

# Come le dinamiche quantistiche danno forma alle evidenze macroscopiche

Candidato: Leonardo Querini  
([leonardoquerini91@gmail.com](mailto:leonardoquerini91@gmail.com))

Relatrice: Dr.ssa Paola Verrucchi  
([verrucchi@fi.infn.it](mailto:verrucchi@fi.infn.it))

Un sistema quantistico aperto (OQS) è un sistema quantistico che interagisce con un ambiente altrettanto quantistico. La modellizzazione di un OQS prevede il riferimento ad un sistema isolato  $\Psi=\Gamma+\Xi$ , in cui  $\Gamma$  è il sistema principale sul quale vogliamo porre la nostra attenzione e  $\Xi$  è il suo ambiente.

Lo studio degli OQS è fondamentale per l'analisi dei processi che richiedono azioni controllate dall'esterno che non alterino le proprietà quantistiche del sistema principale, ovvero di quei processi tipici della comunicazione e computazione quantistica. Le azioni di cui sopra sono realizzate mediante apparati descritti come ambienti arbitrariamente “grandi”, in quanto necessariamente accessibili allo sperimentatore. Per questo motivo, recentemente, è stata posta particolare attenzione nell'evoluzione di OQS interagenti con un ambiente macroscopico, il che ha evidenziato che proprio nelle caratteristiche di tale evoluzione si annidano motivi e soluzioni dei molteplici dibattiti circa i fondamenti della meccanica quantistica (MQ). Fra questi, quello relativo al meccanismo secondo il quale la realtà che osserviamo è ben descritta dalle leggi della fisica classica sebbene i componenti fondamentali di qualsivoglia sistema fisico siano descritti dalle leggi della meccanica quantistica, un meccanismo noto in letteratura come “emergenza della classicalità”.

L'idea che tale meccanismo sia legato al processo di misura quantistico nasce con la MQ stessa, portando di fatto alle sue diverse interpretazioni. D'altra parte, il processo di misura può essere ben caratterizzato nell'ambito degli OQS, il cui studio può chiarire almeno alcuni aspetti di tali problematiche. È importante notare che, oltre all'interesse di tipo concettuale per la relazione fra emergenza della classicalità e processo di misura quantistico, comprendere tale relazione è fondamentale nella progettazione dei dispositivi quantistici nei quali controllo e misura si collocano proprio all'interfaccia fra micro e macro, o meglio fra quantistico e classico.

In questa tesi, affronteremo due dei principali problemi che emergono nell'ambito di cui sopra, facendo riferimento ad una recente descrizione dinamica del processo di misura quantistico, nonché alla caratterizzazione delle teorie classiche come limite di grande  $N$  di teorie globalmente simmetriche, così come usato fin dalla metà del secolo scorso nello studio dei sistemi quantistici a molti corpi. In particolare, definiremo un formalismo per associare il limite macroscopico di una teoria quantistica, dotata di simmetria globale, ad una teoria classica, al fine di chiarire come possa essere descritto l'apparato sperimentale coinvolto in un processo di misura. Grazie a tale formalismo potremo evidenziare l'esistenza di più teorie quantistiche del sistema  $\Psi=\Gamma+\Xi$  che, nel limite di ambiente  $\Xi$  macroscopico, definiscono la stessa teoria classica. Questo risultato è ottenuto mediante la definizione e l'uso degli stati coerenti ambientali, che risultano determinanti anche nella descrizione dinamica del processo di misura mediante la rappresentazione parametrica da noi adottata. Attraverso tale rappresentazione, affronteremo il problema della “oggettività dell'osservabile” e quello dell' “oggettività dei risultati” che verranno prima introdotti nel formalismo delle mappe dinamiche per lo studio della dinamica degli OQS. Arriveremo infine a mostrare che al fine di stabilire come la dinamica quantistica di  $\Gamma$  possa dar forma alle evidenze sperimentali osservate, ci aspettiamo che tutte le possibili interazioni fra  $\Gamma$  e  $\Xi$  diano luogo alla stessa dinamica prevista dal processo di misura nel limite in cui l'ambiente (e/o apparato) è macroscopico; mostreremo inoltre che più osservatori non interagenti otterranno lo stesso risultato al termine di tale processo.