

18/11/2015 – Il concetto di “Carica”

La volta scorsa c'eravamo lasciati con la domanda: “per quale motivo esiste un *Campo*”? E avevamo dato una risposta provvisoria: perché ci sono in giro *Cariche* di quel campo. Ora bisogna capire da dove vengono fuori queste *cariche*. Prendiamo, come esempio, la carica elettrica; è un concetto che tendiamo a dare per scontato: sappiamo che ce ne sono di positive e negative, e che l'unità elementare di carica (negativa) è quella dell'elettrone. Ma non ci siamo mai chiesti *cosa sia* questa carica. Partiamo dal principio.

Abbiamo imparato che la velocità della luce c è una costante universale, e questa assoluta costanza sfida il nostro buon senso. Una stella, anche se viaggia a velocità altissima nei nostri confronti, emette luce, e questa luce ha velocità c . Ciò contrasta con la nozione semplice secondo la quale le velocità relative dovrebbero sommarsi, e cioè, se

$$v_1 = \underline{100 \text{ km/h}} \text{ e } v_2 = \underline{50 \text{ km/h}}, \text{ allora } w = (v_1 + v_2) = \underline{150 \text{ km/h}}.$$

Invece, $w = (c + v) = c$ perfino se $v = c$. Come mai?

Usando ragionamenti molto complicati (*inutilmente* complicati, come risultò poi), nel 1904 – 1905 Heindrik Lorentz riuscì, ancor prima di Einstein, a trovare delle “trasformazioni” spaziotemporali che sostituivano quelle, più intuitive, di Galileo, e che fornivano, per la “somma” di due velocità (da allora si cominciò a dire: “*composizione delle velocità*”) la formula abbastanza complicata:

$$(1) \quad w = \frac{(v_1 + v_2)}{1 + \frac{(v_1 * v_2)}{c^2}}$$

Come esercizio per casa, provate a inserire nella (1) qualsiasi valore per le due velocità, e non troverete mai $w > c$.

Lorentz non aveva molto ben chiaro il significato fisico delle “trasformazioni” da lui trovate in modo semiempirico. Sapeva solo che “andavano bene” con le leggi della Fisica, specie con quelle dell'elettromagnetismo (ricordiamo che nelle Equazioni di Maxwell compariva c come un valore assoluto, e questo aveva fatto pensare all’“etere”). Nel giro di un paio d'anni, Einstein spiegò questo “significato fisico” grazie alla Teoria della Relatività Speciale, in cui inserì proprio le “Trasformazioni di Lorentz”. E qui compare una nuova “simmetria” spaziotemporale: le leggi della Fisica sono “simmetriche” rispetto alle Trasformazioni di Lorentz. Cosa ci dice Emmy Noether?

Bene: ci dice che, data questa nuova “simmetria”, deve esistere anche una quantità fisica che si conserva (ho semplificato molto, ma il concetto è più o meno questo). Tale quantità è, per l'appunto, la carica elettrica. E quest'ultima genera un *campo elettrico* per mezzo dell'emissione e assorbimento dei fotoni (virtuali, purtroppo) come abbiamo visto la volta scorsa.

Più in generale: quando esiste una “forza” o “interazione”, devono per forza esistere delle “trasformazioni” in senso molto lato. Queste trasformazioni, ovviamente, a loro volta devono essere “simmetriche” rispetto alle leggi della Fisica, altrimenti andrebbe tutto a catafascio (questo è il concetto che molti “dilettanti” non riescono a capire, e scrivono lunghi pamphlet intitolati: “Einstein non ha capito niente”). Ebbene: ogni *simmetria* relativa alle trasformazioni per ogni interazione, porta con sé un nuovo “invariante”, che altro non è se non la “carica” relativa a quell’interazione, ovvero il “generatore del campo” che, per mezzo dell’emissione e assorbimento dei “mediatori” (sempre virtuali) di quell’interazione, esercita la “forza a distanza”.

Proviamo a elencare le interazioni, e le loro cariche.

| Forza (interazione) | Carica |
|--------------------------|-----------------------|
| <u>Gravitazionale</u> | <u>Massa</u> |
| <u>Elettromagnetica</u> | <u>Elettrica</u> |
| <u>Nucleare “Debole”</u> | <u>Isospin debole</u> |
| <u>Nucleare “Forte”</u> | <u>Colore</u> |

Ebbene: fino alla “carica di colore” possiamo accettare l’idea, e la rivedremo meglio in qualche salotto successivo, ma questo “isospin debole” l’incontriamo per la prima volta. Di cosa diavolo si tratta?

Ragioniamoci: quando è stata definita la carica elettrica, dapprima i fisici si chiesero che razza di roba fosse. Poi, pian pianino, scoprendo l’elettrone, si cominciò ad accettare l’idea che fosse semplicemente una caratteristica dell’elettrone (e del protone per la carica positiva) e non ci si pensò più di tanto. Si capì che il concetto di “carica elettrica” era una pura e semplice convenzione per indicare il generatore di campo elettrico, e basta così. Ora, lo stesso ragionamento vale per tutte le “cariche”: i loro nomi sono pure e semplici convenzioni, nel caso dell’isospin debole dovuti a un lungo travaglio storico prima di individuarle, nel caso di quella di colore dovute a un colpo di fantasia, ma ciò che conta è capire quali particelle siano soggette a queste cariche, e in che ammontare, per poter calcolare il loro comportamento grazie al Modello Standard.

Restando, perciò, sull’isospin debole, diremo così: *tutte* le particelle materiali, dai quark ai neutrini, possiedono questa carica. In più, anche i tre *mediatori* dell’interazione debole (\mathbf{W}^+ , \mathbf{W}^- e \mathbf{Z}^0) ne sono provvisti. I loro valori? Eccoli. Detta T_z l’unità di isospin debole (vedremo poi il significato di quel pedice “z”, e saranno guai!), i fermioni tipo “u” (quark u , c , t e i neutrini) hanno $T_z = +1/2$, mentre i fermioni tipo “d” (quark d , s , b e i tre “elettroni” relativi) hanno $T_z = -1/2$. Per quanto riguarda i mediatori dell’interazione, il bosone \mathbf{W}^+ ha $T_z = +1$; il bosone \mathbf{W}^- ha $T_z = -1$, e il povero bosone \mathbf{Z}^0 ha carica debole T_z uguale a zero. Non che questo gli impedisca di interagire con le altre particelle dotate di isospin debole, però. Sottile è il Signore, e qualche volta assai malizioso... ma vedremo.