

è di quelle questioni dove basti il partire dalle semplici idee generali per darci una ragione plausibile dei fenomeni. Una gran parte almeno della teoria analitica del fenomeno è stabilita, e non se ne può fare astrazione nei diversi casi; mentre le apparenze del fenomeno stesso tendono sempre a complicarsi, a cagione delle leggi della propagazione delle correnti in un conduttore.

Lungi da noi l'idea di non riconoscere l'importanza grandissima dei bellissimi lavori di Lenz, di Weber e di Neumann; ma altro è l'accettare quei lavori come un passo considerevole verso la spiegazione del fenomeno, e come un rimarchevole riavvicinamento delle leggi dell'induzione ai fenomeni elettro-dinamici e magnetici, altro è il prenderli *alla lettera*; come se fosse possibile di rappresentare con essi la generalità intiera dei fatti, per credersi di poi autorizzati a trascurare l'applicazione di un metodo sperimentale, al quale *in ogni modo* si sarebbe dovuto aver ricorso, ed al quale tanto deve la fisica moderna per i lavori di Ampère.



SULLE LEGGI DELLE SCARICHE INDOTTE DALLA BOTTIGLIA DI LEIDA;

ESPERIENZE DI R. FELICI (1).

1° Noi abbiamo moltissime ragioni per credere che le azioni a distanza fra i circuiti percorsi dalla scarica della bottiglia di Leida, debbono essere esattamente analoghe a quelle che si palesano fra i circuiti voltaici; nondimeno sono ancora da desiderarsi delle esperienze che direttamente generalizzino la nota teoria di Ampère al caso dell'elettricità della macchina. Per i fenomeni di induzione elettro-dinamica il confronto fra le leggi delle correnti indotte all'aprire od al chiudere del circuito voltaico, e le leggi delle scariche indotte dalla bottiglia è molto più facile che nel caso citato; e tale confronto forma lo scopo delle seguenti esperienze.

(1) I risultati principali del seguente lavoro furono già da me enunciati in altri luoghi, ma il lavoro stesso non è stato ancora pubblicato in alcun giornale di fisica.

L'applicazione del metodo seguito da Ampère nella sua teoria dei fenomeni elettro-dinamici ci conduce prima di tutto a verificare se un conduttore filiforme e sinuoso, ossia serpeggiante attorno una curva qualunque, ha la stessa azione di un conduttore semplicemente steso sulla detta curva, sia per indurre una scarica nell'istante in cui è percorso da quella della bottiglia, sia per esservi in lui indotta una scarica nel caso in cui esso faccia parte del circuito indotto. Esperienze di questo genere richiedono una somma cura nelle condizioni di *isolamento e di continuità* dei fili conduttori, ed ecco come le ho istituite.

2° Formai con dodici regoli di legno, di circa due centimetri di diametro, ed uniti assieme, i dodici lati di un parallelepipedo rettangolo a base quadrata e di circa quaranta centimetri di altezza. Tale parallelepipedo mi doveva servire di telaio, per avvolgervi attorno i fili conduttori; e perciò ne copersi con uno strato di cera lacca, o coibente, i quattro spigoli o regoli, che ne figuravano l'altezza.

Ciò fatto presi un filo di rame di circa cinque millimetri di diametro, e tutto *di un sol pezzo*, vale a dire non composto da diversi pezzi uniti saldandoli o attortigliandoli assieme colle loro estremità. Avvolgendo questo filo attorno al parallelepipedo e girando in un verso, feci un rettangolo i cui lati erano rettilinei; poi discendendo, collo stesso filo, per venti centimetri, e girandolo in verso contrario di prima, feci un secondo rettangolo simile, ma coi suoi lati serpeggianti o sinuosi. Una delle estremità di tal filo era in comunicazione coll'interno, e l'altra coll'esterno di una batteria, composta da sei bottiglie di Leida al più, le cui armature erano, per ogni bottiglia, di 11,5 centimetri di diametro, e di 17,0 di altezza. L'elettrometro di Henley serviva a misurare le scariche inducenti.

Con tale disposizione, quei due giri mi rappresentavano due circuiti inducenti, i quali erano in tutte le condizioni perfettamente uguali.

Nel punto dove detto filo non serviva che a far comunicare fra di loro e colla batteria i due detti circuiti induttori, le sue due parti erano tenute stese in linea retta e parallele, alla distanza di un centimetro fra di loro; tutto ciò fu eseguito col mezzo di pezzetti di cera lacca, adoprate però nel minor numero che fosse possibile.

Tale ultima precauzione era indispensabile onde non avere a considerare l'azione a distanza del filo che non formava i due circuiti inducenti; e non potevo qui, come nel caso della corrente voltaica, avvoltole assieme quelle due nominate parti del filo stesso.

Fra quei due rettangoli, ad egual distanza da essi e con altro filo, pure *tutto di un sol pezzo*, ne eseguii un terzo, destinato ad essere l'indotto; usando anche per questo, tutte le precauzioni usate per i due primi. Le due estremità di questo secondo filo terminavano, ad una certa distanza dall'apparecchio, colle due estremità di una piccola spirale. Questa spirale era stata fatta avvolgendo attorno di un cannellino di vetro, a pareti grosse, un filo di rame coperto di seta, e stato ricoperto ancora da uno strato di grossa vernice coibente, che penetrava fra spira e spira della spirale. La lunghezza di questa spirale era di centimetri 5, e il suo diametro di 5 millimetri.

Per osservare se la scarica della batteria aveva indotta una corrente, o scarica, nel filo indotto, ponevo un ago di acciaio (da cucire) nell'asse della spirale, ossia dentro il cannellino di vetro, e dopo la scarica lo posavo sopra di un piccolo sostegno, davanti all'ago superiore di un sistema astatico da galvanometro; cercando s'era possibile, col mezzo della repulsione sul sistema astatico, di scoprire se l'ago era stato magnetizzato dalla scarica indotta. Bene s'intende che, prima della scarica, l'ago era scelto in modo che fosse allo stato naturale; vale a dire che nessuna delle sue due estremità valesse a respingere il sistema anzidetto. La lunghezza dell'ago era di centimetri 4,5 e la sua grossezza di 0,1. Il risultato delle esperienze fu il seguente:

1° Se il circuito indotto era ad egual distanza dai due inducenti, percorsi dalla stessa scarica, ma in senso contrario, l'ago della spirale non acquistava il più piccolo magnetismo.

2° Se il circuito indotto era, anche lievemente, più vicino all'uno che all'altro dei conduttori inducenti, l'ago rimaneva magnetizzato nella direzione in cui lo avrebbe magnetizzato il circuito inducente più prossimo all'indotto.

3° Piccole variazioni nella media distanza del circuito indotto dagli inducenti, bastavano per dare all'ago un magnetismo tale da respingere fino a quaranta gradi dalla sua posizione di equilibrio il sistema astatico.

Queste esperienze dunque dimostrano, che il noto teorema del conduttore sinuoso si applica anche al caso della forza inducente, che un conduttore filiforme acquista quando è percorso dalla scarica della bottiglia di Leida; forza che ha per risultato d'indurre una consimile scarica in un altro conduttore, pure filiforme, che gli è prossimo.

Onde nella esperienza precedente non si introducano errori, conviene assicurarsi che durante la scarica non vi è scarica laterale sensibile, sia dai circuiti indotto ed inducente ai loro sostegni, ossia al suolo, sia da un punto ad un altro di un medesimo circuito. Sono utili a tale effetto le già indicate precauzioni, ed il proporzionare, in certa guisa, la intensità delle scariche alla lunghezza ed al diametro del filo inducente. Saremo sicuri che non vi è scarica laterale (o, per meglio dire, derivazione della scarica dal filo inducente), quando ripetendo più volte, a modo di prova, la stessa scarica nella oscurità, e difendendosi gli occhi dal troppo vivo bagliore della scintilla della batteria, non si osserveranno scintille lungo i fili conduttori.

Con tali precauzioni saremo sicuri di ottenere in esperienze del genere della citata, dei risultati costanti, non cadendo in anomalie analoghe a quelle la prima volta avvertite dal Savary.

Finalmente come altra necessaria precauzione avvertiamo, che nella scarica converrà avvicinare lentamente la pallina dello scaricatore a quella della batteria, ed arrestarsi appena ottenuta la prima scintilla. Altrimenti operando, l'ago della spirale (nel caso in cui le scariche indotte non fossero uguali e contrarie) sarebbe magnetizzato dalla prima scarica, e la seconda che si otterrebbe avvicinando di più lo scaricatore alla batteria, non trovandolo più allo stato naturale, potrebbe forse col suo effetto complicare il fenomeno in guisa da indurre in errore lo sperimentatore.

3° È noto che il teorema del conduttore sinuoso, conduce ad assegnare la formula elementare

$$i \left(\cos.\varepsilon + h.\cos.\theta.\cos.\theta' \right) \frac{ds.ds'}{r^n},$$

che rappresenta nel nostro caso la forza elettro-motrice indotta da un elemento filiforme ds inducente sopra un simile elemento ds' indotto nell'atto della scarica. Le lettere contenute nella for-

mula hanno il solito significato che ad esse si attribuisce nella nota teoria *des Phénomènes électrodynamiques*, nella ben nota formula che rappresenta la forza attrattiva o repulsiva fra i due elementi.

Rimane ora da determinarsi i valori delle costanti h ed n .

4° Per determinare tali valori facilmente col metodo sperimentale sopra descritto si dimostra che anche per il nostro caso, come per quello delle correnti indotte dall'istantanea chiusura del circuito voltaico, ha luogo il teorema seguente:

« La intensità delle correnti indotte nel caso di due anelli uguali, « indotto ed inducente paralleli, e coi loro centri sulla normale « comune ai loro piani, variano proporzionalmente ai diametri de- « gli anelli, quando le distanze di questi variano nello stesso tempo « proporzionalmente ai diametri stessi ».

L'avvolgere dei fili conduttori attorno ai cilindri per formarne tali anelli mi avrebbe condotto ad un imperfetto isolamento; così preferii di sostituire a tali anelli dei quadrati uguali, e non solamente in piani paralleli, ma ancora paralleli coi loro lati. E questo lo potevo fare facilmente, giacchè detto teorema sussiste anche per poligoni qualunque.

Dei parallelepipedi retti a base quadrata, come dissi nel paragrafo 2°, ne formai dunque due, ma l'uno di una base doppia di quella dell'altro, e li posi a considerevole distanza fra di loro. Attorno a ciascheduno di essi avvolsi, colle già indicate precauzioni, con un sol giro il filo che doveva essere percorso dalla scarica. Poi presi sul parallelepipedo più piccolo una distanza dal filo inducente a piacere, di dieci o cinque centimetri, dalla quale avvolsi sullo stesso parallelepipedo con un giro solo il filo che doveva essere l'indotto. Tale distanza la raddoppiai per il parallelepipedo più grande, e invece di avvolgermi un sol giro ne avvolsi in quest'ultimo due giri del filo da indursi.

Ripeto per il rimanente dei fili, che non erano avvolti ai parallelepipedi, tutte le già indicate precauzioni. Un solo filo *di un sol pezzo* formava il totale circuito indotto, cioè formava durante il suo intero tragitto i giri anzidetti e le loro comunicazioni. Un solo filo *di un solo pezzo* formava parimente tutto il circuito inducente. Il senso secondo il quale girava il filo indotto era lo stesso nei due parallelepipedi; ma la stessa cosa non era per il filo inducente; così le correnti indotte separatamente e nello stesso istante

nei due parallelepipedi erano opposte fra di loro, e si venivano a distruggere nei loro effetti nella spirulina magnetizzante, che abbiamo descritta. Giacchè, tutto essendo disposto come abbiamo detto, tali correnti indotte dalla scarica erano uguali fra di loro; vale a dire l'ago inserito nella spirulina disposta come si disse nel circuito indotto, non rimaneva magnetizzato nell'istante della scarica.

Basterà alterare lievemente le relazioni di distanza fra quei circuiti per avere nella spirulina magnetizzante il predominio forte di una delle due correnti.

5° Il teorema che veniamo dal dimostrare dà alla costante n il valore $n=1$. Così la stessa formula, la stessa legge, regola la induzione, sia per le correnti voltaiche, che per quella della scarica della bottiglia. Questo risultato è, a nostro credere, di grande interesse. Il sig. Loret ha ultimamente fatte delle ingegnossissime esperienze, le quali in parte tendono esse pure ad estendere tali analogie fra la scarica e la corrente della pila (1).

6° È noto che variando le resistenze dei circuiti, interponendo dei liquidi, variando le cariche inducenti, le superficie delle armature delle batterie ecc. . . . si varia anche la direzione della scarica indotta. Ma nelle nostre esperienze tali condizioni non influirono sui nostri risultati; perchè i nostri circuiti inducenti erano sotto le stesse condizioni di resistenze, e di scariche; e così pure gli indotti. Lo studio di queste ultime accennate condizioni è al certo estremamente importante, ma frattanto il problema generale da trattarsi è stato infinitamente semplificato dalle qui descritte esperienze. Forse questa è la via per arrivare sperimentalmente a renderci ragione della singolar forma che presenta l'espressione analitica dell'azione attrattiva o repulsiva, o dell'induzione, fra due elementi di due circuiti qualunque.

(1) Pel valore dell'altra costante che entra nella formula veggasi t. I, pag. 327 di questo Giornale.