Tratto da: “The Feynman lectures on Physics” Vol. 1

52-5 Vettori assiali e polari

Ora andiamo avanti. Osserviamo che in Fisica vi sono molti luoghi dove abbiamo regole della mano “destra” e “sinistra”. In realtà, quando abbiamo imparato l'analisi vettoriale siamo venuti a conoscenza delle regole della mano destra che dobbiamo utilizzare affinché il momento angolare, la coppia, il campo magnetico siano espressi correttamente. La forza su una carica in movimento in un campo magnetico, ad esempio, è $\mathbf{F}=q\,\mathbf{v}\times\mathbf{B}$. In una data situazione, in cui conosciamo **F**, **v** e **B**, non è sufficiente quell'equazione per definire un'orientazione destrorsa? In realtà, se torniamo indietro ed esaminiamo da dove sono venuti fuori i vettori, ci rendiamo conto che la “regola della mano destra” era una pura convenzione; era un trucco. Le quantità originali, come i momenti angolari e le velocità angolari, non erano affatto vettori! Esse erano tutte in qualche modo associate con un certo piano, ed è solo perché vi sono tre dimensioni nello spazio che noi possiamo associare le quantità ad una direzione perpendicolare a quel piano. Delle due possibili direzioni, scegliamo la direzione “della mano destra”.

Così, se le leggi della fisica sono simmetriche, dovremmo trovare che se qualche demone andasse ad intrufolarsi in tutti i laboratori di fisica e sostituisse la parola “destra” con “sinistra” in tutti i libri in cui sono date le “regole della mano destra”, ed al loro posto noi usassimo tutte “regole della mano sinistra”, uniformemente, non vi sarebbe nessuna differenza di alcun tipo nelle leggi fisiche.

Diamo un esempio. Vi sono due tipi di vettori. Vi sono i vettori “onesti”, come un passo $\Delta\mathbf{r}$ nello spazio. Se nel nostro apparato c'è un pezzo qui e qualcos'altro lì, allora in un apparato speculare vi sarà il pezzo-immagine e il qualcos'altro-immagine, e se noi tracciamo un vettore dal “pezzo” al “qualcos'altro”, un vettore risulta l'immagine speculare dell'altro (Fig. 52-2)

Fig. 52-2. Un passo nello spazio e la sua immagine speculare

La freccia del vettore cambia la sua punta così come si capovolge l'intero spazio. Chiamiamo tale tipo di vettore un *vettore polare*.

Ma l'altro tipo di vettore, che ha a che fare con le rotazioni, è di una natura diversa. Per esempio, supponete che in tre dimensioni qualcosa stia ruotando come mostrato nella figura 52-3. Allora, se la guardiamo in uno specchio, essa starà ruotando come indicato, vale a dire come l'immagine speculare della rotazione originale. Ora abbiamo concordato di rappresentare la rotazione speculare tramite la stessa regola, è un “vettore” che, rispetto alla riflessione, *non* varia come fanno i vettori polari, ma è rovesciato rispetto ai vettori polari e alla geometria dello spazio; tale vettore è chiamato un *vettore assiale*.

Figura 52-3. Un disco rotante e la sua immagine speculare. Notate che il “vettore” velocità angolare non è di verso opposto.

Ora, se la legge di simmetria per riflessione è valida in fisica, allora deve essere vero che le equazioni devono essere concepite in modo tale che, se noi cambiamo il segno di ogni vettore assiale e di ogni prodotto vettoriale di vettori, che sarebbe ciò che corrisponde alla riflessione, nulla accadrà. Per esempio, quando scriviamo una formula la quale dice che il momento angolare è $\mathbf{L}=\mathbf{r}\times\mathbf{p}$ quell'equazione va bene, poiché se passiamo ad un sistema di coordinate sinistrorso, noi cambiamo il segno di **L**, ma **p** e **r** non cambiano; il segno del prodotto vettoriale è mutato, dal momento che dobbiamo passare da una regola della mano destra ad una regola della mano sinistra. Come altro esempio, noi sappiamo che la forza su una carica in moto in un campo magnetico è $\mathbf{F}=q\mathbf{v}\times\mathbf{B}$, ma se noi passiamo da un sistema destrorso ad uno sinistrorso, dal momento che è noto che **F** e **v** sono vettori polari, il cambiamento di segno richiesto dal prodotto vettoriale deve essere cancellato da un cambiamento di segno di **B**, il che significa che **B** deve essere un vettore assiale. In altre parole, se noi operiamo una tale riflessione, **B** deve andare in **-B**. Così, se cambiamo le coordinate da destre a sinistre, dobbiamo anche cambiare i poli dei magneti da nord a sud.

Vediamo come tutto ciò funziona con un esempio. Supponete che abbiamo due magneti, come in figura 52-4.

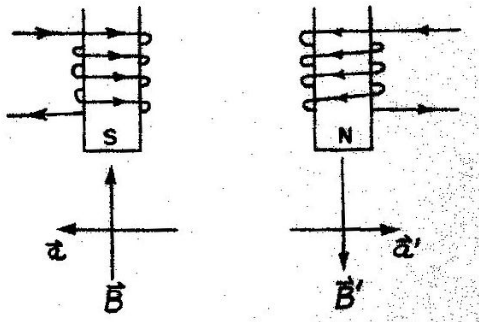

Figura 52.4. Un magnete e la sua immagine speculare.

Uno è un magnete con le spire avvolte in un certo verso, e con la corrente in una data direzione. L'altro magnete appare come la la riflessione del primo magnete in uno specchio—la spira si avvolgerà nell'altra direzione, ogni cosa che accadrà internamente alla spira sarà esattamente rovesciata, e la corrente si muoverà come mostrato. Ora, dalle leggi di generazione dei campi magnetici, che ancora non conosciamo ufficialmente, ma che molto probabilmente abbiamo imparato alle scuole superiori, risulta che il campo magnetico è come mostrato in figura. In un caso il polo è un polo sud magnetico, mentre nell'altro magnete la corrente sta muovendosi nell'altro verso e il campo magnetico risulta rovesciato— è un polo nord magnetico. Così vediamo che quando andiamo dalla destra alla sinistra noi dobbiamo proprio cambiare il nord in sud!

Nessun problema nel cambiare il nord in sud; anche queste sono mere convenzioni. Parliamo dei *fenomeni*. Supponete, ora, di avere un elettrone che si muove attraverso un campo, andando dentro la pagina. Allora, se usiamo la formula per la forza, $\mathbf{v}\times\mathbf{B}$ (ricordate che la carica è negativa), troviamo che l'elettrone devierà nella direzione indicata in accordo con la legge fisica. Così il fenomeno è che noi abbiamo una spira con una corrente fluente in un senso specifico e un elettrone che curva in una certa direzione—quella è la fisica—non importa come noi etichettiamo ogni cosa.

Ora facciamo lo stesso esperimento con uno specchio: mandiamo un elettrone in una direzione corrispondente ed ora la forza è opposta, se la calcoliamo con la stessa regola, e ciò va molto bene perché i corrispondenti *moti* sono allora immagini speculari!