

L'interazione elettromagnetica VIII (15/03/2006)

Avevamo lasciato in sospeso il discorso su come le particelle virtuali abbiano un ruolo decisivo nell'Elettrodinamica Quantistica (QED) e, più in generale, nel *Modello Standard* e nella costruenda *Teoria di Grande Unificazione*. Dunque, che l'analogia delle particelle virtuali piaccia o no, dobbiamo approfondire il concetto andando avanti con altri *fatti sperimentali* che trovano una spiegazione semplice e matematicamente consistente in questo contesto. Avevamo visto 1) l'effetto Casimir e 2) la creazione di particelle negli acceleratori. Proseguiamo coll'interazione fotone-fotone.

3) La teoria classica dell'elettromagnetismo (equazioni di Maxwell) e pure quella quantistica (equazioni di Dirac, *prescindendo però dalle particelle virtuali*) prevedono che due fotoni non possano interagire tra loro *direttamente*, giacché i fotoni non portano nessuna "carica" pur essendo onde elettromagnetiche. Infatti, se facciamo incrociare due fasci di luce, è esperienza comune che questi si attraverseranno tra loro senza che ci sia nessuna dispersione laterale di luce. Ma se eseguiamo esperimenti veramente sensibili con raggi di luce molto intensi, come per esempio quelli generati da laser di potenza, non solo si osservano *fotoni deflessi lateralmente*, ma la loro *lunghezza d'onda è diversa* da quella dei due laser. Cosa è successo? Che nella zona d'incrocio vi sono state interazioni tra i fotoni e coppie d'elettroni – positroni virtuali, e *queste interazioni hanno deflesso i fotoni*. In un certo senso, è la cosa più vicina a una *osservazione diretta* di particella virtuale (a parte il suo carattere "casuale"). Inutile dire che, almeno fino a questo momento, tutti gli esperimenti hanno confermato *quantitativamente* il modello a particelle virtuali. Proprio in questo periodo, in Svezia e in Inghilterra sono in costruzione esperimenti che, studiando in dettaglio la diffusione di fotoni da particelle virtuali in un incrocio di tre laser di potenza, dovrebbero aiutare a misurare in modo più diretto e quantitativo il comportamento delle particelle virtuali.

4) Ci sono molti altri effetti osservati, ma a questo punto dobbiamo tornare alla QED e ai diagrammi di Feynman, spiegando in che modo le stesse particelle virtuali che causano la presenza d'infiniti da eliminare nei diagrammi, contengano in sé anche il motivo per cui questo procedimento matematico non ortodosso sia *plausibile, almeno in linea di principio*. Vedremo solo il caso dell'elettrone perché, come per i diagrammi di Feynman, è il più semplice da capire. Supponiamo dunque che esista un elettrone isolato nel "vuoto". Nelle sue vicinanze sarà un continuo brulicare di particelle virtuali, tra cui anche coppie "elettrone – positrone". Ma poiché l'elettrone possiede carica elettrica negativa, queste coppie si orienteranno, in media, in maniera tale che *il positrone virtuale "esista" più vicino all'elettrone reale*, mentre l'elettrone virtuale tenderà a mantenersi, per la durata brevissima della sua vita effimera, più lontano. Si presenterà dunque la situazione mostrata in figura, e l'effetto medio per un osservatore lontano sarà di vedere la carica elettrica dell'elettrone come se fosse *schermata*, e quindi *un po' minore* di quel che è in realtà. Ma se ciò è vero significa forse che, misurando davvero la carica dell'elettrone sempre più vicino alla particella, e quindi avendo *attraversato gli strati più esterni* di particelle virtuali, dovremmo trovare valori sempre più alti di carica elettrica? Esattamente così e, infatti, le misure di carica dell'elettrone a brevissime distanze forniscono una carica che cresce al diminuire della distanza e che, teoricamente, tende a infinito per distanza zero. Tra l'altro, l'aumento di carica elettrica all'aumentare dell'energia a cui si eseguono le misure è non solo un ottimo motivo per cancellare gli infiniti nei diagrammi di Feynman (la carica "vera" dell'elettrone è *infinita*, e il suo "valore d'infinito" è proprio quello che serve per bilanciare esattamente gli infiniti che sorgono nei diagrammi facendo in modo che, *alla fine, la carica vista da grande distanza sia proprio quella misurata*), ma è anche un altro motivo per pensare a un'*unificazione* delle forze. Infatti, se la carica elettrica cresce al diminuire della distanza, ci sarà una *distanza molto piccola (un'energia molto grande)* a cui carica elettrica e nucleare avranno lo stesso valore.

