

# Un demone di Maxwell quantistico: distinguibilità degli stati e quantità di informazione

*A quantum Maxwell's demon: states distinguishability and information content*

**Relatore:** Dott.ssa Paola Verrucchi *e-mail:* verrucchi@fi.infn.it

**Candidato:** Giacomo Chiti

Circa 150 anni fa Maxwell propose un esperimento ideale per verificare se il secondo principio della termodinamica fosse veramente un principio, e come tale inviolabile: l'esperimento sembrava infatti mostrare la possibilità di violare tale principio, producendo una variazione di temperatura tra due corpi senza alcun costo in energia. L'assurda conclusione cui sembra condurre il ragionamento di Maxwell va sotto il nome di "Paradosso del demone di Maxwell" ed ha richiesto un secolo di analisi ed approfondimento prima di poter essere compresa in tutti i suoi aspetti e quindi risolta. Si è giunti a tale soluzione grazie all'applicazione di alcuni principi generali di teoria dell'informazione, ed in particolare del *principio di cancellazione di Landauer*, che rende esplicito il legame fra tale teoria e le leggi della fisica, affermando la necessità di un costo energetico per realizzare un qualsiasi processo di cancellazione dell'informazione.

In questo lavoro di tesi abbiamo affrontato il problema sia dal punto di vista classico, facendo riferimento ad una formulazione del paradosso molto simile a quella proposta inizialmente da Maxwell, sia dal punto di vista quantistico, descrivendo un esperimento ideale che sembra violare il secondo principio della termodinamica, anche nel caso in cui i sistemi coinvolti sono quantistici ed il loro comportamento debba quindi essere descritto mediante l'opportuno formalismo. In entrambe le trattazioni abbiamo messo in luce l'importanza di definire correttamente il sistema e le condizioni che lo caratterizzano, in particolare riguardo al suo essere isolato o non. La necessità di definire in modo corretto quale sia il sistema complessivo che può essere considerato isolato è ben evidenziata dalla trattazione quantistica del problema, che impone l'uso di strumenti formali diversi per sistemi isolati e non. La meccanica quantistica stabilisce inoltre in modo naturale la relazione fra informazione ed entropia attraverso il concetto di entanglement, fornendo così una soluzione del paradosso che non richiede l'uso esplicito della teoria dell'informazione. L'analisi ed il confronto della trattazione classica e quantistica del paradosso mostra che la teoria dell'informazione costituisce un terreno comune per l'analisi sia in ambito classico che quantistico, traducendosi in forme diverse a seconda delle leggi fondamentali che caratterizzano lo specifico ambito considerato.

La tesi è così organizzata: nel primo capitolo viene introdotto l'operatore densità ed esposte le sue proprietà generali per lo studio di sistemi quantistici non isolati; nel secondo capitolo descriviamo il paradosso del demone di Maxwell e ne illustriamo la soluzione, dopo aver esposto alcuni elementi di teoria dell'informazione. Nel terzo capitolo descriviamo la realizzazione quantistica dell'esperimento ideale che appare violare il secondo principio della termodinamica: passando poi alla descrizione formale di tale esperimento, attraverso l'uso degli strumenti introdotti nel primo capitolo, arriviamo infine ad una formulazione specifica della soluzione del paradosso del demone di Maxwell.