

Dinamica di catene di spin $\frac{1}{2}$ e progettazione di canali per la comunicazione quantistica

Candidato

Carlo Marconi

Relatore

Dott.ssa Paola Verrucchi (verrucchi@fi.infn.it)

Correlatore

Prof. Alessandro Cuccoli (cuccoli@fi.infn.it)

Abstract

L'introduzione dei principi della Meccanica Quantistica nella Teoria dell'informazione ha suggerito, negli ultimi decenni, la possibilità di realizzare protocolli di comunicazione e computazione radicalmente diversi da quelli sviluppati nell'ambito dell'informazione classica. Tale differenza scaturisce dalla scelta, dalle conseguenze particolarmente rilevanti, di codificare l'informazione negli stati di sistemi fisici quantistici. Citiamo in particolare l'impossibilità di creare più copie di uno stesso stato quantistico che, ogni qualvolta si debba intervenire su uno stato mediante un dispositivo posto in un punto diverso da quello in cui si trova il sistema fisico descritto dallo stato stesso, richiede la progettazione di un meccanismo di trasmissione fedele del sistema o del suo stato. La prima eventualità caratterizza, ad esempio, i dispositivi basati sull'uso di fotoni ottici o di elettroni di conduzione, mentre la seconda è tipica, ad esempio, dei dispositivi quantistici a stato solido. In questa tesi abbiamo considerato la seconda delle situazioni sopra descritte quando lo stato è quello di spin di sistemi localizzati. In questo caso si ricorre spesso ad uno schema in cui la trasmissione avviene tra due sistemi distanti e non direttamente interagenti (sender e receiver) collegati da – ed interagenti con – un mezzo esteso (canale). In particolare abbiamo utilizzato, come realizzazione del canale, un sistema di N elementi con spin $\frac{1}{2}$ localizzati sui siti di un reticolo unidimensionale e con sola interazione tra primi vicini. Rappresentando il meccanismo di trasferimento come evoluzione dinamica del sistema complessivo sender-catena-receiver, e analizzando tale dinamica, abbiamo potuto caratterizzare il comportamento di tale catena come canale di trasmissione per stati quantistici.

Nel Capitolo 1 abbiamo introdotto alcuni elementi di computazione quantistica, con particolare riferimento alla rappresentazione del trasferimento di stato come processo dinamico. Nel Capitolo 2 abbiamo introdotto le catene di spin ed una possibile Hamiltoniana che ne descrive il comportamento nel caso di spin $\frac{1}{2}$ con condizioni periodiche al contorno. Restringendoci al cosiddetto modello XY, abbiamo quindi descritto la procedura di diagonalizzazione di tale Hamiltoniana in termini di operatori fermionici. Infine, nel Capitolo 3, abbiamo studiato la dinamica di un tipo particolare di modello XY, detto modello XX, in riferimento alle sue proprietà come canale per il trasferimento di uno stato quantistico, al variare della lunghezza del canale e di altri parametri del modello.