

DELL' INFLUENZA DEL MOVIMENTO MECCANICO NELL' AZIONE DEL  
MAGNETISMO SUI CORPI NON MAGNETICI; DEL SIG. A. DE LA  
RIVE.

(Atti dell' Accad. dei Nuovi Lincei, Ann. X, Sessione del 1° Marzo 1837).

Traduzione.

Arago è il primo che abbia avuto l'idea d'introdurre nello studio dei fenomeni magnetici la nozione di un movimento meccanico.

Egli dimostra che la rotazione di un corpo conduttore non magnetico in vicinanza di una calamita mobile determinava in questa calamita una forte deviazione che lo stesso corpo in quiete era incapace di produrre. In appresso Faraday generalizzò la scoperta di Arago scuoprendo egli stesso le correnti d'induzione, la cui produzione nasce dallo spostamento relativo di un conduttore e di una calamita, o di una corrente elettrica.

Nel mentre che si scuopriva così l'influenza del movimento meccanico nei fenomeni magnetici ed elettrici, altri fisici studiando questa medesima influenza nei fenomeni calorifici, giungevano a stabilire la legge importante dell'equivalente meccanico del calore; legge che consiste in questo: che il calore prodotto da un'azione meccanica, come sarebbe la confricazione, può alla sua volta produrre un'azione meccanica equivalente a quella da cui è stato generato.

Se non che il calore esige, al pari di ogni altra forza, un intermediario, o macchina, onde produrre il suo effetto. Questo intermediario è o l'acqua che il calore evapORIZZA, o l'aria che esso riscalda, ed agisce creando, o aumentando, se già esista, la forza elastica del mezzo, con cui esso manifesta la sua azione.

Richiamando la legge dell'equivalente meccanico del calore, noi non abbiamo avuto altro scopo che di offrire un

nuovo esempio dell'importante principio, che i fisici non dovrebbero giammai obliare, cioè che non avvi giammai *creazione* ma semplicemente *trasformazione* di forze. Noi riscontriamo questo medesimo principio nei fenomeni elettrici. Così per esempio l'azione chimica della pila si trasforma in elettricità, la quale, alla sua volta, si trasforma in azione chimica equivalente a quella da cui ha tratto origine. Sotto questo punto di vista una pila voltaica costruita nelle migliori condizioni, è una delle macchine più perfette che esistano, poichè vi si rinvie-  
ne dopo due trasformazioni successive, tutta la forza primitiva. Ma v'è di più: ogni azione chimica sviluppa una certa quantità di calore; ora una certa azione chimica può essere trasformata in una certa quantità di elettricità, la quale darà origine ad una quantità di calore esattamente equivalente a quella che l'azione chimica avrebbe prodotto direttamente; di maniera che dopo due trasformazioni successive di azione chimica in elettricità, e di elettricità in calore, si trovano sempre effetti equivalenti.

La semplice macchina elettrica ci offre, essa pure, un esempio notevole del medesimo principio. L'azione meccanica con cui si gira la manovella del disco, si trasforma per effetto della confricazione, in elettricità e questa elettricità si trasforma in calore, sia allo stato di scintilla, sia rendendo incandescente un filo sottile di metallo ch'essa traversa. Qualche fisico pretende di avere trovato che il calore così sviluppato sia equivalente a quello che avrebbe prodotto direttamente la confricazione, risultante dalla stessa azione meccanica che ha sviluppata la elettricità, da cui è provenuto il calore medesimo. È probabile che la cosa proceda effettivamente così, se l'apparecchio soddisfaccia a tutte le condizioni volute, onde la forza primitiva non provi veruna perdita nelle sue successive trasformazioni; ma queste condizioni si adempiono più facilmente colla pila, che colla macchina elettrica.

Le precedenti considerazioni mi hanno indotto a riprendere, sotto il medesimo punto di vista, lo studio dei fenomeni magnetici che traggono origine dal movimento. Per far bene codesto studio, conveniva avere uno strumento capace di imprimere un movimento di rotazione eminentemente rapido

e nel medesimo tempo uniformissimo a corpi dotati di massa più o meno ragguardevole; bisognava inoltre che questi corpi potessero all'uopo far parte di un circuito, nel quale si trovasse sia una sorgente di elettricità, sia un galvanometro. Il sig. Fremont, cui mi era indirizzato a questo intento sino dal 1850, non ha potuto consegnarmi che alla fine del 1855 lo strumento che io gli aveva dimandato.

Questo strumento, la cui perfezione è veramente degna del talento dell'artista eminente che si era incaricato di costruirlo, si compone di una serie di ruote che ingranano le une nelle altre in maniera che per mezzo di una manovella, o della caduta di un peso, si può imprimere un movimento di rotazione rapidissimo di 3 o 400 giri per secondo a delle sfere, a dei cilindri, in una parola, a dei corpi solidi di rivoluzione di forma qualunque, i quali sono traversati da un asse che riposa sopra tre sostegni (galets) di vetro, affine di potere all'uopo essere isolati. Ometto per brevità, gli altri dettagli della costruzione dell'apparecchio che riguardano specialmente la sua solidità, la regolarità del suo moto, e la maniera d'introdurre in un circuito il corpo in movimento.

Il primo impiego che ho fatto dello strumento, di cui ho parlato, è stato per istudiare l'influenza di una potente forza magnetica sulla velocità di rotazione, o sullo sviluppo di calore che produce questa forza nel corpo in movimento. Il sig. Faraday aveva osservato per il primo che un corpo buon conduttore, come sarebbe un cubo di rame, al quale si fosse impresso un movimento, si ridurrebbe immediatamente in quiete nell'istante che lo si sommettesse all'influenza di una forte elettro-calamita assai vicina. Il sig. Foucault era riuscito ad ottenere anche meglio questo stesso effetto agendo sopra un disco animato di rotazione rapidissima da un'elettro-calamita, tra i poli della quale questo disco è posto. Non solo il disco si ferma bruscamente nell'istante in cui si magnetizza l'elettro-calamita; ma è d'uopo impiegare una forza considerevolissima per poi rimetterlo e mantenerlo in movimento. — Vi ha di più: se malgrado la resistenza che si prova a produrre questa rotazione, si perviene ad ottenerla, il corpo si riscalda notabilmente.

In luogo di un disco, ho fatto uso nelle mie esperienze di

una sfera che io faceva girare rapidissimamente tra i poli di un'elettro-calamita, munita di armature di ferro dolce, che io poteva avvicinare mediante un incavo semicircolare più prossimamente possibile alla superficie della sfera senza che per tanto vi fosse contatto. Adoperando una sfera di rame o di ottone, si rimane attoniti nell'osservare lo sforzo immenso che è d'uopo di fare per metterla in rotazione dal momento ch'essa è sottoposta all'influenza del magnetismo, nel mentre che senza questa influenza essa si muove colla più grande facilità.

Frattanto la resistenza che risulta dall'azione dell'elettro-calamita varia non solo colla natura e la massa della sfera, ma colla velocità iniziale di cui essa è animata, e colla distanza della sua superficie dalle armature dell'elettro-calamita. Ad oggetto di valutare questi diversi elementi, ho fatto uso, per mettere il corpo in movimento, talora di una molla a spirale (a boudin) il cui allungamento più o meno grande misura con abbastanza esattezza la resistenza ch'esso è costretto a vincere, e tal altra di pesi più o meno considerevoli che cadono da una stessa altezza. Io non ho finora ottenuto che un piccolo numero di risultati; ma essi sono nondimeno sufficienti per mostrare l'interesse che presenta questo studio, che può spargere qualche luce sopra uno dei fenomeni più curiosi e più misteriosi dell'elettro-dinamica, voglio dire i fenomeni dell'induzione.

Mantenendo costante il volume di una sfera, e la natura del suo metallo l'influenza del magnetismo sulla resistenza che presenta alla forza che la mette in movimento, è tanto maggiore quanto maggiore è la sua massa; cosicchè è più considerevole con una sfera piena, che con una sfera vuota, e cresce collo spessore dello strato metallico in una sfera vuota. Una sfera di legno dorato, tuttochè lo strato d'oro sia bene continuo, come è agevole assicurarsene, non subisce quasi niuna influenza nel suo movimento di rotazione per parte delle elettro-calamite, per quanto prossime ne sieno l'armature. La natura del metallo ha molta influenza sul fenomeno, e ciò perchè l'influenza stessa è in istretto rapporto col potere conduttore; una sfera di rame rosso (anche vuota ma di un involucro di 2 millimetri di spessore) prova una resistenza più considerevole per parte delle elettro-calamite, che una sfera di ottone avente lo stesso

volume, ed anche massiccia. L'azione, al contrario, è debolissima sopra una sfera di bismuto anche piena, lochè dipende dalla poca conducibilità di questo metallo.

La deviazione di temperatura sta in rapporto colla resistenza che fa subire alle sfere in rotazione la presenza dell'elettro-calamita; essa è quasi nulla nella sfera di bismuto, almeno è affatto insensibile, nel mentre che è talmente considerevole nelle sfere di ottone e di rame che non si può toccarle colle dita senza rischio di bruciarsi dopo averle fatte girare per alcuni minuti in ragione di 80 a 100 giri per secondo. La sfera vuota di ottone si riscalda più sollecitamente della piena, per il motivo che ha minor massa; ma lo sviluppo totale del calore è maggiore nella seconda che nella prima. Questo sviluppo è affatto nullo nella sfera di legno dorato.

I fenomeni, di cui abbiamo dato una succinta descrizione, sono evidentemente il risultato delle correnti d'induzione che il movimento sviluppa nelle sfere conduttrici sotto la influenza delle forze magnetiche. La resistenza che risentono le sfere nel loro movimento di rotazione proviene dall'attrazione esercitata dai poli dell'elettro-calamita sulle correnti indotte, ed è appunto a queste correnti che dobbiamo attribuire lo sviluppo di calore che accompagna la loro produzione. Ciò per altro che sorprende è la intensità di queste correnti le quali, allorquando la magnetizzazione è forte e la rotazione rapida, suscitano una resistenza tale che un uomo dura fatica a vincere anche col mezzo di una manovella. Si è dato il caso che l'asse di questa manovella si sia rotto, quantunque fosse stato di acciaio ed avesse avuto 3 millimetri in quadro per lo sforzo fatto a determinare la rotazione sotto l'influenza magnetica. Non è meno sorprendente il vedere lo sviluppo prodigioso di calore dipendentemente dalla trasmissione di queste correnti in masse così considerevoli come quelle di cui trattiamo, le quali esigerebbero per essere riscaldate da correnti voltaiche ordinarie, delle pile eccessivamente potenti. Malgrado la difficoltà che si sente a riconoscere gli effetti delle correnti indotte in fenomeni così intensi, l'analisi dettagliata dei fenomeni, non può lasciare nessun dubbio intorno la loro origine. Si può bensì riconoscerla nella natura stessa della forza che vi agisce, la quale non è punto analoga

a quella che risulterebbe dalla resistenza di un mezzo, ma che è simile alla forza di confricazione che eserciterebbe la presenza di un freno contro la sfera in rotazione.

Inoltre se si effettuino sulla sfera vuota di ottone delle soluzioni di continuità per mezzo di fenditure lungo i suoi meridiani, il suo asse di rotazione essendo perpendicolare alla linea che congiunge i poli dell'elettro-calamita, tra i quali gira la sfera, la resistenza e lo sviluppo di calore sono notabilmente diminuiti, e tanto più quanto più fenditure vi sono. È curioso il vedere che se le fenditure sono equatoriali, le quali si ottengono collocando nell'interno della sfera vuota una sfera di legno isolante avente alla superficie dei settori sferici il cui insieme costituisca una sfera, senza essere a contatto, gli effetti sono pochissimo attenuati. Questa doppia esperienza nel mentre dimostra l'esistenza delle correnti d'induzione, prova altresì che queste correnti non sono dirette lungo i meridiani della sfera in rotazione, ma sibbene nella direzione equatoriale, cioè perpendicolarmente a questi meridiani.

Lo studio di queste correnti, per quello che riguarda la loro direzione, e le variazioni della loro intensità colla forza, la massa e la natura dei corpi in movimento, è un tale subbietto che merita di essere approfondito a cagione della luce ch'esso potrà spargere sullo stesso fenomeno d'induzione. Non sarà meno importante di determinare la legge che regola i rapporti che esistono tra gli effetti prodotti da un lato, e l'intensità del magnetismo e la velocità di rotazione dall'altro; alcuni saggi, ma così poco numerosi perchè io vi possa annettere grande fiducia, dimostrerebbero, almeno approssimativamente, che la resistenza che risente la sfera nel suo movimento sia proporzionale all'intensità del magnetismo e alla velocità di rotazione; quest'ultima legge sembrerebbe indicare che la velocità non abbia alcuna influenza sulla intensità individuale delle correnti, ma che il suo effetto consista soltanto nell'aumentare il loro numero in un dato istante. Tuttavia questi punti meritano un esame assai più approfondito, e basato su di un più gran numero di osservazioni. Darò termine con permettermi i due seguenti riflessi:

Il primo è che noi troviamo nell'ordine dei fenomeni che abbiamo studiato, un nuovo e notevole esempio della trasforma-

zione di una forza meccanica in elettricità, e per l'intermedio dell'elettricità, in calore.

Il secondo è che se noi ammettiamo l'ipotesi ingegnosa del Padre Secchi, la quale sembra spiegare così bene le variazioni dell'ago calamitato, cioè che il sole sia una forte calamita avente i suoi due poli, non è necessario di cercare altrove che nella rotazione della terra la causa del magnetismo terrestre. Se la terra fosse una sfera perfettamente omogenea e ugualmente conduttrice in tutte le direzioni, la direzione delle correnti indotte, e quindi quella dell'ago calamitato dovrebbe essere perfettamente regolare, e non dipendere che dalla posizione dei poli della terra relativamente ai poli magnetici del sole. Ma egli non è così: il globo terrestre si compone di strati variabilissimi in conducibilità; gli uni diretti in un verso, gli altri in un altro, e situati a profondità differentissime: quindi ne risulta che la direzione delle correnti indotte, quantunque dovesse essere generalmente la direzione equatoriale, come in una sfera omogenea, dipenderà pertanto dalle perturbazioni locali, ed essere anche essenzialmente variabili in rapporto allo stato interno del globo che è lungi di essere costante; dimodochè lo studio del magnetismo terrestre diverrebbe una quistione di geologia, nello stesso tempo che è divenuto, in seguito delle ricerche del P. Secchi, una quistione di astronomia.

