attratto da un'altezza molto superiore di quando è posto su un tavolo, e almeno tre volte in più rispetto a quando è posto sul pavimento di una stanza.

Una rappresentazione di questo esperimento può essere trovata in Figura B.22.

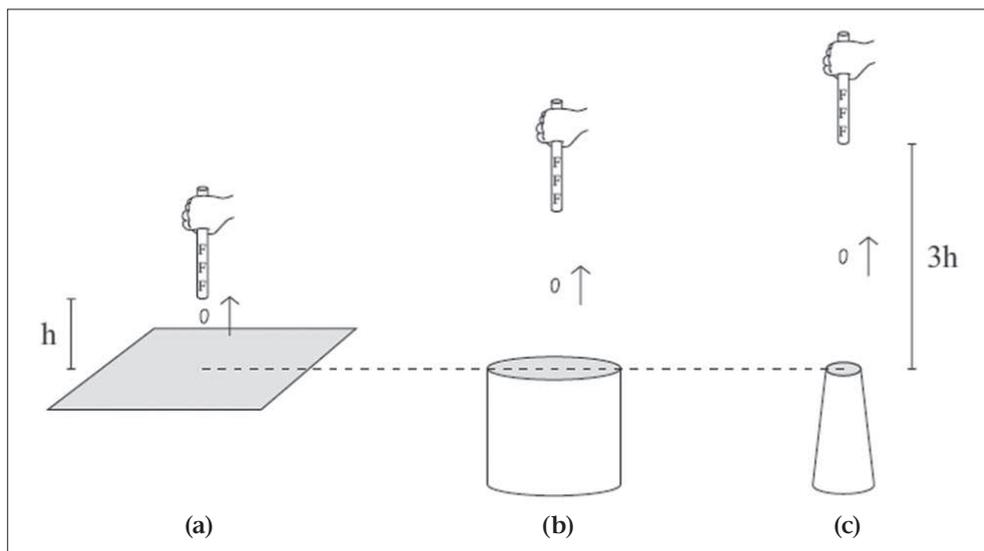


Figura B.22 (a) Una piccola foglia di ottone è attratta da un'altezza h dalla sua posizione iniziale al suolo. (b) Essa si solleva di più quando è posta su un tavolo o su un cilindro conduttore di 30 cm di diametro. (c) Quando è su un conduttore conico, è attratta tre volte di più rispetto a quando è sul pavimento.

Questa è una delle prime descrizioni note del potere delle punte. Cioè, la forza elettrica è più forte intorno a regioni acute e appuntite di conduttori che intorno a superfici piane.

Nella sezione 4.10 abbiamo analizzato il comportamento delle frecce attaccate ad un pendolo elettrico. Esse puntavano verso la cannucchia strofinata che le attraeva prima di entrare in contatto con essa. Dopo il contatto, esse puntavano lontano dalla cannucchia. Questo comportamento è correlato con il potere delle punte scoperto da Gray.

B.10 Conclusione

Senza dubbio questo è uno degli articoli più importanti dell'intera storia dell'elettricità. Il numero di scoperte fondamentali fatte da un semplice tintore in pensione che non ha mai studiato all'università è veramente impressionante. A quel tempo aveva 63 anni. Consideriamo che il principale contributo di Gray sia la sua scoperta dei conduttori e isolanti. Egli descrisse alcune delle loro proprietà principali. Questo ha permesso un controllo dei fenomeni elettrici, aprendo la strada ad una serie di nuove scoperte che furono fatte poco dopo da Gray stesso e da altri scienziati. In altri suoi articoli Gray descrisse molte nuove scoperte estremamente importanti nel campo dell'elettricità, ma noi non ne discuteremo qui.

Du Fay seguì attentamente i lavori di Gray e fu fortemente influenzato dai suoi articoli. Le scoperte di Du Fay della repulsione elettrica, del meccanismo *ACR*, e dei due tipi di elettricità, furono fatte dopo che egli decise di riprodurre ed esplorare le molte scoperte che Gray aveva fatto in precedenza. Per esempio, in una delle sue più importanti opere, Du Fay disse quanto segue⁴⁶:

Supplico vostra Grazia di comunicarla [questa lettera] alla *Royal Society*, in particolare al sig. *Gray*, che lavora su questo argomento con tanta applicazione e successo, e col quale mi sento in debito per le scoperte che ho fatto, così come per quelle che potrò eventualmente fare in futuro, dal momento che è grazie ai suoi scritti che mi sono risolto ad applicarmi a questo tipo di esperimenti.

Abbiamo iniziato questo libro descrivendo l'effetto ambrà, un esperimento noto almeno dal tempo di Platone, IV secolo a.C. Abbiamo concluso con una descrizione delle opere di un tintore in pensione le cui scoperte ci hanno permesso un grande avanzamento nella nostra comprensione della natura e nel campo tecnico dell'elettricità. I modi in cui la scienza si è sviluppata sono davvero affascinanti!

Note

¹ [Grah].

² [Cm79], [Hei81c], [Hei99, pp. 242-249], [CC00] e [BC09].

³ [Chi54], [Grab], [Grah], [Grad], [Graf], [Grag], [Grae], [Grai], [Grac] e [Graa].

⁴ [Hei81c].

⁵ [Chi54].

⁶ [Chi54, p. 38, nota 6].

⁷ [Grab].

⁸ [Grah].

⁹ [Grah, pp. 18-19].

¹⁰ [Chi54, pp. 34 e 37].

¹¹ [Grah, p. 20].

¹² [Haub] e [Hei99, p. 245].

¹³ [Grah, p. 20].

¹⁴ [Grab].

- ¹⁵ [Grah, pp. 19-20].
- ¹⁶ [Grah].
- ¹⁷ [Hei99, p. 246, nota].
- ¹⁸ [Grah, p. 22].
- ¹⁹ [Hei99, p. 246].
- ²⁰ [Grah, p. 25].
- ²¹ [Grah, pp. 26-27].
- ²² [Grah, p. 36].
- ²³ [Grad, p. 228] e [Grag, pp. 399 e 406].
- ²⁴ [Grae, pp. 18 e 20].
- ²⁵ [Fig67, Vol. 1, Figura 227, p. 441], [Fig85, p. 321], [Bor] e [FM91, p. 88].
- ²⁶ [Nol53].
- ²⁷ [Dop74].
- ²⁸ [Grah, pp. 28-29].
- ²⁹ [GS89], [BWb] e [Dop74].
- ³⁰ [Grah, pp. 33-34].
- ³¹ Questi "hair-lines" potrebbero essere fili di crine o fili setosi, ma non è del tutto chiaro. [n.d.t.]
- ³² [Grah, p. 39].
- ³³ [DF33d, pp. 250-251].
- ³⁴ [Grae, p. 17].
- ³⁵ [Dop74] e [Hei99, p. 249].
- ³⁶ [Grah, pp. 38-39].
- ³⁷ [Grah, pp. 39-41].
- ³⁸ [Dop74].
- ³⁹ [Nol53].
- ⁴⁰ [DF33d, pp. 248-249] e [RR57, p. 584].
- ⁴¹ [DF33d, pp. 248-249].
- ⁴² J'ai pris deux morceaux d'un cordon de fil, gros comme le doigt, dont le premier SA, avoit 6 pieds de long, & l'autre CB, en avoit 8, je les ai assujettis chacun par un bout à deux brides de soye DE, & FG, qui les coupoient à angles droits, & qui étoient disposées de sorte qu'approchant ou éloignant parallèlement ces brides l'une de l'autre, les deux bouts des deux cordons s'éloignoient ou s'approchoient l'un de l'autre, de mani'ere qu'on pouvoit les fixer à la distance qu'on souhaitoit. Au bout B du cordon de 8 pieds étoit suspenduë une boule de bois, & le bout le plus éloigné du cordon de 6 pieds étoit fixé à une troisième bride de soye en S pour la soutenir en l'air; présentant ensuite le tube frotté au bout S du cordon SA, après avoir éloigné les deux cordons d'un pouce l'un de l'autre, l'électricité étoit aussi sensible dans la boule que si le cordon eût été continu, à 3 pouces elle l'étoit encore beaucoup, à 6 pouces un peu moins, & à 1 pied beaucoup moins, & à peu-près comme à la distance de 1256 pieds de corde continuë; la matière électrique coule donc librement dans l'air, sans être fixée par aucun corps. Cette expérience prouve combien il est nécessaire que la corde dont on se sert pour transmettre au loin l'électricité, soit isolée, ou ne soit soutenue que de corps les moins propres qu'il est possible à se charger eux-mêmes de l'électricité.
- ⁴³ [Grah, p. 35].
- ⁴⁴ [CM79, p. 396] e [Hei99, pp. 248-249].
- ⁴⁵ [Grah, p. 42].
- ⁴⁶ [DF, pp. 265-266] e [BC07, p. 643].