

Il Quantum Eraser: esperimento e algoritmo quantistico

The Quantum Eraser: experiment and quantum algorithm

Candidato: Simone Ceni
(simone.ceni@stud.unifi.it)

Relatore: Dr.ssa Paola Verrucchi
(verrucchi@fi.infn.it)

In questa tesi proponiamo un'analisi dal punto di vista della computazione quantistica e della teoria dell'informazione di alcuni esperimenti ideali estratti da un articolo del 1982, redatto da Marlan O. Scully e Kai Drühl. Tali esperimenti hanno come elemento comune la rilevazione, per mezzo di un detector mobile, di un fotone emesso in seguito all'interazione tra due atomi identici con un singolo fotone incidente. Come illustrato nell'articolo, questi esperimenti sono in diretta relazione con quello di diffrazione di singolo fotone attraverso una doppia fenditura, nella misura in cui la probabilità che il fotone sia rilevato mostra o meno una dipendenza dalla posizione del detector, che ha la stessa origine, e le stesse caratteristiche, della figura di interferenza generata per diffrazione da doppia fenditura. L'intenzione di Scully e Drühl era infatti di chiarire il ruolo della misura del fotone nella rimozione della figura di interferenza. La specificità di questi esperimenti rende trasparente la relazione esclusiva fra l'emergere della dipendenza di cui sopra e la disponibilità dell'informazione relativa a quale dei due atomi identici abbia effettivamente emesso il fotone rilevato.

Il corpo principale dell'articolo è costituito dalla discussione di un assetto sperimentale che permetta, tramite l'accensione/spengimento di un opportuno dispositivo, di far scomparire/apparire la figura di interferenza e quindi di rendere disponibile o meno l'informazione sull'atomo emettitore. Questo permise ai due fisici di dedurre che non è l'osservazione del sistema in sé che determina lo stato del fotone rilevato, ma è la scelta del tipo di misura da effettuare sui singoli sottosistemi. In particolare, in questo esperimento accendere il dispositivo significa operare una misura che permette di determinare da quale atomo è stato emesso il fotone, mentre spegnerlo significa operare una diversa misura che non permette di conoscere qual è l'atomo emettitore. Una lettura dell'esperimento in termini di teoria dell'informazione ha messo in evidenza, nei decenni successivi, che i meccanismi di trasferimento di informazione fra i diversi sistemi coinvolti nell'esperimento provocano la rimozione dell'informazione sull'atomo emettitore dal sistema complessivo, nel caso in cui il dispositivo è spento. Per questo motivo l'esperimento è conosciuto con il nome di Quantum Eraser: esso rappresenta la realizzazione di una procedura che cancelli (*erase* in inglese) un'informazione contenuta nello stato di un sistema quantistico.

La tesi è organizzata come segue:

- l'analisi degli specifici meccanismi coinvolti nella cancellazione dell'informazione e quindi nella realizzazione di un Quantum Eraser.
- la formulazione della dinamica dei sistemi quantistici coinvolti negli esperimenti, per mezzo del formalismo della computazione quantistica, affiancando lo studio della dinamica dei sistemi fisici alla descrizione, da noi elaborata, di un circuito quantistico che ne costituisce una fedele rappresentazione logica. Questo ci permette una efficiente sintesi dell'evoluzione dei sistemi consentendoci di isolare i processi coinvolti nella definizione dello stato del fotone prima della rilevazione e quindi nella rimozione della figura di interferenza.

Il linguaggio della computazione quantistica ci ha consentito di individuare i principali protagonisti che determinano le peculiarità dell'esperimento del Quantum Eraser: l'entanglement e la scelta del tipo di misura.