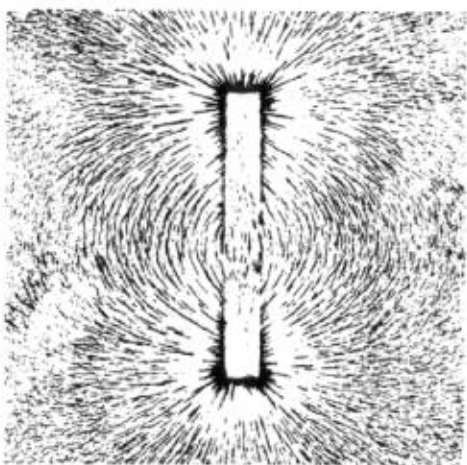


I “campi” e l’“etere” (18/05/11)

Per riprendere il filo della Fisica contemporanea, torneremo brevemente sulla Relatività, cominciando da quella *Speciale* del 1905. Niente formule, ma solo la necessità di chiarire i concetti di base, malgrado questi siano piuttosto lontani dalla mentalità convenzionale, da quel che ci sembrerebbe intuitivo e logico.

Newton – è opportuno rammentarlo – era insoddisfatto della sua legge di gravitazione, poiché gli sembrava *assurdo* (parola sua) che due oggetti separati dal vuoto potessero scambiarsi una forza senza alcun *mediatore* visibile. “Dov’è – si chiedeva – l’*elastico cosmico* tra la Terra e il Sole?” Nella prima metà dell’800, Faraday, lavorando con calamite e limatura di ferro, sembrò trovare una soluzione al problema di Newton, almeno nel caso delle forze di natura elettromagnetica. L’immagine che vediamo qui sotto è piuttosto famosa, e viene proprio dai quaderni di Faraday il



quale non metteva in formule, ma descriveva a parole e, soprattutto, disegnava moltissimo. Come si comprende a prima vista, la limatura di ferro si dispone secondo linee che portano da un polo all’altro della calamita, e questo fece subito pensare all’esistenza di un *campo* diffuso nello spazio. Questo campo sarebbe proprio il *mediatore* invocato da Newton; laddove esistono oggetti che sono sorgenti di una forza, che sia quella gravitazionale, elettrica o magnetica, lo spazio circostante è permeato dal relativo campo. L’intensità della forza è proporzionale a quella del campo, raffigurato come un insieme di *linee di forza* che, nel caso della calamita, sono descritte dall’allineamento dei grani di limatura di ferro. Per il campo elettrico e gravitazionale, invece, le linee di forza partono dagli oggetti

in modo radiale. In sostanza, l’ipotetico *elastico cosmico* di Newton era sostituito da una nuova qualità fisica – il *campo*, per l’appunto – che sembrava possedere caratteristiche più tangibili, come dimostrato proprio dagli esperimenti di Faraday.

Dunque, la Fisica dell’800 e del ‘900 fece ampio uso del concetto di campo, e lo estese e quantificò con le equazioni di Maxwell (1875), che descrivono in modo esatto ogni caratteristica del più generale campo elettromagnetico. Personalmente, non mi sono mai sentito a mio agio coll’idea di *campo*, perché mi è sempre sembrata altrettanto artificiosa di quella dell’*elastico cosmico*; è inutile dire che “*il campo è il mediatore di sé stesso*” poiché mi sembra comunque che manchi il supporto fisico. Ma procediamo.

Nelle equazioni di Maxwell, come sappiamo, compariva una quantità che disturbava molto i fisici dell’epoca, e a ragione. Si tratta della velocità della luce c , e il motivo del fastidio è piuttosto ovvio: essa è presente come *velocità assoluta* mentre l’esperienza e il buon senso affermano che le velocità sono sempre *relative a qualcosa* e, comunque, si sommano tra loro secondo l’intensità e la direzione reciproca. Di qui venne fuori il concetto di *etere luminifero*, poi semplicemente *etere*, come il mezzo attraverso il quale si propaga il campo elettromagnetico: la velocità della luce c che compariva nelle equazioni di Maxwell come entità assoluta, veniva interpretata come la sua velocità rispetto all’etere. In prima battuta, dato questo modo di vedere le cose, nulla avrebbe poi vietato che un osservatore in moto rispetto all’etere misurasse una velocità della luce diversa da c . Due piccioni con una fava: il *campo* era in qualche modo *sostenuto dall’etere*, pensato come una specie di fluido che riempie tutto lo spazio, e la velocità c non era necessariamente assoluta in sé.

Sappiamo che nel 1887 questa descrizione subì un primo colpo: Michelson e Morley riuscirono a dimostrare sperimentalmente che, in ogni caso, c non si somma alla velocità dell’osservatore e dunque, in qualche modo poco chiaro, l’etere reagisce ai corpi che lo attraversano, o viceversa. Lorentz ipotizzò che il moto attraverso l’etere comportasse un accorciamento degli oggetti in

direzione del loro moto (la *contrazione di Lorentz*) rendendo in tal modo ragione, dopo calcoli di una complessità pazzesca, del risultato di Michelson e Morley per mezzo di formule un po' complicate e poco intuitive (anno 1904). Purtroppo, le formule di Lorentz sarebbero pure andate bene in un contesto di Fisica ottocentesca, se non fosse stato per una disgraziata circostanza: non solo ci doveva essere una contrazione delle lunghezze che, in fin dei conti, sarebbe stata giustificabile nell'attraversamento di un fluido come l'etere, ma due osservatori in moto a velocità diversa avrebbero dovuto cronometrare intervalli temporali differenti tra due eventi qualsiasi. E, per un buon fisico dell'epoca, si poteva forse derogare per quanto riguardava lo *spazio assoluto* di Newton se questo era riempito da un fluido, ma andare a toccare il *tempo assoluto* era una bestemmia. Così, il povero Lorentz aveva trovato le equazioni della Relatività Speciale, ma non aveva la minima idea di cosa significassero.

Il giovane Einstein, noto sciupafemmine, forse non sapeva neanche dell'esperimento di Michelson e Morley. Nei suoi diari racconta che, alla tenera età di 18 anni, quindi attorno al 1897, lui già rifletteva sulle equazioni di Maxwell, e il suo ragionamento era il seguente.

Immaginiamo di poter riuscire a inseguire un'onda elettromagnetica a velocità sempre crescente. Quando avremo raggiunto esattamente la velocità della luce, come vedremo quest'onda elettromagnetica? Secondo logica, vedremo un campo elettrico e uno magnetico, fermi nello spazio, che oscillano perpendicolarmente l'uno all'altro. Infatti, l'onda elettromagnetica non è altro che un'oscillazione di questi due campi che si propaga a velocità c . Ora, proprio qui sorge il problema: le equazioni di Maxwell, infatti, non possiedono nessuna soluzione matematica che corrisponda all'oscillazione di questi due campi *ferma nello spazio*. Ovunque questa oscillazione esista, la sua velocità è c . Dunque, l'esperimento sopra ipotizzato non è fattibile, e ciò vuol dire non solo che non ci si potrà mai muovere alla velocità della luce, ma pure che quest'ultima deve per forza essere la stessa per qualsiasi osservatore, indipendentemente dalla sua velocità!

In sostanza, nel 1905, Einstein introdusse il *principio di costanza della velocità della luce* solo in base a un ragionamento teorico, un *gedankenexperiment*. In quest'ottica, poi, Minkowski cominciò pochi anni dopo a parlare di *spaziotempo* come di un'entità omogenea che sostituisce lo spazio e il tempo assoluti di Newton, e ne venne fuori tutto quel che sappiamo. Le formule di Lorentz erano giuste, ma non significavano che, spostandosi attraverso l'etere, i corpi si accorciano, bensì esprimevano la relatività delle misure separate di spazio e tempo, fino a giungere al paradosso secondo il quale, essendo A e B due eventi distanziati nello spazio e nel tempo, alcuni osservatori possono determinare che A è precedente a B , altri l'inverso. Inutile dire che già questi concetti sono del tutto contrari all'intuizione e al buon senso, ma la Natura fa funzionare il Cosmo attraverso modalità che per noi sono imperscrutabili.

Ora, però, voglio soffermarmi su un dettaglio di questa lunga storia. Con la Relatività Speciale, di fatto, tutti i ragionamenti relativi alla velocità della luce rispetto all'etere furono superati dalla nuova teoria. Dunque, il concetto di etere passò in secondo piano, e sui libri di Fisica di oggi si legge che con la Relatività Einstein dimostrò che l'etere non esiste. Di sicuro, è un'interpretazione possibile, ma in questo modo ci troviamo nuovamente scoperti per quanto riguarda il *mezzo* attraverso il quale si diffonde la forza elettromagnetica. I fisici continuano a parlare di *campi* ma, in un modo o nell'altro, sembra che questi campi si diffondano attraverso il vuoto. Non sarà che il concetto di *vuoto* richieda proprio lui qualche ulteriore specifica che lo renda *pieno di qualcosa*, affinché sia in grado di *trasportare forze*? Come vedremo più avanti, esistono risposte *funzionanti dal punto di vista matematico* a questa domanda, ma sono anche risposte soddisfacenti per l'intuizione? Non lo sono, ma noi non ci fermeremo certo per questo dettaglio, no?