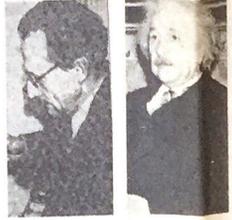




La meccanica dei quanti continua a intrigare i fisici con i suoi paradossi. Nelle foto, alcuni padri fondatori della teoria fondamentale per capire il mondo subatomico: a sinistra De Broglie, a destra Schrödinger e Einstein, sotto Bohr e Planck



L'astronave «Enterprise» della serie fantascientifica «Star Trek»



FISICA

Da Alice a Star Trek

Due esperimenti e una sorpresa

SULL'ASTRONAVE Enterprise il teletrasporto è all'ordine del giorno. E anche chi non ha mai visto un episodio della serie di Star Trek sa di che cosa stiamo parlando. Il sistema è quello usato dal capitano Kirk e dai membri del suo equipaggio per scendere su qualsiasi pianeta senza dover atterrare: i loro corpi si smaterializzano nella macchina del teletrasporto e ricompaiono istantaneamente a destinazione. Dalla finzione alla realtà il termine è entrato anche nel mondo dei fisici. Ma il Teletrasporto, descritto in un articolo appena pubblicato su «Nature», ha un diverso significato. Solo nella fantascienza è possibile pensare di trasportare un corpo, o semplicemente l'informazione necessaria a ricostruirlo altrove in modo istantaneo. E non è questo che hanno ottenuto due gruppi di scienziati, uno diretto da Anton Zeilinger dell'Università di Vienna e l'altro da Francesco De Martini dell'Università di Roma, riuscendo a teletrasportare in laboratorio proprietà quantistiche di una particella.

Siamo nel campo dei sistemi microscopici, dove regnano le strane leggi della meccanica quantistica che con le sue caratteristiche peculiari ci allontanano da una visione classica del mondo. E ci presenta situazioni quasi paradossali in cui sembra che il messaggio viaggino più veloci della luce e che si possa parlare di teletrasporto. Ma facciamo un passo indietro e torniamo agli anni in cui era acceso il dibattito sui fondamenti della meccanica quantistica.

Nel 1935 Albert Einstein, Boris Podolsky e Nathan Rosen scoprono una misteriosa correlazione tra i fotoni, cioè i corpuscoli elementari della luce che sembrano parlarsi da distanze anche lontanissime (un fenomeno inspiegabile ai loro occhi, ed è allora conosciuto come il paradosso Epr. Solo trent'anni dopo, il fisico John Bell dimostrò con un famoso teorema che questa connessione, chiamata «entanglement», esiste davvero. «È possibile che i testi delle misure effettuate in una certa regione dello spazio dipendano dal fatto che venga eseguita una misura su sistemi dello stesso istante». A parlare è il fisico teorico di Trieste Giancarlo Ghirardi, presidente della Società Italiana di Fondamenti della Fisica. «La meccanica quantistica ci costringe a riconoscere l'esistenza di effetti non locali (vale a dire istantanei a distanze) ma le cose sono messe in modo tale che questi effetti non possono venire in alcun modo utilizzati per trasmettere informazioni o per esercitare azioni a velocità superiore a quella della luce».

Si può però realizzare una forma di trasporto basata sugli stati di trasporto basati sugli stati di «sagrovigliati», o entangled come dicono gli scienziati. Il teletrasporto quantistico, ideato nel 1993 dal fisico Charles Bennett, l'intera informazione necessaria a riprodurre un oggetto si può separare in due parti, una quantistica e una classica. La prima può essere trasmessa istantaneamente ma per usarla occorre conoscere la seconda, che può essere trasmessa solo per vie convenzionali come canali telefonici o elettronici, e quindi a velocità inferiori a quella della luce.

Immaginiamo di avere due personaggi. Alice ha un fotone, un corpuscolo elementare della luce, di cui non sa nulla, il suo compito è trasmetterlo a Bob che è molto distante in un luogo non ben precisato. Lo scopo è di copiarne la particella nel modo classico quantistico, precisamente il principio di indeterminazione di Heisenberg, impedendo ad Alice di misurare qualsiasi caratteristica del fotone per comunicarla a Bob, o di copiarne la particella per mandargliela direttamente. Infatti il processo di misura altera le proprietà dell'oggetto misurato, modo tale che parte dell'informazione si perde inevitabilmente. Sarebbe inoltre troppo lento e insicuro mandare l'originale, soprattutto perché Alice non sa dov'è Bob. Ma i due prima di separarsi hanno condiviso la coppia A e B di fotoni «sagrovigliati» e se Alice possiede A, Bob ha portato il con sé. E' questo il canale quantistico intermedio che permetterà ad Alice di mandare il messaggio (il fotone originario) a Bob. Infatti Alice può eseguire una misura sul sistema formato dal suo fotone-messaggio e A. In questo modo non si avverte della «interferenza» da messaggero perché il processo stesso della misura le avrà alterato distruggendo il fotone di teletrasporto. Ma, a causa del canale tra A e B, anche B risulterà simultaneamente cambiato e in questo modo è passata la parte quantistica dell'informazione.

Ad Alice non resta ora che trasmettere a Bob per vie classiche il risultato della sua misura, o meglio il tipo di misura eseguita. A questo punto Bob potrà eseguire la misura sulla particella B per trovare una perfetta copia del messaggio. E non si tratta di una clonazione - precisa De Martini di fronte al delicato apparato ottico realizzato nel suo laboratorio grazie ai fisici Danilo Boschi e Salvatore Branca. Infatti la misura di Alice distrugge la particella originaria e tutte le sue caratteristiche si ritrovano nel fotone di Bob.

Marta Cerri

Kirk, il popolare protagonista della serie di «Star Trek»

Piergiorgio Odifreddi, Università di Torino

Un'altra applicazione riguarda i metodi di crittografia per trasmettere codici cifrati. «Oggi la crittografia quantistica - dice De Martini - si basa sull'utilizzazione di due canali per trasmettere le informazioni, uno classico e uno quantistico. Questo ultimo porta il 99% dell'informazione che però non può essere decifrata se non si ha una chiave che viene trasmessa attraverso il canale classico. Come nel caso del nostro teletrasporto di fotoni, la trasmissione dell'informazione non può avvenire se non con velocità inferiori a quella della luce».

Marta Cerri

Marta Cerri

Il teletrasporto immaginato dalla fantascienza è (quasi) realtà. Un successo scientifico delle università di Vienna e di Roma



IN BREVE

Ricerca Telethon: il gene di Barth
Il gruppo di ricerca diretto da Daniela Toniolo dell'Istituto di genetica biochimica di Pavia ha annunciato su *American Journal of Human Genetics* che il gene della sindrome di Barth è responsabile di altre due gravi forme di cardiomiopatia infantile. Questo quando l'importanza di questo gene già identificato dall'equipe di Pavia.

Scontro cosmico in Groenlandia?
La notizia è su Internet, nel periodo on line «L'istice» una grande esplosione sarebbe avvenuta il 9 dicembre nel cielo della Groenlandia. Le sue caratteristiche ricordano l'evento di Tunguska del giugno 1908, quando un frammento di asteroide si disgregò sopra la Siberia. Gli scienziati dovranno ora vagliare registrazioni sismiche e immagini registrate dai satelliti meteorologici «Noaa 14».

«Arance della salute» per la lotta ai tumori
Si terrà sabato 31 gennaio la nona edizione dell'iniziativa «Arance della salute» organizzata dall'Associazione Italiana per la ricerca sul cancro (AIRC). Sacchetti di arance saranno distribuiti al prezzo di 13 mila lire in 1094 piazze italiane insieme con una guida ad alta informazione corretta per la prevenzione dei tumori. Il ricavato andrà alla ricerca sul cancro.

Oasi ecologica prima certificazione
Il primo caso in Italia di certificazione di un prodotto agroalimentare che coinvolge l'intera filiera produttiva è rappresentato dalla Plasmon e riguarda per ora i suoi prodotti a base di frutta. La certificazione è stata rilasciata dal CSA, ente costituito nel 1990 nell'ambito dell'Istituto lattiero e di biotecnologie agroalimentari di Thiene. Informazioni: 02-5420.2080.

Risparmio energetico laboratorio a Torino
Un laboratorio dimostrativo sul tema del risparmio energetico è stato inaugurato a Torino presso l'Istituto Avogadro di Torino con la collaborazione del Centro Studi Regis e di Leonardo Illustrato e una videodecassetta. Per informazioni: 011-532.822.

Cuore artificiale record italiano
Da 30 mesi Ada Staccotto vive con un cuore artificiale a un record. Le è stato impiantato a Pavia dal gruppo del Policlinico S. Matteo diretto da Viganò.

La roulette a fotoni

Il paradosso dei quanti visto da Bell

CHITTIQUE abbia osservato una roulette avrà notato che i colori rosso e nero escono in modo perfettamente casuale, senza alcuna regolarità. Che cosa si potrebbe pensare allora se ogni volta che due persone visitassero due particolari casinò, e registrassero le successioni di colori usciti alle rispettive roulette, si accorgessero poi che le due successioni sono esattamente le stesse? Ovviamente, soltanto che le due roulette sono truccate, cioè collegate in modo da farle diventare una sola. Se però i gestori del casinò spergureranno che non ci sono trucchi, permetterebbero controlli, e non si scoprirebbe niente di sospetto? In certi reclusissimi esperimenti di fisica

supponiamo che due persone non in comunicazione fra loro ricevano periodicamente una busta contenente un foglio, che può essere bianco o nero: esse aprono la busta, registrano i colori del foglio, e confrontano le registrazioni dopo aver ricevuto una gran numero di buste. Se ogni volta che due buste c'è un foglio dello stesso colore, allora esse noteranno una perfetta identità fra le loro osservazioni (anche nel caso in cui la scelta del colore da parte del mittente fosse stata ogni volta casuale). Viceversa, dalla perfetta identità delle loro registrazioni, e dei destini estratti, dedurranno che ogni volta nelle due buste c'era un foglio con lo stesso colore.

Fuori di metafora, il foglio nella busta corrisponde a una particella, il colore a una proprietà fisica misurabile, i destinatari a due osservatori isolati fra loro, e l'apertura delle buste a una misura della proprietà della particella. Se le particelle hanno sempre lo stesso valore della proprietà fisica in questione, ci sarà una perfetta identità tra le due misure. Viceversa, se esiste una perfetta identità fra le misure e gli osservatori non sono in comunicazione fra loro, allora si può dedurre che le particelle avevano ogni volta lo stesso valore della proprietà.

Passiamo ora a una versione più elaborata della metafora. Supponiamo che le due persone ricevano periodicamente una busta contenente un foglio diviso in tre strisce, ciascuna delle quali può essere bianca o nera, e che la busta possa aprirsi in tre modi diversi, ciascuno dei quali permette di vedere una sola striscia. Le due persone indipendentemente ogni volta, dopo aver visto i risultati della loro osservazione, e il confondono il foglio con uno su un grande numero di buste. Se ogni volta nelle due buste c'è lo stesso tipo di foglio, in cui striscia, allora esse noteranno che lo stesso colore, quando i destinatari hanno aperto la stessa striscia, hanno sempre visto lo stesso colore. Viceversa, i destinatari hanno aperto strisce quocoloro almeno, e ogni volta c'è un foglio dello stesso colore.

La prima conclusione è ovvia. Per quanto riguarda la seconda, basta notare che i fogli hanno sempre almeno due strisce dello stesso colore, e che i colori, nei tre strisce, essi devono essere sempre lo stesso colore. In ogni caso ci sono 9 possibilità: 1) in cui viene osservata la striscia sinistra, ed i 2) (simmetriche) in cui i destinatari osservano le due diffe-

Marta Cerri

Marta Cerri