Corrispondenza olografica e QCD

Studente: Alessio Caddeo

Supervisori: Francesco Bigazzi, Aldo Lorenzo Cotrone

Sistemi quantistici fortemente correlati sono alla base della nostra descrizione di fenomeni estremamente rilevanti in natura, dalla fisica delle particelle alla fisica della materia condensata. Nel regime fortemente accoppiato, la teoria delle perturbazioni, tecnica basilare in fisica, risulta inapplicabile e si rende necessario l'utilizzo di altri approcci. Una possibile tecnica non perturbativa è offerta dalla cosiddetta *corrispondenza olografica* [1]. Quest'ultima è una congettura, sinora rivelatasi corretta in tutti i casi in cui è stato possibile testarla, che stabilisce una relazione di equivalenza fra teorie di campo quantistiche in d dimensioni e teorie quantistiche di gravità (teorie di stringa) in almeno $d + 1$ dimensioni. La corrispondenza funziona come una dualità: regimi di accoppiamento forte in una teoria di campo quantistica sono descritti dalla dinamica debolmente correlata di un modello semiclassico di teoria delle stringhe. Questa sorprendente proprietà, insieme alla generalità della congettura, ha aperto la strada ad innumerevoli applicazioni, dalla fisica della materia condensata alla fluidodinamica, all'informazione quantistica e alla cromodinamica quantistica (QCD).

La QCD a basse energie è notoriamente una teoria a forte accoppiamento. I metodi tradizionali della teoria quantistica dei campi non permettono attualmente di descrivere, a partire da principi primi, una tra le proprietà più importanti della QCD, il confinamento, così come il meccanismo di rottura della simmetria chirale e le proprietà degli adroni. Metodi di simulazione numerica, basati su tecniche di reticolo, consentono di studiare queste proprietà ma presentano dei limiti di applicabilità. Non consentono, ad esempio, di studiare problemi dinamici e presentano problemi (i cosiddetti "problemi del segno") per quanto riguarda lo studio di QCD a densità barionica finita o ad angolo θ finito, dove θ è il parametro che pesa possibili effetti di rottura di invarianza CP. Nell'ambito della corrispondenza olografica è invece possibile costruire modelli con proprietà simili a quelle della QCD e di studiarne proprietà non perturbative in tutti i suddetti regimi.

La fisica dell'angolo θ è legata al cosiddetto *problema CP forte*: le misure sperimentali [2] del momento di dipolo elettrico del neutrone forniscono uno stretto vincolo sul possibile valore del parametro θ della QCD ($|\theta| < 10^{-10}$). Questo pone un problema di naturalezza, dal momento che nessuna simmetria del Modello Standard restringe il valore di questo parametro. La soluzione del problema attualmente più accreditata è data dal meccanismo di Peccei e Quinn [3] che prevede l'esistenza

in natura di particelle chiamate *assioni* [4], la cui introduzione nel Modello Standard garantisce l'annullamento del parametro θ .

Nel mio progetto di dottorato mi propongo di studiare modelli basati sulla corrispondenza olografica e con proprietà simili a quelle della QCD. In particolare mi propongo di inquadrare, in ambito olografico, teorie di campo effettive con assioni, studiando da un lato il loro possibile completamento ultravioletto e dall'altro i possibili accoppiamenti tra gli assioni e la materia adronica. Alla luce del ruolo chiave giocato dagli assioni quali possibili costituenti della materia oscura, lo studio di tali accoppiamenti potrebbe avere un notevole interesse fenomenologico.

Riferimenti bibliografici

- [1] J. M. Maldacena, "The Large N limit of superconformal field theories and supergravity," *Int. J. Theor. Phys.* **38** (1999) 1113–1133, [arXiv:hep-th/9711200](#) [[hep-th](#)]. [Adv. Theor. Math. Phys.2,231(1998)].
- [2] C. A. Baker *et al.*, "An Improved experimental limit on the electric dipole moment of the neutron," *Phys. Rev. Lett.* **97** (2006) 131801, [arXiv:hep-ex/0602020](#) [[hep-ex](#)].
- [3] R. D. Peccei and H. R. Quinn, "CP Conservation in the Presence of Instantons," *Phys. Rev. Lett.* **38** (1977) 1440–1443.
- [4] S. Weinberg, "A New Light Boson?," *Phys. Rev. Lett.* **40** (1978) 223–226.