

Prima memoria sull'elettricità e sul magnetismo

Costruzione e uso d'una bilancia elettrica, fondata sulla proprietà dei fili di metallo d'avere una forza di reazione di torsione proporzionale all'angolo di torsione. [\[1\]](#)

Determinazione sperimentale della legge secondo cui gli elementi dei corpi carichi del medesimo genere di elettricità si respingono mutuamente. [\[2\]](#)

In una memoria presentata all'Accademia nel 1784, ho sperimentalmente determinato le leggi della forza di torsione di un filo di metallo, e ho trovato che questa forza è direttamente proporzionale all'angolo di torsione, alla quarta potenza del diametro del filo di sospensione ed è inversamente proporzionale alla sua lunghezza; il tutto moltiplicato per un coefficiente costante che dipende dalla natura del metallo e che si può facilmente determinare sperimentalmente.[\[3\]](#)

Ho mostrato nella medesima memoria, che per mezzo di questa forza di torsione è possibile misurare con precisione delle forze assai deboli come, ad esempio, un decimillesimo di grain.

Ho presentato nella medesima memoria una prima applicazione di questa teoria, cercando di valutare la forza costante dovuta all'aderenza nella formula che dà l'attrito sulla superficie di un solido in moto in un fluido. [\[4\]](#)

Oggi presento all'Accademia una bilancia elettrica costruita secondo gli stessi principi: essa misura con la massima esattezza lo stato e la forza elettrica d'un corpo, per quanto debole sia la sua carica. [\[5\]](#)

Costruzione della bilancia [\[6\]](#)

Benchè la pratica m'abbia insegnato che per eseguire in modo comodo diverse esperienze con l'elettricità, bisogna correggere qualche difetto nella prima bilancia di questo genere che ho fatto costruire, tuttavia, poichè è per intanto la sola di cui io mi sia servito, ve ne darò la descrizione, con l'avvertenza che la sua forma e le sue dimensioni possono essere modificate a seconda della natura degli esperimenti che si intendono eseguire. La prima figura rappresenta in prospettiva la bilancia della quale vi specificherò ora i dettagli.

Su di un cilindro di vetro *ABCD* di 12 pollici di diametro e di 12 pollici d'altezza viene posto un piatto di vetro di 13 pollici di diametro, che ricopre completamente il vaso di vetro; in questo piatto sono praticati due buchi di circa 20 linee di diametro, uno nel mezzo, in *f*, da cui s'innalza un tubo di vetro di 24 pollici d'altezza; questo tubo è cementato sul buco *f*, con del cemento in uso per gli apparecchi elettrici: all'estremità superiore del tubo, in *h*, è posto un micrometro di torsione, che si vede in dettaglio nella Fig. 2.

Nella parte superiore, n.l, si trovano il bottone *b* e l'indice *io*, e la pinza di sospensione *q*; questo pezzo entra nel buco del pezzo n.2: questo pezzo n.2 è formato da un cerchio *ab* diviso in 360 gradi e da un tubo di rame che entra nel tubo *H*, n.3, saldato all'interno dell'estremità superiore del tubo o dello stelo *fh* di vetro della Fig. 1.

La pinza *q*, (Fig. 2), n.l, ha pressappoco la forma dell'estremità d'un porta mine, che può stringersi per mezzo dell'anello *q*; è nella pinza di questo portamine, che è fissata l'estremità di un filo d'argento molto fine; l'altra estremità del filo d'argento è fissata (Fig. 3) in *P*, dalla pinza d'un cilindro *PO* di rame o di ferro, il cui diametro non è neppure una linea, e la cui estremità *P* è tagliata e forma una pinza che si chiude col corrente ϕ . Questo piccolo cilindro è rigonfio e forato in *C* per potervi far scorrere (Fig. 1) l'ago *ag*: è necessario che il peso di questo cilindretto sia sufficiente a tendere il filo d'argento senza romperlo. L'ago che si vede (Fig. 1) in *ag*, sospeso orizzontalmente pressappoco a mezza altezza del grande vaso che lo racchiude, è formato o da un filo di seta imbevuto di cera di Spagna, o da una paglia egualmente imbevuta di cera di Spagna, e termina da *q* fino ad *a*, per una lunghezza di 18 linee con un filo cilindrico di gomma-lacca: all'estremità *a* di questo ago, c'è una piccola sfera di sambuco di due o tre linee di diametro; in *g*, vi è un piccolo piano verticale di carta passato alla trementina, che serve da contrappeso alla sfera *a*, e che rallenta le oscillazioni.

Abbiamo detto che il coperchio *AC* deve essere dotato di un secondo foro in *m*; è dentro questo secondo foro che si introduce un cilindretto *mFt*, la cui parte inferiore *Ft* è di gomma-lacca; in *t*, vi è una sferetta

anch'essa di sambuco; attorno al vaso, all'altezza dell'ago, si descrive un cerchio zQ diviso in 360 gradi: per maggior semplicità, io mi servo di una striscia di carta divisa in 360 gradi, che incollo intorno al vaso, all'altezza dell'ago.

Per cominciare ad operare con questo strumento metto il coperchio e faccio corrispondere il foro m pressappoco con la prima divisione, o col punto O del cerchio zQ tracciato sul vaso. Metto l'indice oi del micrometro sul punto O o sulla prima divisione di questo micrometro; faccio quindi ruotare l'intero micrometro entro il tubo verticale h , fino a che guardando nella direzione indicata dal filo verticale che sostiene l'ago, e dal centro della sfera, l'ago ag non si trovi a corrispondere alla prima divisione del cerchio zQ . Introduco poi attraverso il foro m l'altra sfera t sospesa al filo mFt , in modo che tocchi la sfera a , e che guardando nella direzione individuata dal centro del filo di sospensione e dalla sfera t , si incontri la prima divisione O del cerchio zQ . La bilancia è ora pronta per tutte le operazioni; vi esporremo per esempio, come ce ne siamo serviti per determinare la legge fondamentale secondo cui i corpi carichi si respingono. [7]

Legge fondamentale dell'elettricità

La forza repulsiva di due piccoli globi carichi con il medesimo tipo d'elettricità, è inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra i centri dei due globi. [8]

Esperimento

Si elettrizza, Fig. 4, un piccolo conduttore che non è altro che uno spillo con una grossa testa, che viene isolato affondando la sua punta nell'estremità d'un bastone di cera di Spagna; si introduce questo spillo nel foro m , e gli si fa toccare la sfera t , che è a contatto con la sfera a : tolto l'ago, le due sfere si trovano cariche del medesimo tipo di elettricità ed esse si respingono mutuamente, ad una distanza che si misura guardando nella direzione individuata dal filo di sospensione e dal centro della sfera a la divisione corrispondente del cerchio zQ : ruotando poi l'indice del micrometro nel senso pno , si torce il filo di sospensione lp , e si produce una forza proporzionale all'angolo di torsione che tende ad avvicinare la sfera a alla t . [9] Si osservano così le distanze a cui diversi angoli di torsione portano la sfera a verso la t , e confrontando le forze di torsione con le corrispondenti distanze tra le due sfere, si determina la legge di repulsione. [10]

Qui presenterò solamente qualche prova che è facile a ripetersi e che metterà immediatamente sotto i vostri occhi la legge di repulsione. [11]

Prima prova- Avendo elettrificato le due sfere con la testa dello spillo con l'indice del micrometro sullo 0, la sfera a dell'ago s'è allontanata dalla sfera t di 36 gradi. [12]

Seconda prova- Avendo torto il filo di sospensione, per mezzo del bottone o del micrometro di 126 gradi, le due sfere si sono avvicinate e fermate a 18 gradi di distanza l'una dall'altra. [13]

Terza prova- Avendo torto il filo di sospensione di 567 gradi, le due sfere si sono avvicinate a 8 gradi e mezzo. [14]

Spiegazione e risultato di questo esperimento

Quando le sfere non sono ancora elettrificate, si toccano, e il centro della sfera a , sospesa all'ago, non si è allontanato dal punto ove la torsione del filo di sospensione è nullo che della metà dei diametri delle due sfere. Bisogna tener presente che il filo d'argento lp , che costituisce la sospensione, era lungo 28 pollici, ed era così fine, che 1 piede di lunghezza di questo filo non pesava che $1/16$ di grain. Calcolando la forza necessaria a tendere questo filo, agendo su a , lontano quattro pollici dal filo lp o dal centro di sospensione, ho trovato, usando le formule spiegate in una memoria sulle leggi della forza di torsione dei fili metallici, stampata nel volume dell'Accademia per il 1784, che per torcere questo filo di 360 gradi, era sufficiente applicare ad a , agendo sulla leva an , di quattro pollici di lunghezza, una forza di $1/340$ di grain: cosicchè

essendo le forze di torsione, come è dimostrato in quella memoria, proporzionali all'angolo di torsione, la minima forza repulsiva tra le due sfere le allontana sensibilmente l'una dall'altra. [\[15\]](#)

Noi troviamo nel nostro primo esperimento, mentre l'indice del micrometro è sul punto o , che le sfere si sono allontanate di 36 gradi, cosa che produce nello stesso tempo una forza di torsione di $36^\circ = 1/3400$ di grain; nella seconda prova, la distanza delle due sfere è di 18 gradi, ma dato che si è ruotato il micrometro di 126 gradi, risulta che a 18 gradi di distanza, la forza repulsiva è di 144 gradi: cioè a metà della prima distanza, la repulsione delle sfere è quadruplicata. [\[16\]](#)

Nella terza prova, si è torto il filo di sospensione di 576 gradi, e le due sfere non si trovano a più di 8 gradi e mezzo di distanza. La torsione totale è dunque di 576 gradi, quadrupla di quella della seconda prova, e solo per mezzo grado la distanza delle due sfere in questa terza prova, non si è ridotta alla metà di quella a cui erano nella seconda. [\[17\]](#)

Risulta dunque da queste tre prove che l'azione repulsiva che due sfere cariche del medesimo tipo di elettricità esercitano l'una sull'altra è inversamente proporzionale al quadrato delle distanze. [\[18\]](#)

Prima osservazione

Ripetendo l'esperienza precedente, si osserverà che servendosi di un filo d'argento fine quanto quello che abbiamo usato noi, che non dà per la forza di torsione di un angolo di 5 gradi che un ventiquattromillesimo di grain circa, per quanto calma sia l'aria e per quante precauzioni si prendano non si potrà esser certi della posizione naturale dell'ago, allorchè la torsione è nulla che con un'approssimazione di 2 o 3 gradi. Così per avere una prima prova confrontabile con le seguenti bisogna, dopo aver caricato le due sfere, torcere il filo di sospensione di 30 o 40 gradi, questa forza di torsione sommata alla distanza fra le due sfere osservate, fornirà una forza abbastanza considerevole, perchè i 2 o 3 gradi d'incertezza nella prima posizione dell'ago, quando la torsione è zero, non producano nei risultati un errore sensibile. Bisogna poi tener presente che il filo d'argento, di cui mi sono servito in questo esperimento, è così fine che si rompe alla minima scossa: ho visto in seguito, che è più comodo usare nelle esperienze un filo di sospensione di diametro quasi doppio, benchè la flessibilità risultasse da quattordici a quindici volta minore di quella del primo.

Bisogna aver cura, prima di usare questo filo d'argento, di tenerlo per due o tre giorni teso sotto l'effetto di un peso che sia circa la metà di quello che può portare senza rompersi; bisogna ancora tener presente che usando quest'ultimo filo d'argento non bisogna mai torcerlo più di 300 gradi, perchè passato questo termine comincia a incrudirsi e non reagisce più, come abbiamo dimostrato nella già citata memoria del 1784, che con una forza minore dell'angolo di torsione. [\[19\]](#)

Seconda osservazione

L'elettricità delle due sfere diminuisce un po' durante il tempo in cui si esegue l'esperimento, io ho provato che, il giorno in cui ho fatto le prove sopra riportate, le sfere elettrificate che si trovavano per effetto della loro repulsione a 30 gradi di distanza l'una dall'altra, con un angolo di torsione di 50 gradi, si sono avvicinate di un grado in tre minuti; ma poichè non ho impiegato che due minuti per eseguire le tre prove precedenti, si può in questi esperimenti, trascurare l'errore che risulta dalla perdita di elettricità. Se si desidera una maggiore precisione, o se l'aria è umida, e nel caso in cui l'elettricità si perda rapidamente, si deve, con una prima osservazione, determinare la diminuzione dell'azione elettrica delle due sfere in ogni minuto, servirsi poi di questa prima osservazione, per correggere i risultati degli esperimenti che si vorranno fare quel giorno. [\[20\]](#)

Terza osservazione

La distanza delle due sfere, allorchè si sono allontanate l'una dall'altra per effetto della loro azione repulsiva reciproca, non è esattamente misurata dall'angolo che esse formano, ma dalla corda dell'arco che unisce i loro centri; così come la leva all'estremità della quale si esercita l'azione, non è misurata dalla metà della lunghezza dell'ago, o dal raggio, ma dal coseno della metà dell'angolo formato dalla distanza delle due sfere; queste due quantità di cui l'una è minore dell'arco, e diminuisce di conseguenza la distanza misurata da quest'ultimo, mentre l'altra diminuisce la lunghezza della leva, in qualche modo si compensano; e negli esperimenti del genere di cui noi ci siamo occupati, si può senza errori sensibili attenersi alla nostra valutazione, se la distanza delle due sfere non supera i 25 - 30 gradi; altrimenti è necessario fare i calcoli rigorosamente. [\[21\]](#)

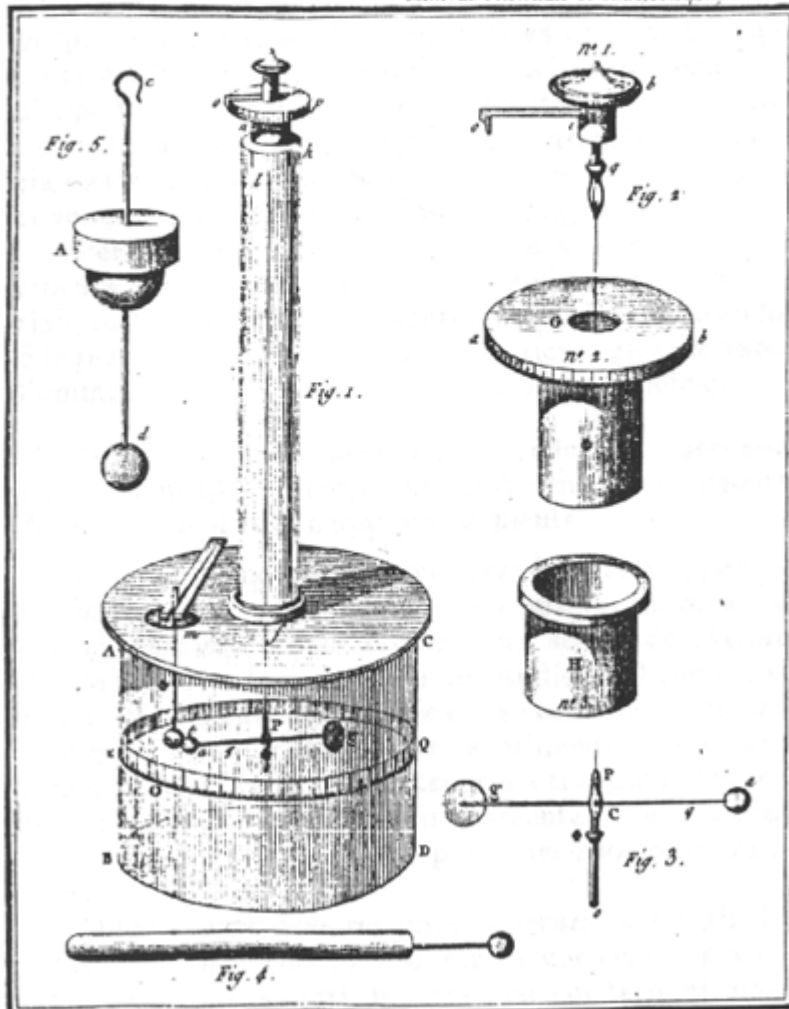
Quarta osservazione

Poichè l'esperienza dimostra che in una camera ben chiusa, si può determinare, usando il primo filo d'argento, con una precisione di 2 o 3 gradi la posizione dell'ago, quando la torsione è nulla, ciò che dà, secondo i calcoli delle forze di torsione proporzionali all'angolo di torsione, una forza tutt'al più d'un quaranta millesimo di grain, con questa bilancia si misurano facilmente anche i più deboli gradi di elettricità. Per fare ciò, si fa passare, Fig. 5, attraverso un tappo di cera di Spagna, un piccolo filo di rame cd , che termina in c con un uncino, e in d con una piccola sfera di sambuco dorata, e si mette il tappo A nel buco m della bilancia (Fig. 1), in modo che il centro della sfera d , vista dal filo di sospensione, corrisponda al punto o del cerchio zoq ; avvicinando poi un corpo carico all'uncino c , per quanto debole sia l'elettrizzazione di questo corpo, la sfera allontanandosi da d , fornisce dei segni dell'esistenza dell'elettricità, e la distanza delle due sfere ne misura la forza, secondo il principio dall'inverso del quadrato delle distanze. Ma io devo premettere che dopo queste prime esperienze ho fatto approntare diversi piccoli elettrometri, che funzionano secondo i medesimi principi di torsione, usando come filo di sospensione un filo di seta, così come esce dal bozzolo, o un pelo di capra d'Angora. Uno di questi elettrometri che ha pressappoco la stessa forma della bilancia elettrica, descritta in questa memoria, è molto più piccolo; ha un diametro di non più di 5 o 6 pollici, uno stelo di un pollice; l'ago è un filetto di gomma lacca lungo 12 linee che termina in a con una laminetta circolare e leggerissima.

L'ago e la laminetta pesano circa un quarto di grain, il filo di sospensione, così come esce dal bozzolo, lungo 4 pollici, ha una tale sensibilità, che agendo con una leva con un braccio lungo un pollice, basta un sessantamillesimo di grain per torcerlo di un intero giro, cioè di 360 gradi: presentando in questo elettrometro all'ago c della Fig. 5 un normale bastone di cera di Spagna, elettrizzato per strofinio a 3 piedi di distanza da questo uncino l'ago è respinto a più di 90 gradi. Descriveremo in seguito i dettagli di questo elettrometro, quando vorremo determinare la natura ed il grado d'elettricità di diversi corpi, che strofinati l'uno contro l'altro, assumono un assai debole grado d'elettricità. [\[22\]](#)

TAVOLA CON LE FIGURE
DELLA PRIMA MEMORIA

Mém. de l'Ac. R. des Sc. An. 1785. P. 56. Pl. III.



Dove si determinano le leggi secondo cui il fluido magnetico, come pure il fluido elettrico, agiscono sia per repulsione sia per attrazione [1]

Poiché la bilancia elettrica che ho presentato all'accademia, nel giugno del 1785, misura con esattezza e in modo semplice e diretto la repulsione di due sfere che sono cariche del medesimo tipo d'elettricità, servendosi di questa bilancia è stato facile dimostrare che l'azione repulsiva di due sfere caricate col medesimo tipo di elettricità e poste a diverse distanze, era con grande precisione inversamente proporzionale al quadrato delle distanze: ma quando ho voluto servirmi dello stesso strumento per determinare la forza attrattiva delle due sfere cariche di elettricità differente, ho incontrato, usando questa bilancia per misurare l'attrazione tra le due sfere, un inconveniente pratico che non si verifica quando si misura la repulsione. [2]

La difficoltà pratica dipende da questo: allorché le due sfere si avvicinano attraendosi, la forza d'attrazione che cresce, come vedremo tra breve, con l'inverso del quadrato della distanza, cresce spesso più rapidamente della forza di torsione che cresce solo proporzionalmente all'angolo di torsione; cosicché solo dopo aver fallito molte prove, si è tentato di impedire alle sfere che si attirano di toccarsi, frapponendo un ostacolo idioelettrico al moto dell'ago, ma poiché la nostra bilancia è spesso usata per misurare azioni di meno di un millesimo di grain, il contatto dell'ago con questo ostacolo, altera i risultati, ed obbliga ad una manipolazione durante la quale una parte d'elettricità va persa. [3]

La Fig. 1 ed il calcolo seguente chiariranno in cosa consistono le difficoltà dell'operazione, e mostreranno nello stesso tempo i limiti entro cui bisogna mantenere le prove per aver successo. [4]

Sia aca' la posizione naturale dell'ago quando il filo di sospensione non è ancora torto; a rappresenti la sfera di sambuco, attaccata all'ago isolante aa' ; b sia la sfera sospesa nel foro della bilancia. Se si caricano le due sfere l'una dell'elettricità che si dice positiva, l'altra dell'elettricità che si dice negativa esse si attireranno mutuamente; la sfera a dell'ago avvicinandosi al globo b , prenderà la posizione $\Phi c \Phi'$; questa posizione è tale che la forza di reazione di torsione rappresentata da $a c \Phi$, angolo di torsione del filo di sospensione, è uguale alla forza attrattiva delle due sfere; e se questa forza attrattiva fosse proporzionale all'inverso del quadrato delle distanze, così come si è trovato per la forza repulsiva, nella nostra prima memoria, [5] si avrà, ponendo $ab = a$, $a \Phi = x$ $D =$ prodotto delle masse elettriche delle due sfere, [6] e presi gli archi a e x sufficientemente piccoli perché possano misurare la distanza delle due sfere (altrimenti bisognerebbe prendere la corda di questo arco come distanza, e il coseno della metà per il braccio della leva); si avrà, io dico, fatte queste ipotesi, per l'equilibrio tra l'attrazione

delle due sfere e la reazione della torsione, la formula [7]

$$nx = D/(a-x^2)$$

cioè $D = nx(a-x)$;

da cui risulta che quando $x = a$ o $x = 0$, il valore di D sarà nullo, e pertanto c'è un punto tra a e b , dove D è un massimo; il calcolo dà per questo punto $x = a/3$. Sostituendo questo valore di x nella formula di D nel caso dell'equilibrio,

si avrà [8]

$$D = 4na / 27$$

e pertanto ogni volta che D supererà i $4/27 na$, non ci sarà tra a e b nessuna posizione Φ , in cui l'ago possa stare in equilibrio, e le sfere si toccheranno necessariamente: ma bisogna osservare che nella pratica, anche se D è minore di $4/27 na$ le sfere arrivano a toccarsi spesso, perché la flessibilità del filo di sospensione dell'ago permette all'ago di oscillare, e, passato $a/3$, la forza d'attrazione aumenta più rapidamente della forza di torsione; cosicché quando la sfera Φ arriva, a causa dell'ampiezza dell'oscillazione, ad una distanza x , dove D è maggiore di $nx (a - x)$, le due sfere continuano ad avvicinarsi sino a toccarsi. [9]

E' stato seguendo questa teoria che sono riuscito a mettere in equilibrio a diverse distanze la forza attrattiva delle due sfere cariche, con la forza di torsione del mio micrometro; confrontando poi le diverse prove, ne ho concluso che la forza attrattiva delle due sfere caricate l'una dell'elettricità che si dice positiva, e l'altra di quella che si dice negativa, era inversamente proporzionale al quadrato delle distanze tra i centri delle due sfere, relazione già trovata per la forza repulsiva. [10]

Per rendere più certo questo risultato, ho tentato, nel caso dell'attrazione, un altro sistema che, pur essendo meno semplice e meno diretto del precedente, richiede minori cure e precauzioni per riuscire; esso ha poi l'apparente vantaggio di presentare delle esperienze realizzate con globi di diametro considerevole, mentre nella bilancia non si possono usare che sfere di piccole dimensioni, ma questo vantaggio non è che apparente, e si vedrà apparente, e si vedrà in seguito nelle diverse memorie che successivamente presenterò all'Accademia, che con delle sfere di due o tre linee di diametro, e per mezzo della bilancia descritta nella nostra prima memoria, si può non soltanto misurare la massa totale di fluido elettrico contenuta in un corpo di forma qualsiasi, ma anche la densità elettrica di ciascuna parte del medesimo corpo. [11]

Secondo metodo sperimentale per determinare la legge secondo cui un globo di uno o due piedi di diametro attira un piccolo corpo elettrizzato con un'elettricità di natura diversa della sua.

Il metodo che seguiremo è analogo a quello da noi usato nel settimo volume dei *Savans Étrangers*, per determinare la forza magnetica di una lama d'acciaio in funzione della sua lunghezza, del suo spessore e della sua larghezza. Si attua sospendendo orizzontalmente un ago, di cui si sia elettrificata solamente l'estremità, e che, posto ad una certa distanza da un globo carico di elettricità di natura differente, ne risulti attratto, e oscilli in virtù dell'azione di questo globo: si determina poi matematicamente, in base al numero di oscillazioni in un tempo dato, la forza attrattiva a diverse distanze, così come si determina la forza di gravità con le oscillazioni del pendolo ordinario. [12]

Ecco alcune osservazioni che ci hanno guidato nelle seguenti esperienze. Un filo di seta, così come esce dal bozzolo, e che può portare fino ad 80 grains senza spezzarsi, ha una flessibilità di torsione tale che se ad un simile filo di 3 pollici di lunghezza si sospende orizzontalmente nel vuoto una piccola placca circolare, di peso e di diametro noti, si troverà in base ai tempi di oscillazione della piccola placca, secondo la formula spiegata in una memoria sulla forza di torsione, stampata nel volume dell'Accademia nel 1784, che, agendo con una leva lunga circa 7 o 8 linee per torcere la seta attorno al suo asse di sospensione, la più parte delle volte non sarà necessario impiegare per un intero giro di torsione che una forza di un sessanta millesimo di grain: e se il filo di sospensione ha una lunghezza doppia, cioè di sei pollici, non sarà necessario che un cento-ventimillesimo di grain. La stessa cosa accadrà sospendendo orizzontalmente un ago a questa seta; o quando l'ago avrà raggiunto lo stato di quiete, o quando la seta sarà completamente svolta. Se per mezzo di una forza qualunque si fanno fare a quest'ago delle oscillazioni che non si allontanino che di 20 o 30 gradi dalla linea in cui la torsione è nulla, la forza di torsione non potrà influenzare che in modo pressoché insensibile la durata delle oscillazioni, anche se la forza che produce le oscillazioni non è che di un centesimo di grain. Tenendo conto di questo primo dato, ecco come si è proceduto per determinare la legge dell'attrazione elettrica. [13]

Si sospenda, Fig.2, un ago lg di gomma-lacca, ad un filo di seta sc di 7-8 pollici di lunghezza, semplice così come esce dal bozzolo; all'estremità 1 , si fissa perpendicolarmente a questo filo un cerchietto di 8-10 linee di diametro, ma molto leggero e ricavato da un foglio di carta dorata; il filo di seta è attaccato in s all'estremità inferiore di un bastoncino st , seccato al forno e ricoperto di gomma-lacca o di cera di Spagna; questo bastoncino è fissato in t con una pinza che scorre lungo il regolo Oe , e si può fermare nella posizione voluta per mezzo della vite v .

G è un globo di rame o di cartone ricoperto di stagno sostenuto da quattro colonne di vetro ricoperte di cera di Spagna, e ciascuna sormontata, per migliorare ulteriormente l'isolamento da quattro bastoni di cera di Spagna, lunghi dai tre ai quattro pollici; queste quattro colonne sono fissate nella loro parte inferiore ad un piatto, che viene posto su di una tavoletta scorrevole che può, come mostra la figura, fermarsi all'altezza più comoda per l'esperimento; anche il regolo EO , per mezzo della vite E , può fermarsi all'altezza conveniente. [\[14\]](#)

Avendo così preparato ogni cosa, si pone il globo G in modo che il suo diametro orizzontale Gr , corrisponda al centro della placca I , distante da esso qualche pollice.

Si dà una scintilla elettrica al globo, per mezzo della bottiglia di Leyda, si pone a contatto un corpo conduttore con la placca I e l'azione del globo carico sul fluido elettrico della placca non elettrificata fomisce a questa placca un'elettricità di natura diversa da quella del globo; in modo che, ritirando il corpo conduttore, il globo e la placca agiscono l'uno sull'altra per attrazione. [\[15\]](#)

Esperienza

Il globo G aveva un piede di diametro, la placca I 7 linee, l'ago di gomma-lacca Ig 15 linee di lunghezza; il filo di sospensione sc di seta, così come esce dal bozzolo, era di 8 linee di lunghezza: quando la pinza era sul punto o la placca I toccava il globo in r , e mano a mano che si allontanava la pinza verso E la placca si allontanava dal centro del globo della quantità data dalle divisioni 0, 3, 6, 9, 12 pollici, essendo il globo carico con un'elettricità detta elettricità positiva, e la placca di elettricità negativa, secondo il procedimento sopra indicato: si sono avuti i seguenti risultati:

I Prova - La placca I , posta a 3 pollici di distanza dalla superficie del globo, o a 9 pollici dal suo centro, ha effettuato 15 oscillazioni in 20".

II Prova - La placca I , allontanata di 18 pollici dal centro del globo, ha effettuato 15 oscillazioni in 40".

III Prova - La placca I , allontanata di 24 pollici dal centro del globo, ha effettuato 15 oscillazioni in 60" . [\[16\]](#)

Spiegazione e risultato dell'esperienza

Quando tutti i punti di una superficie sferica agiscono con una forza attrattiva o repulsiva inversamente proporzionale al quadrato della distanza su di un punto posto ad una distanza qualsiasi da questa superficie si sa che l'azione risulta eguale a quella che si avrebbe se tutta la superficie sferica fosse concentrata nel centro della sfera stessa. Ma poiché nella nostra esperienza la placca I non ha che 7 linee di diametro, e nelle prove la sua distanza media dal centro della sfera è stata di 9 pollici si può, senza errori sensibili, supporre che tutte le linee che vanno dal centro della sfera ad un punto della placca, siano parallele ed eguali; e di conseguenza che l'azione totale della placca possa essere considerata concentrata nel suo centro, come l'azione del globo; in modo che, nelle piccole oscillazioni dell'ago, l'azione che fa oscillare l'ago sia una quantità costante per una data distanza, e agisca lungo la direzione che congiunge i due centri [\[17\]](#).

Così, detta Φ la forza, T il tempo d'un certo numero d'oscillazioni, si avrà T proporzionale a

$1/(\Phi)^{1/2}$ ma se d è la distanza GI dal centro del globo al centro della placca, nell'ipotesi che le forze attrattive siano proporzionali all'inverso del quadrato della distanza, cioè a $1/d$, T risulterà proporzionale a d , cioè alla distanza; cosicché facendo variare nelle nostre prove la distanza, i tempi di un medesimo numero di oscillazioni dovrebbero risultare proporzionali alla distanza tra il centro della placca e il centro del globo [\[18\]](#):

Confrontiamo questa teoria con l'esperimento.

I Prova - Distanze tra i centri 9 pollici, 15 oscillazioni in 20".

II Prova- 18 pollici, 15 oscillazioni in 41"

III Prova- 24 pollici, 15 oscillazioni in 60".

Le distanze qui vanno come i numeri 3, 6, 8. I tempi d'un medesimo numero d'oscillazioni 20, 41, 60. Secondo la teoria sarebbero dovuti essere 20, 40, 54.

Perciò su queste tre prove, la differenza tra la teoria e l'esperienza è di 1/10 per l'ultima prova rispetto la prima, è pressoché nulla per la seconda rispetto la prima; ma bisogna notare che ci sono voluti circa quattro minuti per fare le tre prove; che benché l'elettricità tenesse abbastanza a lungo il giorno di queste esperienze, essa tuttavia perdeva 1/40 d'azione in ciascun minuto.

Vedremo in una memoria che seguirà quella che vi presento oggi, che quando la densità elettrica non è troppo forte l'azione elettrica di due corpi carichi diminuisce in un dato tempo, esattamente come la densità elettrica, o come l'intensità dell'azione; così poiché le nostre prove sono durate quattro minuti, e poiché si perdeva 1/40 d'azione elettrica per minuto, tra la prima e l'ultima prova, l'azione dovuta all'intensità della densità elettrica, indipendentemente dalla distanza deve essere diminuita di circa un decimo; di conseguenza, per avere il tempo corretto della durata delle 15 oscillazioni dell'ultima prova, bisogna fare

$(10)^{\frac{1}{2}} : (9)^{\frac{1}{2}}$ come 60 secondi sta alla quantità cercata che si troverà essere di 57 secondi, che non differisce che di 1/20 dai 60 secondi trovati

sperimentalmente. [\[19\]](#)

Eccoci dunque giunti, seguendo un metodo completamente diverso dal precedente, ad un risultato simile; cosicché possiamo concludere che l'attrazione reciproca del fluido elettrico detto positivo sul fluido elettrico usualmente chiamato negativo è in ragione inversa del quadrato delle distanze; così come abbiamo trovato nella nostra prima memoria, che l'azione reciproca tra fluidi elettrici della medesima natura è in ragione inversa al quadrato delle distanze. [\[20\]](#)

Prima osservazione

Si capisce che è assai facile, usando il metodo precedente, ottenere, per mezzo delle oscillazioni dell'ago elettrico, le leggi della forza repulsiva, così come noi abbiamo appena determinato quelle della forza attrattiva. In effetti, se si fa toccare la placca al globo carico essa prenderà un'elettricità della medesima natura di quella del globo e sarà respinta; in modo tale che l'ago oscillerà in virtù di questa repulsione, in una posizione diametralmente opposta alla prima, e dal numero delle oscillazioni in un dato tempo confrontato con la distanza tra il centro della placca ed il centro del globo, sarà possibile risalire alla forza repulsiva con il medesimo calcolo che noi abbiamo appena eseguito per avere la forza attrattiva: tuttavia dobbiamo dire che tutte le esperienze in cui si vuol fare agire il fluido elettrico con la sua forza repulsiva, si eseguono, come vedremo in seguito, in modo più semplice, più esatto e più comodo con la bilancia che abbiamo descritto nella nostra prima memoria. [\[21\]](#)

Seconda osservazione

Se ci si volesse servire del medesimo metodo per determinare la quantità di elettricità che viene suddivisa tra un globo elettrificato ed un corpo conduttore di forma qualsiasi messo a contatto con questo globo, ecco come ci si può comportare: dopo aver caricato il globo e determinato, in questo primo stato tramite le oscillazioni, la sua azione elettrica sulla placca dell'ago ad una distanza data, si farà subito dopo toccare il globo dal corpo conduttore che deve prendere una parte dell'elettricità del globo; e, allontanando questo corpo dal globo, si determinerà nuovamente con le oscillazioni dell'ago la quantità di elettricità che resta al globo; la differenza tra questa quantità e quella che il globo aveva prima del contatto misurerà quella presa dal corpo messo a contatto. [\[22\]](#)

E' inutile dire che simili esperienze non possono riuscire bene che nelle giornate molto secche quando i corpi isolati perdono lentamente la loro elettricit ; che bisogna tener conto di questa diminuzione di elettricit  nella riduzione delle esperienze che si succedono; che bisogna evitare che si formino correnti d'aria nella stanza dove si opera e allontanare tutti i corpi conduttori di almeno tre piedi dal globo elettrizzato, e anche dall'ago: ma ripetiamo che quando poi determineremo, con esperienze e con la teoria, come il fluido elettrico si distribuisca nelle diverse parti dei corpi, si vedr  che tutte queste esperienze riusciranno molto meglio con la bilancia elettrica, piuttosto che con il metodo delle oscillazioni che abbiamo appena spiegato. [23]

TAVOLA CON LE FIGURE
DELLA SECONDA MEMORIA

M m. de l'Ac. R. des Sc. An. 1785. P. 99. Pl. XIV

