

Report sulla Tesi di Dottorato di Ricerca del dott. D. Vadacchino

La tesi del dott. D. Vadacchino, dal titolo “Confinement in the U(1) Lattice Gauge Theory in $D = 2 + 1$ dimension” ha per oggetto lo studio, mediante simulazioni numeriche su reticolo spazio-temporale con tecniche Monte Carlo, del problema del confinamento delle cariche elettriche in presenza di interazione Coulombiana in due dimensioni spaziali.

Sebbene il meccanismo del confinamento in questa teoria sia ben compreso sin dalla metà degli anni Ottanta, essa continua ad essere un utile laboratorio teorico per la messa a punto e la calibrazione di modelli utili alla comprensione del confinamento nelle teorie di gauge non-Abeliane, come la CromoDinamica Quantistica (QCD).

In questo lavoro di tesi sono presentate determinazioni numeriche di alta precisione del potenziale di interazione tra due cariche statiche e di alcune proprietà della distribuzione delle linee di forza del campo elettrico, che formano una struttura tubolare chiamata in gergo “tubo di flusso”.

Tali determinazioni sono confrontate con le predizioni di due modelli teorici, quello di “teoria efficace di stringa” (EST) e quello di “superconduttività duale” (DC) che, partendo da presupposti radicalmente diversi, conducono a predizioni marcatamente differenti. Ad esempio, mentre EST prevede un profilo trasverso di tipo Gaussiano per il tubo di flusso, DC ne prevede uno di tipo esponenziale (almeno a grandi distanze dalla retta lungo cui giacciono le cariche statiche). In QCD non è ancora chiaro quale dei due modelli sia più appropriato per la descrizione dei tubi di flusso del campo cromoelettrico, sebbene esista un certo consenso sull’aspettativa, non ancora pienamente confermata dalle simulazioni numeriche, che EST descriva meglio la regione di grandi distanze tra le sorgenti statiche, mentre DC sia più appropriato per il regime di piccole distanze, dove la distanza di riferimento è fornita in questo contesto da $1/\sqrt{\sigma}$, con σ il coefficiente del termine lineare nella distanza nell’espressione del potenziale di interazione.

La teoria di gauge U(1) in 2+1 dimensioni, grazie alla sua formulazione in termini di variabili duali, può essere studiata con grande accuratezza mediante tecniche numeriche di tipo Monte Carlo e consente così di discriminare tra i due modelli in esame.

Il risultato sorprendente e interessante di questa tesi è che nessuno dei due modelli fornisce predizioni che si accordino pienamente con i risultati delle simulazioni numeriche:

1) EST nella sua formulazione più elementare, detta di Nambu-Goto, non descrive né il potenziale statico, né il profilo trasverso del campo, ma predice qualitativamente la dipendenza della larghezza del tubo di flusso dalla distanza tra le sorgenti; parte delle deviazioni tra le predizioni di Nambu-Goto EST e i risultati numerici possono essere spiegate da un termine cosiddetto di “stringa rigida”;

2) DC descrive bene il profilo trasverso del campo, ma non la dipendenza della larghezza del tubo di flusso dalla distanza.

Queste conclusioni possono essere di grande aiuto nel capire le limitazioni e il dominio di validità delle descrizioni di EST e DC nella teoria delle interazioni forti.

I risultati della tesi sono esposti in modo sufficientemente chiaro. Si riportano comunque di seguito alcuni suggerimenti che potrebbero portare ad un miglioramento del manoscritto.

Nella parte introduttiva, e in particolare nei capitoli 3 e 4, il livello di approfondimento riservato ai vari argomenti trattati non è sempre adeguato alla loro rilevanza nel prosieguo della discussione. Ad esempio, sarebbe opportuna una discussione più estesa delle proprietà del modello di DC, che giocano un ruolo importante nella discussione dei risultati numerici, ad un livello di approfondimento almeno comparabile a quello riservato al modello XY in due dimensioni, che invece è forse meno rilevante nel contesto della teoria a temperatura zero. Una stesura della Tesi riveduta in questi aspetti, che la emendi anche di alcune sbavature qua e là nelle formule e di alcuni errori di stampa, ne farebbe un testo di ottima qualità.

15 settembre 2016

Massimo D'Elia

Alessandro Papa