Lezione sull'induzione elettro-statica

data nell' I. e R. Università di Pisa

DEL PROF. CARLO MATTEUCCI

redatta da R. FELICI.

Nelle precedenti lezioni dissi che i fenomeni dell'induzione sono generalmente considerati come conseguenze di azioni a distanza, attrattive e repulsive, esercitate dai fluidi elettrici disposti sulla superficie dei corpi. Secondo quella ipotesi, i coibenti impediscono la dispersione della elettricità e la scarica fra due conduttori a cagione della loro cattiva conducibilità per l'elettrico, senza però che in alcuna parte della loro massa sia cangiato lo stato elettrico naturale. Ma le ultime esperienze fatte dal Faraday portano a credere che il coibente, che isola un corpo elettrizzato soffra nell'interno della sua massa una modificazione, la quale partendo dalla superficie elettrizzata vada mano a mano diminuendo sino a divenir nulla nei punti più lontani dello spazio; e che tale successiva modificazione, propagata fra le parti contigue de'corpi coibenti interposti, sia la cagione dell'induzione elettro-statica. Tale nuova maniera di spiegare i fenomeni, de quali già conosciamo le generalità, verrà oggi da noi discorsa dopo che avremo descritte le esperienze più notabili che alla medesima hanno dato luogo.

La prima di queste esperienze dimostra che nessuna quantità di elettricità può esistere condensata entro una massa coibente interamente circondata da una superficie elettrizzata. Essa fu eseguita nel modo che segue. Faraday fece tappezzare di stagnola le pareti interne di una stanza, le quali pose in comunicazione col conduttore di

una forte macchina elettrica, e vidde che non poteasi avere alcun segno d' elettricità nell' interno delle pareti, mentre si traevano dall' esterno fortissime scintille.

Altra e molto notabile esperienza è la seguente. Eccovi una sfera di ottone isolata; essa è vuota nell' interno ed ha nella sua parte superiore un foro circolare, per mezzo del quale vi si può introdurre, senza toccarla, una seconda sfera molto più piccola che è elettrizzata e sostenuta da un manico di vetro. Introduco quest' ultima nel centro della sfera vuota, che ho massima cura di non toccare, e vedete che divergono i pendolini attaccati all' esterno della prima; ora osservate che non cangia menomamente la loro divergenza, allorchè fo toccare assieme le due sfere. Esaminiamo il fatto. Quando le due sfere non si toccavano, la sfera maggiore era elettrizzata per influenza, cioè l' elettricità di nome contrario a quella della piccola sfera era condensata nell' interno della vuota, e l' elettricità dello stesso nome era respinta alla superficie esterna, ed allora che ho toccato assieme le due sfere, l' elettricità della piccola sfera è passata, secondo i noti principii, sulla superficie esterna della sfera vuota medesima; e siccome la divergenza dei pendolini è rimasta la stessa in ambedue i casi, dobbiamo concludere che la quantità d' elettricità indotta nel primo era eguale a quella comunicata nel secondo, cioè uguale alla quantità d' elettricità inducente di cui era caricata la sfera minore.

Le altre esperienze che ci restano a vedere prima di esporre la teoria generale dell' induzione elettro-statica, hanno per oggetto di dimostrare la modificazione che avviene nello stato elettrico naturale dei corpi coibenti interposti frà il corpo elettrizzato e il corpo allo stato naturale, la quale si propaga per parti contigue, o per meglio dire fra i minimi intervalli che separano le molecole de' detti corpi, piuttosto che fra le maggiori distanze che separano generalmente i corpi elettrizzati posti in presenza.

Eccovi una sfera di metallo posata sopra un cilindro di

cera lacca, che elettrizzo confricandolo con un drappo di lana. La sfera che sarà elettrizzata per influenza, può essere in comunicazione col suolo per mezzo di una sottile verga di metallo che forma l'asse verticale del cilindro medesimo, e può anche rimanere isolata. Ora esperimento le diverse cariche che possono esser indotte da questo apparecchio in un piano di prova, che tocco col dito, mentre lo tengo a diverse distanze e davanti alla faccia superiore della sfera nella direzione stessa dell'asse del cilindro coibente. Veggo prima di tutto che l'elettricità indotta nel piano di prova è sempre positiva, ed è singolare che l'elettricità indotta sul piano di prova vada crescendo fino a un certo limite per delle maggiori distanze dalla sfera medesima. Invece della sfera adopero un disco di metallo posato orizzontalmente dove era la prima: osservo che l'elettricità indotta vicino al disco di contro alla sua faccia superiore divien nulla anche a delle più grandi distanze crescendo la superficie del disco medesimo. Queste esperienze le posso ancora ripetere, ottenendo il medesimo risultato, col tenere isolato il disco o la sfera, invece di tenerli in comunicazione col suolo per mezzo dell'asse metallico del cilindro di cera lacca. Faraday crede questo fatto uno dei più favorevoli all'ipotesi che fa dipendere le induzioni elettriche da modificazioni trasmesse, come già dicemmo, per parti contigue, e chiamò induzione per *linea curva* quella del cilindro di cera lacca posto dall'altra parte del disco, relativamente al piano di prova, immaginando ch'essa si trasmettesse non direttamente a traverso del disco, ma che girando all'intorno per mezzo dell'aria arrivasse al piano medesimo, ciò che non poteva fare allorquando era troppo estesa la superficie del disco.

La necessità di ammettere quella tale modificazione nello stato elettrico de' coibenti è resa evidente dalla se-

guente esperienza. Prendo tre dischi uguali di ottone disposti ad uguali distanze fra loro paralleli; sono i due laterali in comunicazione col suolo, il terzo di mezzo è isolato. Qui vedete un elettroscopio composto di una sola foglia d'oro sospesa ugualmente fra due palline di ottone, ciascuna delle quali comunica separatamente con uno de' due dischi laterali che vi ho indicati. Carico il disco di mezzo di una certa quantità di elettricità, tolgo le comunicazioni col suolo agli altri due, e vedo, come deve infatti succedere, per essere tutto simmetricamente disposto, star ferma la foglia d'oro dell'elettroscopio essendo egualmente attratta dalle due palline che comunicano coi due dischi egualmente elettrizzati per influenza. Ora è l'aria che forma i due strati coibenti che separano i tre dischi, ma se ad uno di questi strati ne sostituisco un'altro di cera lacca, la foglia d'oro diverge dimostrando che è divenuta maggiore l'azione inducente del disco elettrizzato su quello da cui è separato dal nuovo coibente. Invece della cera lacca adopero del vetro ed altri strati di varii coibenti, e in tal modo vi provo che le azioni di induzione dipendono dalla natura dei coibenti interposti fra i due conduttori. Un apparecchio simile a questo ha servito a Faraday per studiare questo fatto. Egli chiamò potere *specifico induttivo* quello de' coibenti di trasmettere le azioni indotte fra i corpi conduttori. Fu quell'apparecchio chiamato induzionometro differenziale. Però questo potere specifico è stato studiato dal Belli, da Harris e da Faraday stesso con un altro modo molto più esatto, misurando le diverse capacità per le cariche elettriche delle stesse armature metalliche separate da lastre coibenti delle stesse dimensioni e di varia natura; si prendevano così i poteri specifici de' coibenti proporzionali alle loro capacità. Chiamando 1 il potere specifico dell'aria, si ha la seguente tavola

Aria	1
Cristallo	1,76
Ceralacca	2
Zolfo	2,24

Il potere specifico dei diversi gas è uguale a quello dell'aria. Ma si deve qui osservare attentamente che quando il conduttore influenzato non è prima posto in comunicazione col suolo, ciò che noi abbiamo fatto, le cariche di elettricità contraria che si separano in lui per influenza non dipendono mai dal coibente che lo separa dal corpo elettrizzato, sia il coibente solido oppure allo stato gassoso.

Una tale serie di fatti ci conduce naturalmente ad ammettere che l'azione elettrica il cui effetto ci è reso sensibile fra i conduttori a distanza, non si trasmette fra i corpi elettrizzati indipendentemente dai corpi interposti, cioè nel medesimo modo dell'attrazione universale, ma che è invece un'azione propagata fra le molecole de' corpi, giacchè abbiamo provata la sua dipendenza dalla diversa natura de' corpi coibenti. Resta ora l'immaginare in che modo si fa questa propagazione, ossia qual sia la modificazione provata dalle masse coibenti che circondano i corpi elettrizzati. L'ipotesi la più naturale è la seguente,

Quando sopra una superficie rimane condensata una quantità di fluido elettrico le molecole dei corpi che la circondano prendono uno stato successivo di polarizzazione, che consiste nell'aver le elettricità di nome contrario accumulate nelle loro parti diametralmente opposte relativamente alla superficie elettrizzata. Così immaginando la massa qualunque che la circonda divisa in tanti strati la cui grossezza sia quella di queste molecole, avremo una serie di atmosfere elettriche alternativamente

vitree e resinose, la forma delle quali dipenderà da quella della prima superficie e dalle sue relazioni coi corpi circostanti. Se questi strati apparterranno ad un corpo non conduttore, appena saranno generati questi strati di successiva induzione, avverrà da atmosfera ad atmosfera una scarica che finirà per distruggere rapidamente lo stato elettrico primitivamente generato; se invece quelle atmosfere si formeranno in un corpo coibente esse potranno rimanere separate fra di loro, dando luogo a' fenomeni dell'elettricità statica. È dunque una proprietà de' coibenti il poter ritenere separate quelle atmosfere, successivamente indotte, sino ad un certo grado di tensione, con che è impedita la dispersione della elettricità. Si dica quindi che ogni qualvolta vi è produzione di elettricità esiste la polarizzazione del corpo che la circonda, o allorchè non può esser generato questo stato di polarizzazione cessano i fenomeni dell'induzione e della scarica. Così diremo che nella stanza elettrizzata le molecole dell'aria del suo interno essendo sollecitate a polarizzarsi da azioni uguali e contrarie disposte intorno a loro, rimane nulla la sua polarizzazione e non vi può per conseguenza rimanere indotta alcuna sorta d' elettricità. Secondo questi principii l'aria che circonda una sfera elettrizzata isolata sarà divisa in tante alternative di elettricità vitrea e resinosa disposte in sfere concentriche alla prima: e se osserviamo che siamo nel caso, il più semplice in natura, di azioni che partendo da un centro si propagano simmetricamente all'intorno di esso, estendendosi a delle successive superficie sferiche che crescono come i quadrati de' loro raggi, diremo che ognuna di quelle atmosfere elettriche sarà formata da una quantità di elettricità uguale a quella della prima sfera metallica. Ed è appunto per questo che, nella seconda delle esperienze narrate, abbiamo veduto l' elettricità indotta da una sfera elettrizzata posta nel centro di un' altra isolata sopra questa sfera

medesima, essere uguale alla quantità di elettricità di cui essa era caricata. Ma se questa quantità rimane la stessa per ognuna delle nominate atmosfere, la tensione elettrica vi andrà diminuendo in ragione inversa del quadrato della distanza dal centro comune.

Dobbiamo ora principalmente considerare che non potrà mai esistere condensata in un corpo qualunque la elettricità di un nome senza che lo sia in presenza di un'altra quantità eguale d' elettricità di nome contrario. È quindi un modo falso il dire che esiste elettricità libera, positiva o negativa, sulla superficie di un corpo elettrizzato, come è pur falsa la denominazione di elettricità dissimulata.

Ora ci resta a provare coll' esperienza che realmente esistono que' stati elettrici alternativamente positivi e negativi nell' interno di una massa coibente, fra due conduttori carichi d' elettricità contrarie. L' esperienza più chiara è quella che vi farò con una pila di lamine di mica molto sottili e sovrapposte, armata come un quadro magico di due dischi di stagnola sulle facce opposte. Osservate che io pongo una delle estremità di questa pila in comunicazione col conduttore della macchina elettrica e l'altra col suolo, per condensare in queste parti opposte le due elettricità di nome contrario; indi porto queste lamine ad una ad una separatamente all' elettroscopio di Boënherger, e vedo che ogni lamina ha le due elettricità separate sulle due faccie opposte, la positiva sulla faccia che era voltata verso il conduttore, e la negativa su quella che guardava il suolo.

Questa esperienza si potrebbe anche fare adattando alle due facce opposte di un cristallo di mica due manichi di cera lacca, indi separando in lamine il cristallo tirando in direzioni opposte i due manichi dopo avere agito colla macchina elettrica. Ma sarebbe troppo difficile in questa esperienza di preservarci dagli errori cagionati dalla confricazione delle lamine.

Eccovi un' altra esperienza non meno importante. Questo è un vaso di vetro pieno di olio di terebentina, nel cui fondo passa un cilindro di ottone che termina in palla nell' interno del recipiente e che comunica col suolo. Ora tuffo nell' olio stesso un conduttore che comunica colla macchina elettrica e che termina pure in palla a poca distanza dall' estremità dell' altro conduttore poste al fondo del vaso. Entro il liquido stanno natanti dei fili sottilissimi di filaccia di seta, i quali all' istante in cui la macchina elettrica agisce si dispongono l' un sotto l' altro fra le due palline metalliche immerse, oscillando fra loro a distanze estremamente piccole, e nel senso della linea che congiunge le due piccole sfere cariche di elettricità contrarie. È evidente che tal cosa non potrebbe accadere, se quei fili di seta non fossero disposti in strati alternativamente vitrei e resinosi, ossia se nell' olio di terebentina, per natura assai coibente, non si formassero que' strati.

Ora che abbiamo abbastanza spiegata questa teoria, confermata coll' esperienza, passiamo a vedere come possono col suo mezzo spiegarsi le attrazioni e repulsioni elettriche che avvengono tra i corpi leggeri.

Per meglio intenderci studiamo il caso particolare presentato da due foglie d' oro poste a poca distanza fra loro e parallele. Se le due foglie sono elettrizzate della medesima elettricità è chiaro che lo stato di polarizzazione dell' aria che è fra loro sarà nullo nel mezzo della loro distanza, ed estremamente piccolo accanto alle facce interne delle foglie medesime, mentre questa polarizzazione sarà grande contro alle loro facce esterne. Dei due strati di aria fra cui è una delle due foglie, quello che si trova essere esterno, relativamente a quelle, avrà condensata una quantità maggiore di elettricità di nome contrario a quella della foglia, e perciò l' attrarrà verso di se. Per tal ragione le due foglie attratte dall' aria esterna si moveranno in guisa da aumentare la loro distanza, come se si respinges-

sero reciprocamente. Accade al contrario quando le due foglie sono elettrizzate di elettricità opposte, perchè allora la polarizzazione dell'aria sarà la massima fra le due foglie d'oro. Ciò che ora abbiamo detto può generalizzarsi a tutti gli altri casi di attrazione o repulsione fra i corpi leggeri.

Mi rimane ora a dirvi come si possono da questa teoria dedurre le leggi secondo le quali la elettricità devesi distribuire alla superficie de' corpi conduttori. Rammenterò in primo luogo che le forme delle atmosfere alternativamente vitree e resinose che circondano un corpo elettrizzato, o in altri termini i diversi stati di polarizzazione del coibente che circonda questo corpo nelle diverse direzioni partendo da esso, devono dipendere da quella della sua superficie: secondo, che una quantità di fluido elettrico condensata in un punto qualunque di un corpo non può esistervi che ritenuta da un'altra quantità uguale di fluido di nome contrario. Per cui ne segue che là dove, a cagione della forma della superficie elettrizzata, potrà esser maggiore lo stato di polarizzazione del coibente, sarà su quella superficie maggiore la quantità di fluido relativamente agl' altri punti della medesima. E ciò tende in certa guisa a giustificare l' ipotesi secondo la quale fu tentato ultimamente dal Sig. Avogadro di determinare la legge della densità elettrica sulle superficie di un elissoide e di due sfere in presenza. Egli disse che tale densità era proporzionale alla grandezza della superficie del coibente che poteva esser veduta dal punto del corpo elettrizzato di cui si voleva considerare la densità. Tale superficie sferica fu considerata come tracciata dal centro del sistema de' corpi conduttori in presenza, in modo che li circondasse tutti ad un tempo. Così nulla sarebbe, come è realmente, l' elettricità nel punto del contatto di due sfere, e questa andrebbe a mano a mano crescendo, a misura che si considererebbero dei punti più vicini ai

circoli massimi in piani perpendicolari alla linea che congiunge i due centri. Ma al di là di quei due circoli la densità elettrica rimarrebbe costante secondo tale teoria e ciò è contrario all'esperienza; ella però spiegherebbe perchè la densità dell'elettrico va crescendo alle punte di un elissoide elettrizzata.

La non esatta corrispondenza che si avrebbe fra il risultato di quest'ultima teoria e quello dell'esperienza, nel caso delle due sfere, è stato considerato dal Sig. Avogadro come una prova dell'esistenza dell'influenza in linea curva che abbiamo già accennata. Ma per determinare esattamente la legge della distribuzione della elettricità sopra la superficie di un conduttore, sarebbe indispensabile, conoscendo quest'ultima, determinare quella delle atmosfere elettriche nel coibente che la circonda, ponendo fra le condizioni del problema quella dello stato di equilibrio fra le loro azioni e quelle del conduttore che hanno in presenza.