

## L'interazione elettromagnetica VII (08/03/2006)

Avendo parlato dei diagrammi di Feynman e della rinormalizzazione (tutti concetti che hanno a che fare con l'interpretazione a "*particelle virtuali*" della MQ) dobbiamo spendere ancora qualche parola proprio sulle particelle virtuali. Infatti, come per ogni modello della MQ, si tratta solo di un modo per cercare di rendere intuitivo qualcosa che sfugge a priori all'intuizione, ma nel caso specifico il modello sembra essere di portata piuttosto ampia, rendendo ragione di tante cose sia sul piano teorico che su quello osservativo.

Ricordiamo anzitutto un concetto fondamentale: nessun esperimento potrà mai provare *direttamente* l'esistenza di una particella virtuale, poiché essa esiste per un tempo troppo breve affinché la misura possa essere eseguita. Ma nessuno afferma che non siano osservabili gli effetti *indiretti* dell'esistenza di particelle virtuali. Elenchiamo di seguito cinque di questi effetti (che peraltro abbiamo già discusso) partendo da quelli sperimentali in senso stretto.

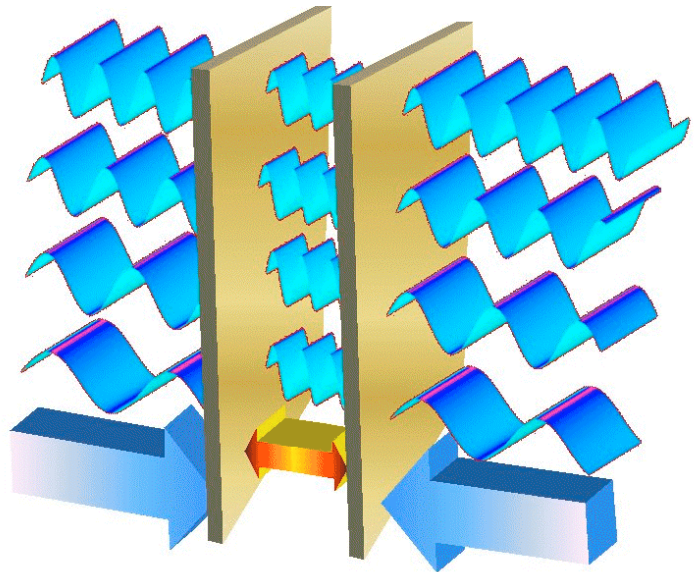
1) Il momento magnetico dell'elettrone. Scegliendo l'unità di misura secondo cui il suo valore dovrebbe essere esattamente 2 nel caso in cui non esistano particelle virtuali, l'effetto di queste ultime lo modifica. Vediamo i valori sperimentale e teorico, considerando nel secondo anche le particelle virtuali.

Sperimentale: **2,001159652201**

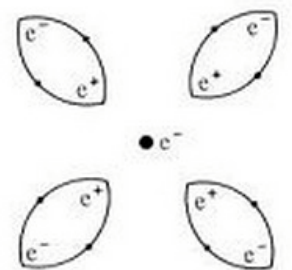
Teorico: **2,001159652188**

2) La "creazione" di particelle negli acceleratori. L'energia cinetica delle particelle che collidono in un acceleratore è utilizzabile come energia "*di massa*" per le particelle virtuali presenti in quell'istante nel luogo della collisione. Esse diventano "reali" poiché il "*debito col vuoto*" viene "pagato" proprio dall'energia cinetica. La probabilità sperimentale di trovare particelle di varie masse coincide con quella teorica per le particelle virtuali.

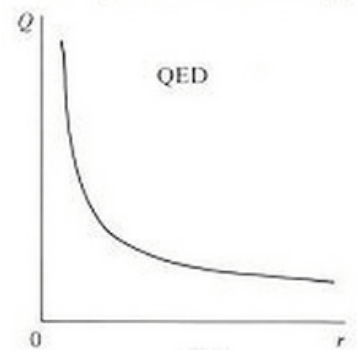
3) *L'effetto Casimir*. Nel vuoto ci possono essere onde elettromagnetiche *virtuali* di qualsiasi lunghezza d'onda. Ma tra due piastre di materiale conduttore, siccome il campo elettrico si deve annullare sulla parete del conduttore stesso, (conseguenza delle equazioni di Maxwell), ci possono essere solo onde *la cui lunghezza d'onda sia sottomultipla di  $2D$*  dove  $D$  è la distanza tra le piastre. Dunque, ci sono "*meno onde*" tra le piastre che fuori, e questo si traduce in uno sbilanciamento di forze che tende a far attrarre le due piastre senza che ci sia la minima carica elettrica coinvolta. L'effetto si misura con precisione ed è esattamente uguale a quel che si calcola per mezzo del modello a 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 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.



Attenzione: fin qui non si tratta di teoria, ma di misure vere e proprie. 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, e siccome vedremo che invece la carica nucleare fa il contrario, ci sarà una *distanza molto piccola* (corrispondente a *un'energia molto grande*) per cui entrambe le cariche hanno lo stesso valore.

5) L'evaporazione dei buchi neri. Questo è un effetto finora solo teorico, ma non è escluso che possa un giorno o l'altro essere osservato direttamente. Alcuni sperano che LHC riesca a vederlo; io non sono così ottimista, ma non si sa mai. Comunque, su quest'ultimo effetto dovremo tornare più avanti.