

# Riassunto in italiano

---

In aggiunta alle tradizionali fasi ordinate con rottura spontanea di simmetria, ben descritte con un approccio alla Ginzburg-Landau, dove una transizione di fase è intimamente connessa alla rottura spontanea di qualche simmetria e ad un parametro d'ordine locale, un sistema quantistico presenta anche fasi esotiche, senza analogo classico, che sono per esempio caratterizzate da parametri d'ordine non locali, senza una necessaria rottura di simmetria.

Partendo da questi presupposti, questa tesi si pone come obiettivo quello di fare luce su alcuni problemi ancora aperti, come la distinguibilità tra stati fondamentali in sistemi quantistici con rottura spontanea di simmetria e la classificazione di tutte le fasi presenti in sistemi unidimensionali di spin-1/2 e fermioni, per i quali l'approccio alla Ginzburg-Landau non fornisce una descrizione adeguata.

In particolare, si dà una spiegazione all'ipotesi secondo la quale gli stati fondamentali che rompono massimamente la simmetria sono quelli più classici, e quindi selezionati dalla decoerenza dell'ambiente, tra tutti gli stati fondamentali, ed energeticamente equivalenti, di una fase ordinata con rottura spontanea di simmetria. Si dimostra, infatti, che gli stati che rompono massimamente la simmetria sono gli unici stati che soddisfano tre criteri di classicalità: i) minimizzano l'entanglement bipartito, come quantificato dalla discord; ii) sono gli unici verso cui tutti gli altri stati fondamentali sono localmente convertibili, mediante LOCC; iii) minimizzano il tangle residuo, soddisfacendo al minimo la monogamia dell'entanglement.

Viene analizzato, inoltre, come evolve la distinguibilità tra stati fondamentali, dopo un quench dei parametri Hamiltoniani. Dopo aver introdotto una misura quantitativa della distinguibilità, in termini della distanza tra due matrici densità ridotte, si dimostra, per due sistemi integrabili con diverse classi di simmetria, nel dettaglio il modello  $XY$  in campo magnetico e i modelli  $N$ -cluster Ising, che la distinguibilità decade esponenzialmente nel tempo e quindi, nel limite di tempi lunghi, tutte le informazioni sullo stato fondamentale di partenza si perdono, anche per sistemi integrabili, nei quali la termalizzazione non si verifica.

Lontano dallo scenario Ginzburg-Landau, si analizza una famiglia di modelli di spin-1/2 esattamente risolvibili, nel dettaglio i modelli  $N$ -cluster in campo magnetico, che mostrano una transizione tra una fase disordinata e una di tipo

cluster, che può essere nematica o topologica, rispettivamente per  $N$  pari o dispari. Usando le trasformazioni di Jordan-Wigner è possibile diagonalizzare questi modelli, ricavare lo stato fondamentale, le funzioni di correlazione fermioniche e tutte le loro proprietà di entanglement di. Si dimostra che questi modelli non hanno entanglement multipartito, ma solo entanglement bipartito, come misurato dalla concurrence, tra due spin alle estremità del cluster, per un campo magnetico sufficientemente intenso.

Inoltre, si dimostra che l'entropia di von Neumann, lo Schmidt gap e la mutual information rappresentano il set minimo di funzionali non lineari della matrice densità ridotta, mediante le quali caratterizzare tutte le fasi presenti in sistemi unidimensionali di spin  $-1/2$  e fermioni. In particolare, l'entropia di von Neumann caratterizza la criticalità del sistema, per la sua divergenza logaritmica al punto critico; lo Schmidt gap caratterizza il disordine di un sistema, perché satura ad un valore costante nelle fasi disordinate e va rapidamente a zero altrove; la mutual information cattura le fasi ordinate con rottura spontanea di simmetria, per le quali cioè è possibile definire un parametro d'ordine diverso da zero su un supporto finito. Le fasi topologiche, per via della loro natura fortemente non locale, necessitano di tutte e tre i funzionali per essere individuate.