



## I quasar per colmare una lacuna del teorema di Bell

Scritto da Annalisa Arci il 21.02.2014

In un *paper* pubblicato questa settimana sulla rivista *Physical Review Letters*, i ricercatori del MIT propongono un esperimento che potrebbe colmare una delle più significative lacune concernenti la **disuguaglianza di Bell**, un teorema proposto circa cinquant'anni fa che, qualora fosse colmata, consegnerebbe il nostro universo nelle mani delle probabilità della meccanica quantistica.

Tale visione quantistica permetterebbe di confermare le particelle *entangled* si possono influenzare a vicenda istantaneamente, ad una velocità molto superiore della velocità della luce. Il teorema di Bell mostra che, se la meccanica quantistica è valida allora le misurazioni eseguite su due particelle saranno sempre correlate, indipendentemente dalla distanza che le separa.



Rappresentazione artistica di ULAS J1120+0641, una quasar molto distante. (Credit: ESO/M. Kornmesser).

**Una magica correlazione.** Prendiamo due particelle subatomiche. Hanno uno spin, cioè ruotano sul proprio asse, proprio come fanno le trottole o i pianeti. Immaginiamo di avere un sistema con due particelle molto vicine che ruotano in direzioni opposte: si descrive comunemente questa situazione dicendo che lo spin di una particella è up (verso l'alto) e quello dell'altra è down (verso il basso). Misurando gli spin delle particelle dopo che queste sono state notevolmente allontanate, scopriremo che sono rimasti uno up e l'altro down. Dal momento che si comportano come piccoli magneti, è possibile modificarne l'orientamento facendole passare attraverso campi magnetici: se modifichiamo l'orientamento di una particella in modo che, invece di ruotare verso l'alto intorno a un asse verticale, ruoti a sinistra intorno a un asse orizzontale, scopriamo che anche l'altra particella ruota intorno a un asse orizzontale, ma nella direzione opposta, che definiremo destra.

Questi risultati sono stati confermati inizialmente da due esperimenti, il primo eseguito nel 1972 da J. Clauser e S. Freeman negli Stati Uniti, e il secondo da A. Aspect, P. Grangier e C. Roger al CERN nel 1981. Di conseguenza, per quanto possa apparire insolito, esiste una qualche forma di comunicazione istantanea tra le due particelle tale che, modificando lo spin di una, muta istantaneamente lo spin dell'altra. Istantanea in termini fisici significa velocità superluminare ossia superiore alla velocità della luce.

Nel 1964 **John Bell** ha riassunto la disparità apparente tra la fisica classica e la meccanica quantistica affermando che se l'universo si fa spiegare dalla fisica classica, la misura di una particella *entangled* non deve influenzare la determinazione dell'altra particella – una teoria, nota come principio di **località**, in cui si pone un limite alla correlazione. Bell ha ideato una formula matematica per la località, e ha presentato gli scenari che violano questa formula seguendo le previsioni della meccanica quantistica. Einstein inorridirebbe, ma gli esperimenti confermano che se su una delle due particelle entangled viene condotta un'alterazione di stato, la seconda particella che sta viaggiando alla velocità della luce in direzione opposta alla prima viene inspiegabilmente anch'essa alterata a causa della modificazione imposta alla prima particella.

**La velocità della luce è un valore assoluto**, una costante universale irrefutabile che non può essere negata: e allora com'è possibile che una particella alteri lo stato dell'altra quando una comunicazione tra le due è, in linea di principio, impossibile? I fisici hanno più volte testato il teorema di Bell misurando le proprietà delle particelle quantistiche entangled in laboratorio, dimostrando che ha ragione Bell: se alcune particelle subatomiche sono entangled, esse conservano un'affinità permanente che sembra in qualche modo trascendere le limitazioni della fisica classica. Non è mancato ovviamente chi ha messo in luce le lacune del lavoro di Bell. I sostenitori delle variabili nascoste fanno leva proprio su questo argomento per mostrare che quella della spiegazione quantistica è solo un'illusione. Esplicitando in ogni spiegazione le variabili

nascoste, ecco che emergerebbe la controparte esplicativa classica.

Benché molte lacune facciano ormai parte della storia della fisica, resta un problema che ha a che fare con il **libero arbitrio**: in un contesto sperimentale immaginario, gli autori dello studio che presentiamo hanno immaginato che esista un condizionamento del sistema che si ripercuote sulle misure effettuate in laboratorio. In pratica, è come se il sistema dei rilevatori cospirasse con eventi del passato causale condiviso per determinare quali valori delle proprietà delle particelle vengano misurate – uno scenario che, per quanto inverosimile, implica che un fisico che esegue l'esperimento non abbia il libero arbitrio nello scegliere l'impostazione di ciascun rivelatore. Un tale scenario comporterebbe misure parziali, suggerendo che le due particelle sono correlate più strettamente di quello che realmente sono, e dando più peso alla meccanica quantistica che della fisica classica.

“Sembra inquietante, ma ci siamo resi conto che questa è una possibilità logica che non è stata ancora chiusa”, commenta David Kaiser del MIT che, insieme ad Andrew Friedman (postdoc al MIT) e a Jason Gallicchio (Università di Chicago) ha proposto un esperimento per chiudere questa terza lacuna settando le impostazioni di un rivelatore di particelle attraverso una parte della luce più antica dell'universo: quella dei quasar lontani, o nuclei galattici attivi, che è stata emessa miliardi di anni fa.

**L'esperimento con i quasar come rilevatori di fotoni.** Se due quasar si trovano ai lati opposti dell'universo, la loro distanza deve essere tale da renderli indipendenti dalla concatenazione causale avviatasi con il Big Bang (circa 14 miliardi di anni fa). Questo significa anche che, all'epoca, non erano in grado di comunicare tra di loro (uno scenario ideale per determinare le impostazioni di ciascun rivelatore di particelle). La descrizione dell'esperimento è molto complessa e non ve la riassumo (per i dettagli rimando all'articolo originale). Cerco invece di semplificare in modo che si capisca l'idea. Pensate di avere due rilevatori e un generatore di particelle, ad esempio un atomo radioattivo che sputa fuori coppie di particelle entangled. Il rivelatore A deve misurare la prima particella della coppia C e il rivelatore B misura la seconda. Per settare le impostazioni dei due rilevatori vengono chiamati in causa i due quasar lontani che – secondo gli autori dell'articolo – non hanno mai avuto connessioni causali né ne conservano, ovviamente, memoria alcuna.

Il ragionamento dei ricercatori è a questo punto il seguente: poiché l'impostazione di ciascun rivelatore è determinata da fonti che non hanno avuto nessuna comunicazione o storia condivisa fin dall'inizio dell'universo, sarebbe praticamente impossibile per questi rivelatori “cospirare” con qualsiasi cosa nel loro passato comune. In questo caso il set up sperimentale sembra sufficientemente pulito per colmare la lacuna del “libero arbitrio”. Se, dopo aver effettuato più misurazioni con questo setup sperimentale gli scienziati dovessero scoprire che le particelle sono correlate più di quanto previsto dalle leggi della fisica classica, allora l'universo come lo vediamo si basa davvero sulla meccanica quantistica e non sulla fisica classica.

A me restano molti dubbi, ma gli autori del paper sostengono che con le tecnologie attuali l'esperimento è realizzabile. Non resta che attendere che qualche laboratorio metta in pratica l'esperimento e ci dia qualche dettaglio in più (possibilmente pratico).

#### Paper di riferimento:

Jason Gallicchio, Andrew S. Friedman, David I. Kaiser, *Testing Bell's inequality with cosmic photons: Closing the setting-independence loophole*, in “Physical Review Letters”, 2014 (in corso di pubblicazione).

Tag: [Quasar](#), [Teorema di Bell](#)

© RIPRODUZIONE RISERVATA

1 Commento Gaianews.it

 Entra ▾

Ordina dal migliore ▾

Condividi  Preferita ★



Partecipa alla discussione...



**Alberto Zazza** • 5 giorni fa

stato memoria preoccupante quantomeno impossibile.

^ | ▾ • Rispondi • Condividi ▾

 Iscriviti  Aggiungi Disqus al tuo sito web