

Simmetria Conforme delle Eccitazioni di Bordo nell'Effetto Hall Quantistico

Candidato: Lorenzo Maffi

Relatore: Prof. Andrea Cappelli (andrea.cappelli@fi.infn.it)

L'effetto Hall quantistico è uno stato topologico della materia, ovvero una fase caratterizzata da un comportamento collettivo e globale dei gradi di libertà detto *ordine topologico*. Uno strato bidimensionale di semiconduttore, posto in campi magnetici molto intensi (~ 10 Tesla) e temperature estremamente basse (~ 10 mK), presenta una conduttività trasversa con andamento a *plateaux* al variare del campo magnetico. In corrispondenza dei *plateaux* questa assume valori interi (effetto Hall intero) e frazionari (effetto Hall frazionario) in unità (e^2/h) che sono molto precisi ed universali, ovvero robusti rispetto a variazioni del campione. Gli elettroni formano un fluido incompressibile caratterizzato da una gap di energia tra lo stato fondamentale e i primi eccitati che rende il sistema isolante nell'interno (*bulk*). D'altra parte sono presenti eccitazioni chirali localizzate al bordo che hanno massa nulla e possono essere descritte da una teoria di campo conforme in $(1 + 1)$ dimensioni spazio-temporali. In particolare l'invarianza conforme permette di derivare esattamente quantità osservabili che risultano universali. Un esempio è dato dalla corrente trasversa che si traduce in una corrente anomala nella teoria conforme al bordo del sistema, associata all'anomalia chirale. L'anomalia è un effetto globale ed esatto che non riceve correzioni dalla dinamica microscopica a corte distanze e quindi permette di spiegare la precisione dei valori osservati.

Le proprietà di universalità dell'effetto Hall permettono di descrivere la dinamica delle eccitazioni massive del bulk e a massa nulla di bordo mediante teorie di campo effettive a bassa energia che sono teorie di gauge topologiche. In particolare la teoria di gauge di Chern-Simons $(2 + 1)$ -dimensionale e la corrispondente teoria conforme $(1 + 1)$ -dimensionale descrivono la conduttività trasversa e le eccitazioni di bordo chirali.

La corrente Hall non è il solo fenomeno di trasporto rilevante in questo sistema. In particolare la risposta ad una deformazione meccanica è parametrizzata dalla cosiddetta viscosità Hall, che descrive una forza ortogonale al moto del fluido e che risulta proporzionale al momento angolare intrinseco s delle eccitazioni di bassa energia. La teoria di campo effettiva di Wen-Zee descrive tale risposta mediante l'accoppiamento ad una metrica spaziale. Questo effetto può anche essere spiegato assumendo la presenza di eccitazioni dipolari nel fluido. Tali eccitazioni sono direttamente derivabili dalla proprietà di incompressibilità del bulk, detta simmetria W_∞ .

Il contenuto originale di questa tesi si suddivide in tre parti. Nella prima parte abbiamo derivato esplicitamente le quantità osservabili della teoria conforme di bordo dalla teoria microscopica di n livelli di Landau completamente pieni che descrive l'effetto Hall intero. Abbiamo trovato che le eccitazioni di bordo sono descritte da n teorie di campo conformi indipendenti con carica centrale $c = 1$. Successivamente abbiamo analizzato il significato del parametro s al bordo mostrandone l'universalità a meno di costanti globali, in modo analogo all'energia dello stato fondamentale nell'effetto Casimir. Infine nell'ultima parte, abbiamo costruito la corrispondenza tra le fluttuazioni indotte dalla simmetria W_∞ e le cariche della teoria conforme al bordo.