

Abstract

La quantificazione della quantumness è necessaria per valutare quanto un sistema fisico si allontana da un comportamento classico e dunque per calibrare il miglioramento che ne consegue in protocolli operazionali come computazione o comunicazione quantistica. Per sistemi multipartiti arbitrari, la quantificazione della quantumness comporta problemi di ottimizzazione non banali e può richiedere tecniche di tomografia di difficile implementazione. In questo lavoro abbiamo sviluppato un approccio di facile implementazione sperimentalmente utile per valutare misure geometriche di quantumness, secondo le quali si considera la distanza dello stato del sistema da un opportuno insieme di stati classici. Il nostro approccio fornisce risultati analitici per particolari classi di stati misti di N qubits e fornisce lower bounds quantificabili per l'entanglement multipartito globale, parziale e genuino, così come per la coerenza quantistica di stati arbitrari. Per quanto concerne l'entanglement globale e parziale, e la coerenza quantistica, sono stati ottenuti utili lower bounds che richiedono semplicemente misure locali in giusto tre settings per ogni N . Per quanto riguarda invece l'entanglement genuino, è richiesto un numero di misure locali che scala linearmente con N . Abbiamo dimostrato la potenza del nostro approccio per stimare e quantificare diversi tipi di entanglement multipartito in vari stati di N qubit utili per processi di informazione quantistica e recentemente implementati in laboratorio.

Ci siamo poi concentrati sulla dinamica della quantumness in sistemi aperti. Coloro che lavorano sulle tecnologie quantistiche sono infatti sempre alla ricerca di modi per domare la decoerenza, che occorre a causa dell'inevitabile interazione di un sistema quantistico con l'ambiente circostante. Abbiamo mostrato che tutte le distanze che rispettano naturali requisiti quali la convessità e contrattività sotto arbitrarie mappe quantistiche stocastiche, danno vita a quantificatori geometrici della quantumness che esibiscono il peculiare fenomeno del freezing, ovvero rimangono costanti durante l'evoluzione di una particolare classe di stati di un numero pari di qubits ciascuno dei quali interagisce indipendentemente con un proprio bagno senza dar luogo a dissipazione bensì solo a dephasing, nel caso della coerenza quantistica e delle correlazioni quantistiche discord-like, e due qubits che sottostanno a un dephasing collettivo, nel caso dell'entanglement. Inoltre, nel caso della coerenza quantistica, abbiamo visto che tale fenomeno di freezing si osserva sperimentalmente tramite tecniche di Nuclear Magnetic Resonance a temperatura ambiente. Questi risultati dimostrano da principi primi che il freezing della geometric quantumness è indipendente dalla distanza adottata e quindi è universale, spianando la strada verso una più profonda interpretazione fisica e un futuro sfruttamento del fenomeno per le tecnologie quantistiche in condizioni sperimentali realistiche.

In seguito abbiamo investigato sulla natura della rottura spontanea della simmetria in sistemi quantistici complessi, congetturando che gli stati fondamentali che rompono massimamente la simmetria sono quelli più classici che corrispondono a una fase ordinata. Abbiamo reso questo argomento quantitativamente preciso dimostrando che gli stati fondamentali che realizzano la massima rottura delle simmetrie dell'Hamiltoniana sono coloro che: I) sono sempre convertibili localmente, ovvero possono essere ottenuti da tutti gli altri stati fondamentali tramite operazioni locali e comunicazione classica, mentre l'inverso non è possibile; II) minimizzano la disegualianza di monogamia riguardante l'entanglement bipartito.

Infine abbiamo studiato come la non unicità di una misura di distinguibilità definita sullo spazio degli stati quantistici influenza i quantum speed limits e può essere sfruttata per derivare lower bounds più stretti. Nello specifico abbiamo introdotto una famiglia di quantum speed limits valida per evoluzioni unitarie e non unitarie, basata su un elegante formalismo geometrico. Il nostro lavoro unifica e generalizza risultati già esistenti sui quantum speed limits, e fornisce esempi di nuovi bounds che sono più stretti di ogni altro esistente basato sulla convenzionale Quantum Fisher Information. Abbiamo illustrato i nostri risultati con esempi, chiarificando il ruolo delle popolazioni classiche in contrapposizione con quello delle coerenze quantistiche nella determinazione e saturazione dei quantum speed limits. Questi risultati possono trovare applicazioni nell'ottimizzazione e nel controllo delle tecnologie quantistiche quali la computazione e la metrologia quantistica, e potrebbero fornire nuove intuizioni nelle investigazioni fondamentali sulla termodinamica quantistica.