

risultato di quest'ultima integrazione, presa entro i limiti segnati dalle estremità della seconda corrente, può essere paragonato con i dati dell'esperienza; donde consegue, come ho detto nella memoria che ho letto all'Académie il 9 ottobre scorso, che queste integrazioni sono la prima cosa di cui bisogna occuparsi quando si voglia determinare dapprima l'azione mutua di due correnti, di lunghezza finita, sia rettilinee, sia curvilinee, tenendo presente che in una corrente curvilinea la direzione delle porzioni di cui essa si compone è determinata in ogni punto dalla tangente alla curva secondo la quale la corrente stessa si manifesta, e in secondo luogo quella di una corrente elettrica su un magnete o di due magneti l'uno sull'altro considerando, in questi due ultimi casi, i magneti come complessi di correnti elettriche disposte come ho detto sopra.

Faraday: le interazioni elettromagnetiche avvengono nello spazio e sono interazioni tra linee di forza*

All'inizio della scorsa settimana, mentre facevo un esperimento per riconoscere effetti di una corrente voltaica su un ago magnetico, fui condotto a una serie di scoperte che mi sembravano gettare una nuova luce sull'azione elettromagnetica e sul magnetismo e rendere più chiari e distinti i punti di vista già maturati in proposito. Il valore scientifico degli uomini che hanno già compiuto esperimenti su questi fenomeni è tale che fin da principio avrei dovuto ritenere assai improbabile che i miei esperimenti potessero aggiungere qualcosa di nuovo in proposito; tuttavia, ritengo che essi possano servire a mettere d'accordo i vari punti di vista sul problema in esame. Per questo ne ha pubblicato un resoconto, nella speranza cioè che possano render più perfetta questa importante branca della conoscenza. [...]

Ho disposto il filo percorso da corrente perpendicolarmente all'ago e ho portato l'ago verso il filo per individuare le posizioni che corrispondano a un'azione attrattiva e repulsiva tra ago e filo: invece di trovarne quattro, una attrattiva e una repulsiva per ciascun polo, ne ho trovate

* (M. Faraday, *On some New Electro-magnetic and on the Theory of Magnetism* (1821), in *Experimental Researches in Electricity*, II, 127–28, 129–32, 136–37)

otto, e cioè, due attrattive e due repulsive per ciascun polo; così, partendo dalla posizione naturale di perpendicolarità tra ago e filo e poi spostando lentamente l'ago in modo da portare, per esempio, il polo nord più vicino al filo, si nota un'azione attrattiva tra polo e filo, che però, avvicinando ulteriormente il polo nord al filo, si trasforma in azione repulsiva, nonostante il filo sia sempre dallo stesso lato rispetto all'ago. Se il filo si trova dall'altro lato rispetto al polo nord, eserciterà su di esso una azione repulsiva nella situazione in cui esiste una prevalente azione di questo tipo sulle parti che si trovano tra il centro dell'ago e l'estremità di quest'ultimo più vicina al filo, ma esisterà anche una piccola azione attrattiva del filo sull'altra estremità dell'ago [...].

Se si fa in modo che il filo si avvicini all'ago puntando verso uno dei suoi poli, il polo si sposterà a destra o a sinistra a seconda dell'azione attrattiva o repulsiva subita; se però il filo viene fatto avvicinare al centro dell'ago, partendo indifferentemente da uno dei due lati di quest'ultimo, le azioni di cui sopra scompaiono e l'ago è in equilibrio indifferente rispetto al filo, salvo a manifestare una repentina inversione quando viene fatto passare dall'altro lato del filo.

Da ciò segue che il centro di azione di ciascuna parte dell'ago, e cioè il polo reale, non si trova all'estremità dell'ago, ma è piuttosto un punto sull'asse dell'ago a qualche distanza dalla sua estremità. È anche evidente che questo punto ha una tendenza a muoversi intorno al filo così come necessariamente, per la stessa ragione, il filo tende a muoversi intorno a questo punto; e poiché lo stesso effetto, in verso opposto, ha luogo per l'altro polo, ne segue che ogni polo ha la possibilità di interagire col filo nella sua individualità, e non come parte dell'ago o in quanto legata all'altro polo.

Da questi fatti seguono importanti conclusioni; per esempio, non c'è attrazione tra il filo e i poli di un magnete e il filo tende a ruotare intorno a un polo magnetico e il polo magnetico intorno al filo; ancora, le attrazioni e repulsioni tra fili percorsi da corrente e probabilmente anche quelle tra magneti sano azioni composte; infine, alla formazione dei poli magnetici reali contribuisce l'intera sbarra magnetica. [...]

La rotazione del filo e del polo uno intorno all'altro era la cosa più importante da mostrare per provare la natura delle forze che si esercitavano mutuamente fra questi due enti; tentai perciò di ottenere in vari modi questo risultato.

La difficoltà nasceva dall'esigenza di realizzare un sistema di sospensione per il filo che fosse delicato abbastanza da permettere il moto di quest'ultimo e che assicurasse allo stesso tempo il contatto elettrico. Questa difficoltà fu superata realizzando un dispositivo in cui un *filo* di rame *i* si estende dal punto di sospensione al sottostante recipiente *r* contenente mercurio e vi si immerge per un tratto di mezzo pollice circa in prossimità del magnete *b*. [...] Connettendo il filo e il mercurio del recipiente [a una pila] il filo inizia immediatamente a ruotare intorno al polo del magnete, e questa rotazione continua finché tale connessione viene mantenuta. [...] [Nell'altro recipiente] un magnete *b'* può galleggiare dritto nel mercurio in modo tale che uno dei suoi poli rimanga sotto la superficie; collegando il mercurio [a una pila] e disponendo in esso il *filo* in posizione perpendicolare vicino al magnete il polo superiore inizia a muoversi intorno al filo, senza che quella inferiore interferisca o contrasti tale effetto, in quanto posto a una certa distanza da quello superiore. [...]

Avendo ottenuto tali effetti, cercai di fare in modo che un filo e un magnete ruotassero intorno al proprio asse impedendo la rivoluzione mutua, secondo una circonferenza, di ciascuno intorno all'altro, ma non fui in grado di ottenere la benché minima indicazione a favore di questo tipo di movimento, che non mi sembrava nemmeno probabile, ragionandoci sopra. I movimenti evidentemente appartengono alla corrente, qualunque cosa essa sia, che scorre nel filo, e non al filo stesso, eccetto che come veicolo della corrente. Quando la corrente fa una curva, seguendo la forma del filo, è facile capire perché il movimento rotatorio trascina con sé il filo, ma quando il filo è rettilineo, la corrente può girare in esso senza trasmettergli alcun movimento, Ampère ha mostrato che due fili collegati allo stesso modo a una pila e cioè attraversati da correnti nello stesso verso, si attraggono reciprocamente e che due fili attraversati da correnti di verso opposto, si respingono reciprocamente, l'attrazione e la repulsione avvenendo tra loro in linea retta. [...] È invece un fatto ormai stabilito che il filo collegato alla pila esercita azioni differenti dai suoi lati opposti; o meglio che ciascuna azione si estende con continuità tutt'intorno al filo, ed è quindi evidente che le attrazioni e le repulsioni di Ampère non sono dei risultati semplici ma complicati di questo tipo di azioni. [...]

Tra tutti questi movimenti magnetici tra fili e poli quelli che appaiano

come attrazioni e repulsioni e cioè quelli che avvengano in linea retta, tirano in ballo almeno due poli e un filo o due fili e un polo. Tutti coloro che hanno condotto esperimenti su questi fenomeni hanno dedotto che forze simili si respingono e forze dissimili si attraggono sia che esse provengano da poli di magneti sia da lati opposti di fili conduttori. Ciò premesso, il caso più semplice di azione magnetica è quello esercitato dai poli di spirali in quanto, siccome esse forniscono gli stati magnetici dei lati opposti dei fili che li costituiscono separati, o quasi, gli uni dagli altri, ci consentono di porre in azione solo due tipi di forze, escludendo le altre, e dall'esperienza si ricava allora che quando le forze sono simili, avviene una repulsione, e quando sono dissimili, un'attrazione; e così dalla combinazione di queste forze magnetiche traggono origine due situazioni di repulsione e una di attrazione. I casi successivi di movimento magnetico, in ordine di semplicità, sono quelli che tirano in ballo tre forze, ovvero quelli prodotti da un polo e un filo. Si tratta dei movimenti circolari descritti nella parte precedente di questo lavoro. Essi si riducono a due tipi di movimento la rotazione reciproca tra polo nord e filo e quella tra polo sud e filo, di cui abbiamo poc'anzi stabilito le leggi.

Seguono poi le azioni tra due fili: quando questi ultimi sono elettrificati allo stesso modo si attraggono, come ha mostrato Ampère; e in questo caso interviene un'opposizione di forze dissimili che contribuiscono insieme, con una doppia attrazione, ad avvicinare le correnti; quando però i fili sono elettrificati in versi opposti, essi si respingono in quanto in questo caso ai lati del filo si trovano in opposizione forze simili che determinano una doppia repulsione.

Seguono infine i movimenti che hanno luogo per l'intervento di due poli diversi e di un filo: il filo tende a descrivere in verso opposto due circonferenze intorno ai poli; di conseguenza è spinto a percorrere una linea retta passante per il centro dell'ago magnetico dove sono localizzati tali poli. Se il filo si trova dal lato in cui i versi di percorrenza delle circonferenze convergono, esso viene attratto, se si trova invece dall'altro lato, in cui i versi divergono, viene respinto.

I movimenti di un polo e due fili sono analoghi a quelli appena considerati; se i fili sono attraversati da corrente in versi opposti il polo tende a percorrere due circonferenze: è attratto quando si trova dal lato in cui i versi di percorrenza di questi ultimi convergono, ed è respinto dall'altro lato, dove tali versi divergono.