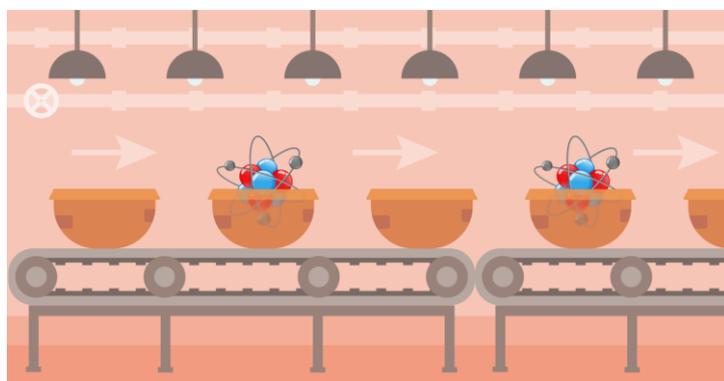


Padova, 22 febbraio 2021

## LIMITE DI VELOCITÀ: ESISTE ANCHE NEL MONDO QUANTISTICO

**Uno studio dell'Università di Bonn, in collaborazione con l'Università di Padova, pubblicato sulla rivista «Physical Review X» determina il tempo minimo per operazioni quantistiche complesse: i risultati della ricerca hanno una ricaduta importante per il calcolo quantistico.**

**Il “limite di velocità” scoperto servirà per raggiungere il numero massimo di operazioni che possono essere eseguite dai computer quantistici**

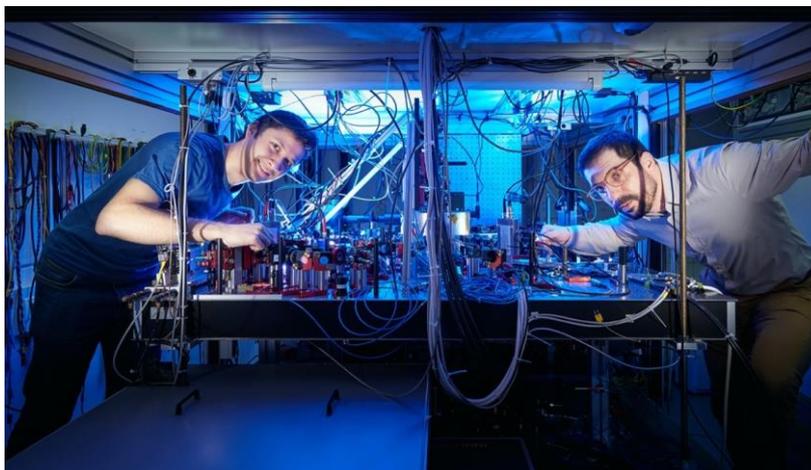


Anche nel mondo delle particelle più piccole, con le loro regole speciali, le cose non possono

correre con velocità infinita. I fisici dell'Università di Bonn hanno dimostrato qual è il limite di velocità per le operazioni quantistiche complesse. Nello studio sono stati coinvolti anche scienziati del MIT americano, delle università di Amburgo, Colonia, Padova e del centro di ricerca Jülich e la ricerca è stata selezionata per una recensione sulla rivista «Physics» della American Physical Society.

Immaginiamoci di essere nella notte di capodanno a pochi minuti dalla mezzanotte (il lockdown è già storia) e di osservare un cameriere che si affretta a servire un intero vassoio ricolmo di calici di spumante. Corre da un ospite all'altro a tutta velocità. Grazie alla sua tecnica, perfezionata in molti anni di lavoro, gli riesce di non versare alcuna goccia del prezioso liquido. Un piccolo trucco lo aiuta: mentre il cameriere accelera i suoi passi, inclina un po' il vassoio così da evitare che lo spumante fuoriesca dai bicchieri. A metà strada, verso il tavolo, lo inclina nella direzione opposta e rallenta. Solo quando si è fermato completamente riporta il vassoio in posizione orizzontale.

«Sotto certi aspetti gli atomi nel loro mondo microscopico sono simili allo spumante. Conviene infatti pensarli come onde di materia: non si comportano come palle da biliardo, bensì come un liquido speciale. Se si vogliono trasportare gli atomi da un posto all'altro il più velocemente possibile occorre essere destri come il cameriere di capodanno. E persino



*Regolazione dei raggi laser: da sx Manolo Rivera Lam (a sinistra) e Andrea Alberti  
© Volker Lannert/Università di Bonn*

allora esiste un limite di velocità che questo trasporto non può superare - spiega il dottor **Andrea Alberti** dell'Istituto di Fisica Applicata all'Università di Bonn e leader dello studio».



*Simone Montangero*

«Circa quindici anni fa - commenta il Professor **Simone Montangero** del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova e vicedirettore del Centro Interdipartimentale per le tecnologie quantistiche di Ateneo - quando abbiamo iniziato a sviluppare tecniche di controllo per manipolare sistemi quantistici a molti corpi e a studiare i loro limiti teorici, non pensavamo di vedere la loro dimostrazione sperimentale in laboratorio così in fretta».

### *L'atomo di cesio come sostituto dello spumante*

Andrea Alberti e i ricercatori del team hanno usato un atomo di cesio come sostituto dello spumante e due raggi laser perfettamente sovrapposti ma diretti l'uno contro l'altro come sostituto del vassoio. Questa sovrapposizione, che i fisici chiamano interferenza, crea un'onda stazionaria di luce: una successione di montagne e valli che dappriincipio non si muovono.

«Abbiamo intrappolato l'atomo in una di queste valli e poi abbiamo messo l'onda luminosa in movimento spostando la valle in cui l'atomo si trova confinato - **dice Alberti** -. Il nostro obiettivo era quello di portare l'atomo a destinazione nel più breve tempo possibile senza che fuoriuscisse dalla valle stessa».

«Per farlo si è usato un algoritmo di controllo ottimale dei sistemi quantistici che abbiamo introdotto e stiamo sviluppando ormai da una decina di anni e che sta diventando uno standard per lo sviluppo delle tecnologie quantistiche - **aggiunge Montangero**».

Il fatto che ci sia un limite di velocità nel microcosmo fu già dimostrato in maniera teorica a metà del secolo scorso da due fisici sovietici, Leonid Mandelstam e Igor Tamm. Le loro ricerche hanno dimostrato che la velocità massima di un processo quantistico dipende dall'incertezza energetica, cioè da quanto la particella manipolata è "libera" rispetto ai suoi possibili stati energetici: più libertà energetica ha, più è veloce. Nel trasporto atomico, ad esempio, più profonda è la valle in cui l'onda di materia è intrappolata, quindi più ampio è l'intervallo di energie che gli stati quantici all'interno della valle possono assumere, e più velocemente l'atomo potrà essere trasportato. Ritornando al cameriere che corre di tavolo in tavolo: se il bicchiere fosse riempito solo a metà (per il dispiacere degli ospiti), il rischio che lo spumante fuoriesca durante la fase di accelerazione e decelerazione sarà minore.

«Tuttavia la libertà energetica di una particella non può essere aumentata a piacimento - **sottolinea Andrea Alberti** - cioè non possiamo rendere la valle dove l'atomo è intrappolato infinitamente profonda perché ci costerebbe troppa energia».

### *Teletrasportami, Scotty!*

Il limite di velocità di Mandelstam e Tamm è un limite fondamentale che si può raggiungere solo in determinate circostanze, cioè nel limite di sistemi in cui ci sono solo due stati quantici.

«Questo avviene quando l'origine e la destinazione sono molto vicine: le onde di materia dell'atomo in entrambi i luoghi si sovrappongono e l'atomo - **chiarisce Alberti** - può essere trasportato direttamente a destinazione in un sol colpo, cioè senza fermate intermedie quasi come il teletrasporto nell'astronave Enterprise di Star Trek».

La situazione è diversa, però, quando la distanza cresce divenendo di molte volte superiore alla dimensione dell'onda di materia, come nell'esperimento effettuato a Bonn. Per queste distanze il "teletrasporto" diretto è impossibile e quindi il tempo minimo richiesto per il trasferimento diventa più lungo: lo studio dimostra che un limite di velocità inferiore rispetto a quello predetto dai fisici sovietici si applica a tali processi. Tale limite è determinato non solo dall'incertezza energetica come nel caso precedente, ma anche dal numero di stati intermedi attraversati. Questa constatazione migliora la comprensione teorica dei processi quantistici complessi e dei vincoli a cui sono soggetti. Le scoperte dei fisici sono importanti in particolare per il calcolo quantistico: i calcoli possibili con i computer quantistici si basano principalmente sulla manipolazione di sistemi a molti livelli.

«Gli stati quantistici, tuttavia, sono molto sensibili e durano solo un tempo molto breve che i fisici chiamano tempo di coerenza. È quindi importante racchiudere il maggior numero possibile di operazioni di calcolo in questo lasso di tempo. Il nostro studio - **conclude Andrea Alberti** - mostra come raggiungere praticamente il numero massimo di operazioni che possono essere eseguite nel tempo di coerenza quantico».

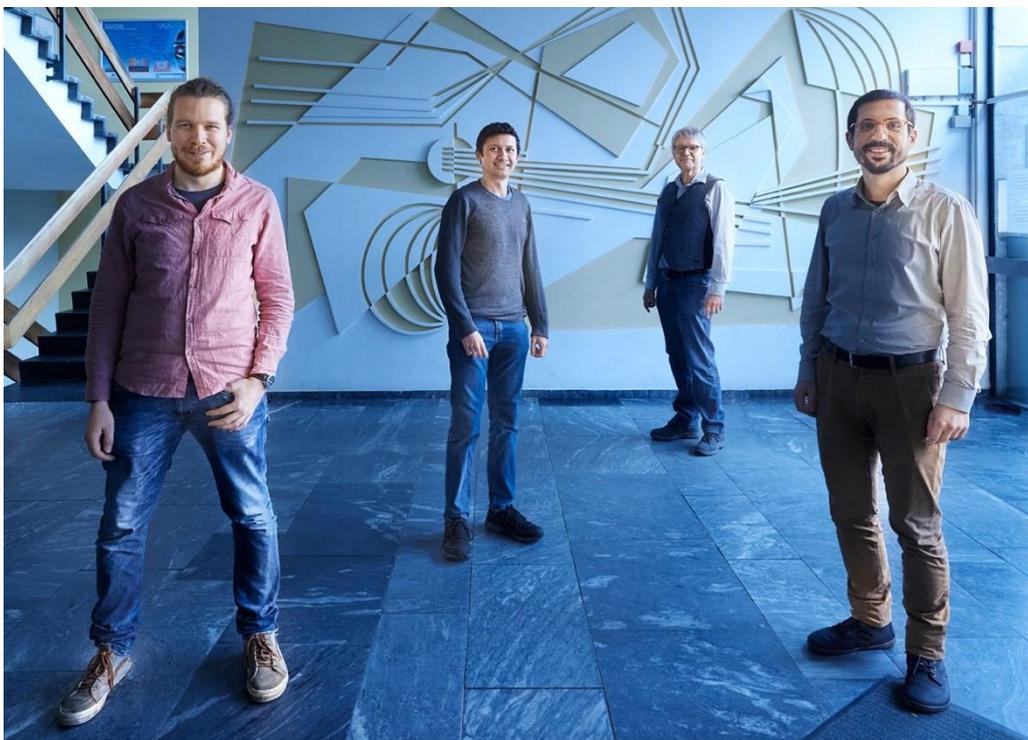
Link alla ricerca: <https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.11.011035>

Titolo: *"Demonstration of Quantum Brachistochrones between Distant States of an Atom"*

Autori: Manolo R. Lam, Natalie Peter, Thorsten Groh, Wolfgang Alt, Carsten Robens, Dieter Meschede, Antonio Negretti, Simone Montangero, Tommaso Calarco, and Andrea Alberti

*Lo studio è stato finanziato nell'ambito del SFB/TR 185 della Fondazione tedesca per la ricerca (DFG).*

*Il finanziamento è stato fornito anche dalla Fondazione Reinhard Frank e dal Servizio Tedesco di Scambio Accademico.*



*Il team di ricerca nel foyer dell'Istituto di Fisica Applicata dell'Università di Bonn (da sinistra): Thorsten Groh, Manolo Rivera Lam, Prof. Dr. Dieter Meschede e Dr. Andrea Alberti © Volker Lannert/Università di Bonn*