

Loop di Wilson supersimmetrici in tre dimensioni

Candidato: Luigi Guerrini

Relatore: Prof. Domenico Seminara

In Fisica la ricerca di *risultati esatti* è un compito tanto stimolante quanto impegnativo. Questi, infatti, non solo garantiscono una comprensione esaustiva dello specifico fenomeno in sé, ma costituiscono anche un punto di partenza per un'analisi perturbativa di versioni più complicate del fenomeno. D'altra parte, in una generica teoria quantistica di campo, questi risultati sono spesso inaccessibili a causa di insormontabili difficoltà sia tecniche che pratiche, le quali impediscono di risommare le correzioni quantistiche. In questo senso, la Supersimmetria, sebbene ad oggi non sia stata rilevata sperimentalmente, rende talvolta trattabili dei problemi altrimenti fuori portata, tenendo sotto controllo le correzioni radiative a certe osservabili quantistiche. In particolare, una tecnica grazie alla quale sono stati prodotti negli ultimi anni molti risultati esatti, è la *localizzazione supersimmetrica*. Grazie alla presenza di una simmetria fermionica è possibile infatti deformare il path integral con un opportuno termine, pesato con un parametro ausiliario t , senza alterare il risultato. Valutando allora l'integrale funzionale per grandi t , l'approssimazione di punto sella risulta esatta e semplifica notevolmente il calcolo del path integral, riducendolo, in casi fortunati, a un integrale ordinario. Dunque la localizzazione permette di calcolare il valore di aspettazione e le funzioni di correlazione delle osservabili invarianti sotto la stessa simmetria fermionica.

In questa tesi ci siamo concentrati nello studio di teorie supersimmetriche in 2+1 dimensioni. In generale, le versioni non supersimmetriche di queste teorie sono usate per descrivere interessanti fenomeni fisici in materia condensata, ed esiste anche una ricca rete di dualità fra teorie di gauge e non. In quest'ultima direzione, una comprensione esatta del caso supersimmetrico è stata cruciale per estendere queste dualità anche al caso non supersimmetrico. Inoltre, nell'ambito della dualità fra teorie di gauge e teorie di stringa, il calcolo esatto di certe osservabili non locali come i *Wilson loop*, ha fornito dei test non banali della dualità stessa. I Wilson loop sono le grandezze fondamentali nelle teorie di gauge e fisicamente sono legati al potenziale statico fra una coppia quark-antiquark. Preliminarmente abbiamo discusso la costruzione delle teorie di gauge supersimmetriche $\mathcal{N} = 2$ in $D = 3$, includendo il termine di Chern Simons. Abbiamo poi illustrato come calcolare la funzione di partizione della teoria in presenza di materia, seguendo la procedura di localizzazione introdotta da Kapustin, Willet e Yaakov (KWY). Successivamente, abbiamo considerato un recente lavoro di Dedushenko, Pufu e Yacoby, in cui costruiscono una procedura alternativa di localizzazione basata su una supercarica *diversa* da quella usata da KWY. Queste cariche permettono di calcolare un'altra famiglia di osservabili locali in una teoria $\mathcal{N} = 4$ di Yang Mills supersimmetrica in $D = 3$ ($\text{SYM}_4^{D=3}$) accoppiata con ipermultipli di materia. Il nostro contributo originale sta nella ricerca approfondita dell'esistenza di osservabili non locali, come i Wilson loop, invarianti sotto queste supersimmetrie.

Abbiamo provato a costruire nuovi Wilson loop in $\text{SYM}_4^{D=3}$ scegliendo la connessione modificata dall'accoppiamento dei campi scalari del supermultipletto vettoriale alle forme right invarianti di S^3 , in analogia con l'ansatz di certi noti Wilson loop in 3+1 dimensioni. Seguendo questo esempio, ci siamo ridotti a considerare circuiti su una particolare sfera S^2 , ricavando delle condizioni di supersimmetria. Abbiamo dimostrato che queste equazioni non ammettono una soluzione generale indipendente dal cammino. Tuttavia, la simmetria di certi cammini, riduce le equazioni da soddisfare, permettendo, nel caso di cerchio massimo, di trovare la soluzione. Abbiamo quindi studiato questo Wilson loop mediante la localizzazione rispetto alle nuove cariche, scoprendo che il nuovo Wilson loop è di tipo Zarembo, cioè che ha valore di aspettazione banale. Inoltre, la nostra analisi suggerisce che questi operatori siano definibili nel caso di teorie di gauge che preservino anche la simmetria conforme, come Chern Simons. Abbiamo iniziato a studiare questa interessante possibilità, facendo vedere che le condizioni di supersimmetria in questa ipotesi sono verificate.