

# Tesi di laurea specialistica in scienze fisiche e astrofisiche: Imbalanced Holographic Superconductors

Candidata: **Natalia Pinzani Fokeeva** (*natalia.pinzani@fi.infn.it*)

Relatore: Domenico Seminara. Correlatore: Francesco Bigazzi. (*seminara,bigazzi@fi.infn.it*)

## Riassunto

In fisica della materia condensata esistono teorie effettive, come la teoria dei liquidi di Landau-Fermi o la teoria BCS della superconduttività, che si basano su una descrizione in termini di quasi-particelle debolmente interagenti. Esistono però sistemi non convenzionali, come i superconduttori ad alta temperatura critica, che mostrano comportamenti non inquadrabili in tali teorie. Si ritiene che tali sistemi possano esibire nel loro diagramma di fase, dei punti critici quantistici, descritti perciò da teorie di campo invarianti di scala e fortemente interagenti. Ciò rende necessario sviluppare nuovi strumenti di indagine.

Nata nell'ambito della teoria delle stringhe, la corrispondenza olografica  $AdS/CFT$  ha aperto nuove prospettive di indagine affiancandosi a consolidate tecniche più convenzionali spesso basate su simulazioni numeriche. La corrispondenza mappa teorie classiche di gravità su spazi di Anti-de Sitter in teorie quantistiche di campo conformi fortemente interagenti in dimensioni più basse. Il Punto di forza è la possibilità di tradurre problemi difficili in teoria di campo in problemi più semplici in gravità classica. Ciò consente di analizzare sia modelli all'equilibrio termodinamico che sistemi fuori dall'equilibrio. Nel primo caso, ad esempio, la mappa realizza il regime a temperatura o a potenziale chimico finito in teoria di campo, a mezzo di soluzioni di buco nero carico nella descrizione duale.

Negli ultimi tre anni sono stati proposti semplici modelli olografici di superconduttori non convenzionali, nell'ipotesi che questi ammettano punti critici quantistici con invarianza conforme. La rottura spontanea di una simmetria abeliana, dovuta alla formazione di un condensato carico (la coppia di Cooper nella teoria BCS), viene realizzata a mezzo di soluzioni di buco nero carico asintoticamente AdS, in cui un campo scalare carico condensa all'orizzonte.

Inquadrandosi in questa linea di ricerca, il presente lavoro di tesi è dedicato allo studio di un semplice modello olografico, realizzato per descrivere superconduttori sbilanciati. In tali sistemi le differenti specie fermioniche che partecipano alla formazione di condensati, hanno differenti potenziali chimici. Per i superconduttori convenzionali, descritti cioè dalla teoria BCS, uno sbilanciamento nel potenziale chimico  $\delta\mu$  porta all'aprirsi di una fase superconduttiva non omogenea, come quella di Larkin-Ovchinnikov-Fulde-Ferrel (LOFF), con una transizione del prim' ordine tra la fase omogenea e quella non omogenea a temperatura zero. La motivazione generale della nostra analisi è stata quella di verificare, tramite tecniche olografiche, se tali fenomeni potessero manifestarsi anche per sistemi fortemente interagenti. Il nostro modello si basa su una soluzione di gravità asintoticamente AdS con un campo di Maxwell  $U(1)_B$  ed un campo scalare complesso accoppiato a un secondo campo di Maxwell  $U(1)_A$ . Il modello dipende da due parametri, la carica e la massa del campo scalare. Per una particolare scelta di quest'ultima, tale che il campo possa interpretarsi come il duale di un condensato fermionico di dimensione canonica, si trova che la temperatura critica, sotto la quale una fase superconduttiva omogenea si sviluppa, decresce con  $\delta\mu$ , come accade nel caso debolmente accoppiato. Tuttavia il diagramma di fase non mostra segni di transizioni del prim'ordine e la fase superconduttiva omogenea risulta sempre favorita rispetto alla fase normale nell'intorno di valori di  $\delta\mu$  che abbiamo considerato. Inoltre il modello non mostra segni di fasi LOFF. Tali conclusioni sembrano essere modificate da differenti scelte dei parametri.