

Capitolo 1 - L'elettromagnetismo

1-5 Cosa sono i campi?

Facciamo ora alcune osservazioni sul nostro modo di considerare il nostro tema. Forse state pensando: "Tutta questa faccenda di flussi e circuitazioni è piuttosto astratta. Ci sono campi elettrici in ogni punto dello spazio, poi ci sono queste "leggi". Ma che cos'è che *effettivamente* avviene? Perché non possiamo spiegarlo per mezzo di quello che realmente ha luogo, qualunque cosa *sia*, fra le cariche?" Ebbene, ciò dipende dai vostri pregiudizi. Molti fisici erano soliti dire che un'azione diretta senza nulla come intermediario era inconcepibile. (Come potevano trovare inconcepibile un'idea già concepita?) Essi dicevano: "Fate attenzione, le sole forze che conosciamo sono le azioni dirette di una porzione di materia su un'altra porzione. È impossibile che esista una forza senza nulla che la trasmette". Ma che cosa succede realmente se studiamo "l'azione diretta" di una porzione di materia a contatto immediato con un'altra? Scopriamo che il contatto immediato non esiste, perché le due porzioni sono sempre leggermente separate e ci sono invece delle forze elettriche agenti su scala minuscola. In questo modo troviamo che ci tocca di spiegare la cosiddetta azione per contatto diretto nei termini della rappresentazione delle forze elettriche. Non è certamente sensato tentare d'insistere che una forza elettrica deve somigliare alla familiare spinta o trazione muscolare, quando poi risulterà che le spinte o trazioni muscolari bisogna interpretarle come forze elettriche! L'unica domanda sensata è quale sia la maniera *più comoda* di considerare gli effetti elettrici. Alcuni preferiscono rappresentarli come interazioni a distanza di cariche, usando una legge complicata. Altri sono affezionati alle linee di campo e disegnano linee di campo in ogni circostanza, sembrando loro che scrivere vettori \mathbf{E} e \mathbf{B} sia troppo astratto. Le linee di campo, tuttavia, sono soltanto un modo grossolano di descrivere il campo ed è molto difficile dare le leggi quantitative corrette direttamente per mezzo di linee di campo. Inoltre l'idea delle linee di campo non contiene il principio più profondo dell'elettrodinamica, cioè il principio di sovrapposizione. Anche se conosciamo l'aspetto delle linee di campo per due sistemi di cariche separatamente, questo non ci dà nessuna idea di quella che sarà la configurazione delle linee di campo quando i due sistemi sono presenti insieme. Adoperando il punto di vista matematico, d'altra parte, la sovrapposizione è facile: si tratta semplicemente di sommare due vettori. Le linee di campo hanno qualche vantaggio in quanto danno una vivida rappresentazione, ma hanno anche degli svantaggi. Il modo di pensare basato sulle interazioni dirette è molto vantaggioso quando ci si riferisce a cariche elettriche in quiete, ma ha grandi svantaggi quando si devono trattare cariche in rapido movimento.

La via migliore è quella di usare l'idea del campo astratto; che sia astratto è una sfortuna, ma è una cosa necessaria. I tentativi di rappresentare il campo elettrico come movimento di qualche sorta di ruote dentate oppure in termini di linee, o di tensioni in qualche sorta di materiale, sono costati ai fisici più sforzi di quelli che ci sarebbero voluti per ottenere semplicemente le risposte corrette dei problemi elettrodinamici. È interessante ricordare che le equazioni corrette per il comportamento della luce nei cristalli furono elaborate da McCulloch nel 1843. Gli altri gli dicevano però: "Sì, ma non esiste nessun materiale le cui proprietà meccaniche possano soddisfare codeste equazioni e siccome la luce è un'oscillazione che deve aver luogo in *qualcosa*, non possiamo aver fiducia in codesta faccenda fondata su equazioni astratte." Se i fisici avessero avuto una mente più aperta, avrebbero potuto affidarsi con un bel po' di anticipo alle equazioni corrette per il comportamento della luce.

Nel caso del campo magnetico possiamo argomentare come segue. Supponiamo di esser finalmente riusciti a costruire una rappresentazione del campo per mezzo di linee oppure di ruote dentate che si muovono attraverso lo spazio. Tentiamo allora di spiegare che cosa succede a due cariche che si muovono tutt'e due con la stessa velocità e parallelamente. Siccome si muovono, si comporteranno come due correnti e quindi avranno un campo magnetico associato (come le correnti nei fili della Fig. 1-8). Un osservatore che viaggiasse insieme alle cariche, però, le considererebbe stazionarie e direbbe che *non c'è* campo magnetico. Le "ruote

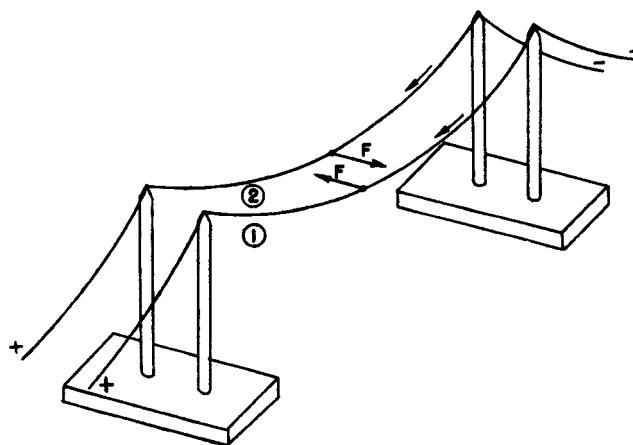


Fig. 1-8. Due fili che portano corrente esercitano forze l'uno sull'altro.

dentate” o le “linee” spariscono, dunque, quando ci si muove insieme all’oggetto! Tutto quello che abbiamo fatto è di inventare un *nuovo* problema: come possono sparire le ruote dentate?! Quelli che tracciano linee di campo, si trovano in analoghe difficoltà. Non soltanto non è possibile dire se le linee del campo si muovono o non si muovono insieme alle cariche: esse possono sparire del tutto in certi sistemi di riferimento.

Tutto ciò equivale a dire che il magnetismo è realmente un effetto relativistico. Nel caso delle due cariche ora considerate che viaggiano parallelamente l’una all’altra, ci si aspetta di dover fare delle correzioni relativistiche all’oro moto, mediante termini dell’ordine di v^2/c^2 . Queste correzioni devono corrispondere alla forza magnetica. Cosa si può dire però sulla forza fra i due fili nell’esperienza in Fig. 1-8? In questo caso la forza magnetica è l’intera forza: non ha l’aspetto di una “correzione relativistica”. Inoltre, se stimiamo la velocità degli elettroni nel filo (lo potete fare voi stessi) troviamo che la loro velocità media lungo il filo è circa 0,01 centimetri per secondo. Perciò v^2/c^2 è circa 10^{-25} , certo una correzione trascurabile. Eppure no! Benché la forza magnetica sia in questo caso la frazione 10^{-25} della “normale” forza elettrica fra gli elettroni in moto, dovete ricordarvi che le “normali” forze elettriche sono scomparse, a causa della compensazione quasi perfetta che si ha per il fatto che i fili hanno lo stesso numero di protoni e di elettroni. Tale compensazione è molto più precisa che una parte su 10^{25} e il piccolo termine relativistico che chiamiamo forza magnetica è il solo termine superstite. Diventa perciò il termine dominante.

È il quasi perfetto annullamento degli effetti elettrici che permise di studiare effetti relativistici (cioè il magnetismo) e di scoprire le equazioni corrette (fino all’ordine v^2/c^2) benché i fisici non *sapessero* che questo era ciò che stava accadendo. E questa la ragione per cui quando la relatività fu scoperta non ci fu bisogno di modificare le leggi dell’elettromagnetismo. Esse, a differenza di quelle della meccanica, erano già corrette, fino a una precisione dell’ordine di v^2/c^2 .

Da: Richard P. Feynman – *La Fisica di Feynman, Vol. 2 – Elettromagnetismo e materia* – Ed. Zanichelli.