

Natura ed Origine degli Operatori nella Master Equation di un Sistema Quantistico Aperto

Candidato: Giovanni Spaventa giovanni.spaventa@stud.unifi.it

Relatrice: Prof.ssa Paola Verrucchi verrucchi.fi@infn.it

Negli ultimi decenni gli sviluppi nella progettazione di dispositivi quantistici hanno destato un nuovo interesse verso lo studio dei sistemi quantistici aperti (OQS), ovvero sistemi quantistici in interazione con ambienti altrettanto quantistici. Dal momento che qualsiasi operazione sulle componenti di un dispositivo quantistico richiede l'azione di un apparato esterno, si rende necessaria una adeguata comprensione della dinamica di un sistema in interazione con il proprio ambiente. Una delle caratteristiche principali degli OQS, a differenza dei sistemi isolati, è quella di presentare memoria, a causa della generazione di entanglement tra sistema principale e ambiente. Conseguentemente la dinamica di un OQS (ovvero l'evoluzione temporale del suo operatore densità ρ) è intrinsecamente non-markoviana e, pertanto, non descritta da equazioni differenziali. Esistono tuttavia condizioni fisiche che permettono di trascurare l'effetto dell'entanglement tra un sistema ed il suo ambiente, quando questo non ne alteri sensibilmente la dinamica. Tra queste, assume particolare rilevanza il caso in cui un ambiente divenga macroscopico ed il suo comportamento possa essere efficacemente descritto da una teoria classica. In tale contesto, l'evoluzione temporale in termini di una equazione differenziale per l'operatore densità può essere recuperata, ottenendo una cosiddetta *master equation* $\dot{\rho} = \mathcal{L}[\rho]$, dove \mathcal{L} è chiamato *generatore* della stessa. L'equazione GKSL (ricavata grazie al lavoro di Gorini, Kossakowski, Sudarshan e Lindblad) fornisce l'espressione generale di \mathcal{L} , in termini dei cosiddetti *operatori di Lindblad*. Tali operatori non sono tuttavia derivati dai dettagli microscopici della teoria, circostanza che rende molto difficile la loro costruzione, attribuendo all'equazione GKSL un carattere fenomenologico che in realtà non dovrebbe avere. Questo lavoro di tesi è dedicato alla derivazione di una master equation di tipo GKSL, attraverso una procedura che permetta di far emergere gli operatori di Lindblad in termini dell'interazione con l'ambiente. A tal proposito ricordiamo che uno degli strumenti più adatti a descrivere il *quantum-to-classical crossover* è quello degli stati coerenti generalizzati (GCS), che permettono di formalizzare il limite in cui un sistema che diventa macroscopico esibisca un comportamento classico. Tali stati giocano un ruolo fondamentale nell'ambito della rappresentazione parametrica con stati coerenti ambientali (PRECS), un recente metodo che, sfruttando le peculiarità dei GCS, permette la descrizione di un OQS in termini di stati puri normalizzati, parametricamente dipendenti dalla configurazione ambientale. Questa caratteristica ha suggerito l'uso della PRECS nel derivare una master equation per l'operatore densità ρ , in termini dell'hamiltoniana di interazione con l'ambiente. Abbiamo perciò considerato la rappresentazione parametrica di ρ e calcolato esplicitamente la sua derivata temporale, $\dot{\rho}$, ottenendo una equazione che può essere scritta nella forma GKSL, a patto di interpretare propriamente alcuni oggetti che compaiono nella derivazione. Tale procedimento ci ha consentito di esprimere gli operatori di Lindblad, che compaiono nella nostra equazione di tipo GKSL, in termini dell'hamiltoniana H di interazione tra sistema principale ed ambiente, permettendo da un lato di ottenere $\rho(t)$ una volta che tale hamiltoniana sia nota, dall'altro di ottenere informazioni su quest'ultima quando ρ sia nota da considerazioni fenomenologiche ma H non lo sia.