

### Le particelle elementari III (29/11/06)

Ripetiamo qualcosa sui gluoni, prima di procedere. In questa fase, parleremo indifferentemente di gluoni reali e virtuali, perché le loro proprietà sono le stesse (a parte la durata in esistenza)

In primo luogo, essi non hanno massa, e questo significa che, nel vuoto, si possono creare gluoni virtuali di qualsiasi energia, anche prossima a zero. Questo fatto ce lo dovremo ricordare più avanti, quando affronteremo due aspetti apparentemente controintuitivi delle forze che si esercitano tra quark.

In secondo luogo, ricordiamo che ciascun gluone non è “privo di colore”. Esso, infatti, trasporta sistematicamente un colore e un anticoloro. Ripensiamo un attimo ai fotoni che trasportano la forza elettromagnetica: il paragone tra fotone e gluone non può essere completo, anche se sia il fotone che il gluone non hanno massa. Infatti, il fotone, pur trasportando la forza elettromagnetica, non possiede nessuna carica elettrica. Al contrario, il gluone, che trasporta la forza di colore, è a sua volta “carico”, e dunque, tanto per fare un esempio, può interagire non solo coi quark, ma anche con altri gluoni. Il fotone, al contrario, può interagire solo con particelle dotate di carica elettrica, e quindi non con un altro fotone. Vedremo che anche questa differenza determinante tra fotone e gluone contribuisce a rendere il comportamento della forza di colore completamente diverso da quello della forza elettrica.

In terzo luogo, chiediamoci quanti tipi diversi di gluoni possano esistere. Siccome ci sono tre colori e tre anticolori, ci verrebbe da dire che le combinazioni possibili sono nove, secondo la matrice:

r-ar	r-ag	r-ab
g-ar	g-ag	g-ab
b-ar	b-ag	b-ab

Però, attenzione: osserviamo bene la diagonale della matrice. Essa contiene combinazioni tra un colore e il proprio anticoloro. Dunque, i tre gluoni lungo la diagonale, sono “bianchi”. E, siccome in Meccanica Quantistica gli oggetti “identici” sono in realtà “lo stesso oggetto”, i tre gluoni lungo la diagonale potrebbero essere pensati come un gluone solo, che non porta colore. Purtroppo, la cosa è ancora più complicata. I tre gluoni lungo la diagonale “oscillano” tra loro nel senso che si possono trasformare

1) o l’uno nell’altro

2) o nella somma di due o tre tipi

All’atto pratico, questi due diversi modi di oscillazione, si manifestano come “due gluoni nuovi”, diversi dagli altri. Alla fin fine, ci sono:

a) sei gluoni nei quali il colore e l’anticoloro non sono complementari (i sei che non appartengono alla diagonale della matrice)

b) due gluoni “oscillatori” al posto dei tre lungo la diagonale

Quindi, i gluoni sono otto, e non nove. Notate bene: i due modi di oscillazione che ho distinto sono solo modelli molto grossolani di quello che succede nella realtà. Ma, tanto, qualsiasi modello intuitivo della Meccanica Quantistica è grossolano, e quindi non ce ne preoccupiamo troppo.

Adesso, iniziamo il filo del ragionamento che, nel prossimo salotto, ci porterà a capire come mai i quark, visti abbastanza “da vicino”, sembrano quasi essere scarichi, nel senso che la forza di attrazione tra due quark di colori diversi tende a zero col tendere a zero della distanza. Tutto si basa sul fatto che i gluoni, che trasportano la forza, non sono scarichi, ma carichi pure loro.

Ricordiamo anzitutto come, nel caso di un elettrone, la “carica” sembri crescere all’infinito via via che ci avviciniamo all’elettrone stesso (si noti bene: non sto dicendo che la *forza elettrica* cresce all’infinito; quello è ovvio se l’intensità della forza va come  $1/R^2$ ). Questo dipende dal fatto che, attorno all’elettrone “reale”, si formano infinite coppie “elettrone + positrone virtuali”, che esercitano uno schermo elettrico. Infatti, in media, i positroni virtuali saranno più vicini all’elettrone reale, e quindi, avvicinandoci sempre di più, ci lasceremo alle spalle schermi (virtuali) un po’ più positivi che negativi, e dunque la carica (reale) al centro ci apparirà sempre più negativa. La prossima volta applicheremo un ragionamento del genere ai quark, tenendo presente che esistono non solo altri quark virtuali, ma pure gluoni virtuali.