

TELETRASPORTO

la via quantistica

Gruppo Eratostene

oooooooooooooooooooooooo

Abstract

In this paper we talk about quantic teleport, and two news about new possible applications (**time, and teleport of energy**)

Riassunto

In questo articolo mostreremo come il **teletrasporto quantistico**, allo stato teorico e sperimentale attuale, può servire (a causa del problema di distruggere l'oggetto da teletrasportare e ricostruirlo a destinazione, cosa che richiederebbe enorme capacità di elaborazione informatica, e anche questo è un problema)) solo per teletrasportare **stati quantici** o **comunicazioni cifrate** con assoluta sicurezza, tramite la crittografia quantistica.

Tuttavia, sono in corso studi per usare il teletrasporto quantistico per possibili **viaggi nel tempo** (verso il passato) o per teletrasportare **energia**. Accenneremo qui a queste due emergenti possibilità teoriche sperimentali

.....

Per **teletrasporto quantistico** si intende (definizione da omonima voce di Wikipedia, alla quale rimandiamo, insieme alla voce “**Teletrasporto**”, per i numerosi dettagli teorici e sperimentali) “**una tecnica dell'informatica quantistica che permette di trasferire uno stato quantico in un punto arbitrariamente lontano**”

(Per i dettagli e gli ultimi esperimenti sul teletrasporto quantistico (Prof, Francesco De Martini di Roma, Anton Zeilinger di Innsbruck (Rif.7), Jeff Kimble al Caltech in California ecc.: rimandiamo alle suddette voci di Wikipediae ai riferimenti bibliografici , in particolare Rif.6)

Quindi, almeno per ora, niente teletrasporto di oggetti materiali, e/o esseri viventi, per i problemi indicati nel riassunto (distruzione dell'originale, enormi problemi informatici per la sua ricostruzione a destinazione , cosa invece possibile con stati quantici, e simili). Per gli oggetti materiali e/o esseri viventi, sarebbe più possibile e realistica la via magnetica (Rif. 1 e 2). Circa la suddetta impossibilità del

teletrasporto materiale quantistico, citeremo il libro di David Darling "Teletrasporto. Il salto impossibile" (Rif.4), del quale riportiamo la recensione di Folco Claudi sulla rivista "LE SCIENZE" di Marzo 2008:

Perché Star Trek ha torto

Scheda libro



Teletrasporto. Il salto impossibile

David Darling Bollati Boringhieri, Torino, 2008

pp. 232

Euro 25,00

La scelta di partire da Star Trek può essere considerata quasi obbligata per un libro divulgativo che affronta il difficile tema del teletrasporto. Tutti più o meno hanno in mente la scena della fortunata serie di fantascienza in cui il capitano Kirk e compagni si infilano in una specie di cabina-doccia ipertecnologica che scompone il loro corpo e la loro mente per ricostruirli istantaneamente in un luogo remoto.

Si tratta a tutti gli effetti di un espediente narrativo che realizza l'aspirazione di rendere i viaggi sempre più veloci: portando questo concetto fino al limite si arriva appunto al trasporto istantaneo. Considerato dal punto di vista scientifico, il teletrasporto cinematografico potrebbe far sorridere, visto che un simile viaggio, già difficilmente concepibile per una particella elementare, lo diventa ancora di più per un corpo esteso, per non parlare di un essere vivente.

Eppure negli ultimi anni il termine inglese teleporting, che indica appunto il teletrasporto, è apparso in molti articoli di fisica quantistica. E alcuni ricercatori, tra i quali Anton Zeilinger a Vienna e Francesco De Martini a Roma, hanno annunciato la riuscita di esperimenti in grado di trasmettere in modo istantaneo tra due punti distanti lo stato quantistico di un atomo, lo spin.

Non è certo come teletrasportare materia o energia, tuttavia si tratta di un risultato che ha fatto saltare sulla sedia un buon numero di fisici.

Alla base di tutto c'è il fenomeno dell'entanglement: una correlazione tra i rispettivi stati quantici di due atomi. Se essi si trovano inizialmente vicini e vengono opportunamente preparati, si stabilisce un entanglement che si mantiene anche a distanza. Inizialmente lo spin di entrambi è indefinito, ma se lo si misura per uno dei due atomi anche lo spin dell'altro «precipita» istantaneamente, assumendo un valore definito.

Quali prospettive apre un simile risultato? Del teletrasporto à la Star Trek nessuno parla. Le prospettive sono infatti in tutt'altro contesto, ovvero nell'informatica: la possibilità di commutare un simile sistema fisico tra due stati è come avere alla portata un bit di dimensioni nanoscopiche, che potrebbe aprire la strada a incredibili applicazioni in computer science. Anzi, l'esistenza di stati intermedi tra «0» e «1» porta al concetto di qubit con infinite combinazioni, in grado di determinare, in linea di principio, un aumento esponenziale della potenza di calcolo.

Questo, a volo d'uccello, il passato e il futuro della scienza dell'entanglement, che Darling ripercorre in questo libro con un'efficacia notevole, che deriva da una solida conoscenza degli argomenti trattati e dal dono di una grande chiarezza espositiva. La ricostruzione a posteriori della vicenda, tuttavia, ha un grosso limite, lo stesso che si ritrova per esempio nei manuali universitari: il lettore viene accompagnato lungo il filo logico del dipanarsi delle teorie come se fosse del tutto naturale che tutto sia andato così com'è andato.

Eppure l'esistenza di un legame microscopico a distanza quale è l'entanglement ha generato una serie di discussioni e di scritti difficilmente eguagliata - per quantità e talvolta per asprezza - nella storia della fisica del secolo passato, dal momento che mette in discussione alcuni concetti fondamentali non solo della fisica ma anche del pensiero umano. Albert Einstein, primo fra tutti, non era disposto a concedere che esistessero eventi in grado di influenzarsi a distanze arbitrariamente grandi, ed elaborò al riguardo il famoso «paradosso EPR», poi ripreso da David Bohm e discusso da John Stuart Bell con la disuguaglianza che porta il suo nome.

Posizioni eretiche, idee geniali e intuizioni folgoranti: comprenderle dà un po' la sensazione di essere giunti al cuore della meccanica quantistica. Ma Darling taglia corto: «Bell non faceva mistero di quello che la sua analisi rivelava: le idee di Einstein sulla località e il determinismo erano incompatibili con le previsioni della meccanica quantistica ortodossa». Poche righe, e la sensazione che qualcosa sfugga. Senza accorgersene, ci si trova teletrasportati al capitolo successivo.

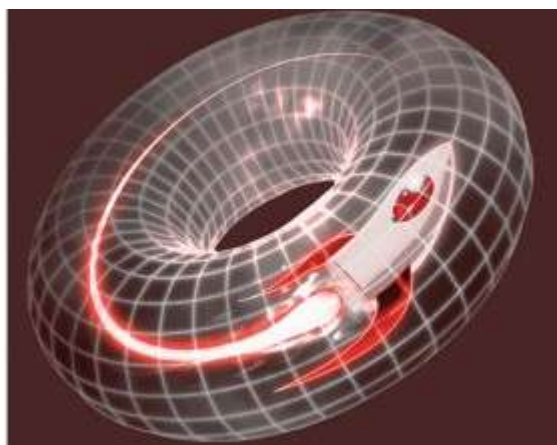
di Folco Claudi

Vediamo ora però le due recenti possibilità sulle teletrasporto quantistico come mezzo per il viaggio nel passato e per teletrasportare energia.

Da Enrico Beccarini, sul suo sito http://enicobeccatini.com/?page_id=2

“Il fisico Seth Lloyd del MIT di Boston: “La macchina del tempo è più vicina”

Written by [Enrico Baccarini UFO](#) Jul 26, 2010



MILANO — I viaggi nel tempo colpiscono di nuovo la mente degli scienziati che cercano, soprattutto attraverso la nuova fisica, di trovare risposte; almeno teoriche si intende. A intrigarli di più, per certi aspetti, sembrano essere i balzi del passato, forse sedotti da Mark Twain che aveva voluto compiere un viaggio nel Medioevo con il suo Un americano alla corte di re Artù. Per i ricercatori, in tal caso comunque, non si tratta di un vuoto, seppur affascinante, esercizio di fantasia. Seth Lloyd del Mit di Boston alla guida di un gruppo internazionale di studiosi che include pure due italiani (Lorenzo Maccone e Vittorio Giovannetti), ha dimostrato con una sofisticata ma corretta spiegazione come in effetti un viaggio a ritroso nel tempo sarebbe affrontabile.

Rispetto a molti altri tentativi teorici sin qui compiuti, Lloyd aggiunge maggior credibilità perché fa ricorso a un «effetto» prima ignorato. Vediamo come. Egli parte dal teletrasporto, ben noto ai più grazie a Star Trek dove le persone sono trasferite da un luogo all'altro istantaneamente (in laboratorio, comunque, qualche fotone è già stato teletrasportato) e dalla meccanica quantistica. Ma

il trucco sta nel far intervenire l'«effetto di postselezione» che, semplificando, è un modo diverso di giocare le carte a disposizione. Grazie ad esso solo le particelle che sono state teletrasportate potrebbero essere riportate indietro nella condizione originaria, facendo così compiere un viaggio a ritroso pure nel tempo.

Il ricorso allo strano «effetto» permette agli scienziati alcuni vantaggi come far entrare in scena la gravità senza però incorrere nei problemi posti dai viaggi temporali ipotizzati finora legati alla teoria della relatività. In tal caso si richiedeva una ben più ardua deformazione sia dello spazio che del tempo. In secondo luogo aggira un paradosso molto famoso noto come il «paradosso del nonno», in cui si immagina di tornare nel passato e di uccidere il nonno e ciò, appunto, è paradossale perché impedirebbe la nascita dell'assassino.

Ma il nuovo tentativo teorico finalizzato ad immaginare una macchina del tempo nasconde, in realtà, un valore aggiunto forse ancora più affascinante e che rappresenta la grande sfida che da decenni, almeno dall'epoca di Einstein, tortura i fisici. È il sogno di unire insieme la meccanica quantistica e le leggi della relatività per arrivare all'ambitissima «teoria del tutto», vale a dire ad un'unica, semplice, legge universale che unifica tutte le altre semplificando la descrizione del mondo.

Oltre all'eccitante frontiera della conoscenza c'è inoltre un intento più concreto. L'effetto di post-selezione impiegato dal professor Lloyd è alla base delle ricerche sul computer quantistico di cui si incominciano a intravedere all'orizzonte alcune possibilità e che quando si materializzerà sconvolgerà di nuovo la nostra vita. Simile prospettiva informatica, ovviamente, non era stata considerata nella Macchina del tempo che H.G. Wells scriveva nel 1885 per farci viaggiare nel futuro portandoci sino all'anno 802.701. Ma paradossalmente, se l'«effetto post-selezione» del professor Lloyd funzionasse davvero aprirebbe entrambe le porte, quelle del passato e del futuro. Ce n'è abbastanza, intanto, per far correre la fantasia.

Rispetto a molti altri tentativi teorici sin qui compiuti, Lloyd aggiunge maggior credibilità perché fa ricorso a un «effetto» prima ignorato. Vediamo come. Egli parte dal teletrasporto, ben noto ai più grazie a Star Trek dove le persone sono trasferite da un luogo all'altro istantaneamente (in laboratorio, comunque, qualche fotone è già stato teletrasportato) e dalla meccanica quantistica. Ma il trucco sta nel far intervenire l'«effetto di postselezione» che, semplificando, è un modo diverso di giocare le carte a disposizione.

Grazie ad esso solo le particelle che sono state teletrasportate potrebbero essere riportate indietro nella condizione originaria, facendo così compiere un viaggio a ritroso pure nel tempo. Il ricorso allo strano «effetto» permette agli scienziati alcuni vantaggi come far entrare in scena la gravità senza però incorrere nei problemi posti dai viaggi temporali ipotizzati finora legati alla teoria della relatività. In tal caso si richiedeva una ben più ardua deformazione sia dello spazio che del tempo. In secondo luogo aggira un paradosso molto famoso noto come il «paradosso del nonno», in cui si immagina di tornare nel passato e di uccidere il nonno e ciò, appunto, è paradossale perché impedirebbe la nascita dell'assassino.

Ma il nuovo tentativo teorico finalizzato ad immaginare una macchina del tempo nasconde, in realtà, un valore aggiunto forse ancora più affascinante e che rappresenta la grande sfida che da decenni, almeno dall'epoca di Einstein, tortura i fisici. È il sogno di unire insieme la meccanica quantistica e le leggi della relatività per arrivare all'ambitissima «teoria del tutto», vale a dire ad un'unica, semplice, legge universale che unifica tutte le altre semplificando la descrizione del mondo. Oltre all'eccitante frontiera della conoscenza c'è inoltre un intento più concreto. L'effetto di post-selezione impiegato dal professor Lloyd è alla base delle ricerche sul computer quantistico di cui si incominciano a intravedere all'orizzonte alcune possibilità e che quando si materializzerà

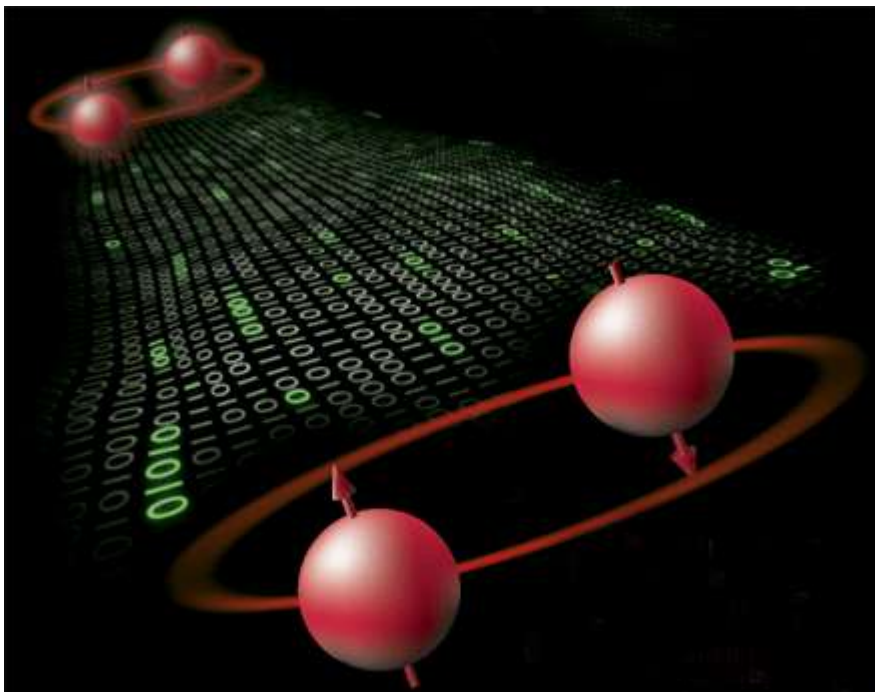
sconvolgerà di nuovo la nostra vita. Simile prospettiva informatica, ovviamente, non era stata considerata nella Macchina del tempo che H.G. Wells scriveva nel 1885 per farci viaggiare nel futuro portandoci sino all'anno 802.701. Ma paradossalmente, se l'«effetto post-selezione» del professor Lloyd funzionasse davvero aprirebbe entrambe le porte, quelle del passato e del futuro. Ce n'è abbastanza, intanto, per far correre la fantasia.

Fonte - [Il Corriere della Sera](#), art. di Giovanni Caprara, 25 luglio 2010

Teletrasporto di energia

Un fisico scopre come teletrasportare l'energia

6 febbraio 2010 di [Adrian](#)



Per primi, sono stati teletrasportati i fotoni, poi atomi, e ioni. Adesso un fisico giapponese, è riuscito a trovare un modo per teletrasportare energia, una tecnica che ha profonde implicazioni per il futuro della fisica.

Nel 1993, Charlie Bennett, del Watson Research Center della IBM, a New York, insieme ad altri compagni, ha mostrato come trasmettere informazione quantistica da un punto a un altro nello spazio, senza in realtà attraversare lo spazio.

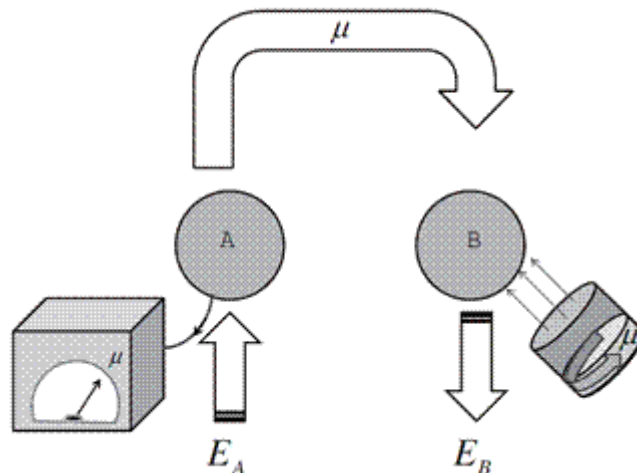
La tecnica in questione, si basa su uno strano fenomeno quantistico chiamato “Correlazione quantistica”(o in inglese “entanglement” quantistico), dove in pratica due particelle condividono la stessa esistenza. Questa profonda connessione, significa che la misurazione di una particella influenza immediatamente l'altra, anche se sono lontane anni luce. Bennett e i suoi compagni, hanno lavorato su come sfruttare questo fenomeno per trasmettere informazione.(L'influenza tra una particella e un'altra sarà anche immediata, ma il processo non viola la relatività, perché

l'informazione deve comunque essere trasmessa in modo classico alla velocità della luce.) Hanno chiamato questa tecnica teletrasporto.

Non c'è davvero una esagerazione del suo potenziale. Dato che le particelle quantistiche sono indistinguibili, a parte per l'informazione che portano, non c'è bisogno di trasmettere le particelle stesse. Un modo molto più semplice è mandare l'informazione che contengono e assicurarsi che c'è un sicuro rifornimento di particelle dall'altra parte per prendere la loro identità. Da allora, i fisici hanno usato queste idee per teletrasportare davvero fotoni, atomi, e ioni. E non è difficile immaginare che presto molecole, o persino virus, potranno essere teletrasportati grazie agli stessi principi.

La novità arriva invece da Masahiro Hotta, della Tohoku University in Giappone, che ha sviluppato una nuova esotica idea. Perché non usare gli stessi principi quantistici, per teletrasportare energia? Il processo del teletrasporto implica anche fare precise misurazioni di ogni paio di particelle legate dalla "correlazione quantistica". Il fisico giapponese sottolinea come le misurazioni fatte sulla prima particella inserisce energia quantistica nel sistema. In seguito dimostra che scegliendo con cura la misurazione da fare sulla seconda particella, è possibile estrarre l'energia inserita inizialmente.

Tutto questo è possibile perché ci sono sempre fluttuazioni quantistiche nell'energia di ogni particella. Il processo di teletrasporto, permette di inserire energia quantica in un punto dell'universo e in seguito sfruttare le fluttuazioni di energia quantistica per estrarla da un altro punto. Ovviamente l'energia del sistema nel suo intero rimane invariata.



Masahiro Hotta poi fa l'esempio di una stringa di ioni correlati che oscillano avanti e indietro intrappolate in un campo magnetico, un po' come le palle di Newton. Se si misura lo stato del primo ione, si inserisce energia nel sistema sotto forma di un fonone, un'oscillazione quantistica. Hotta spiega che eseguendo il giusto tipo di misurazione sull'ultimo ione, si può estrarre l'energia inserita inizialmente.

Siccome questo può essere fatto alla velocità della luce (in linea di principio), il fonone non viaggia per tutti gli ioni intermedi, quindi non c'è nessun riscaldamento nei ioni. L'energia è stata trasmessa senza viaggiare attraverso lo spazio intermedio. Questo significa teletrasporto.

Esattamente come potremmo sfruttare l'abilità di teletrasportare energia, non è ancora chiaro. Se avete suggerimenti a riguardo postateli pure tra i commenti. Comunque le implicazioni davvero eccitanti che questa scoperta comporta sono in grado di scuotere le fondamenta della fisica. Hotta

spiega che il suo approccio dà ai fisici un modo per esplorare meglio le relazioni tra l'informazione quantistica e l'energia quantistica. Ed è la prima volta che questo si può fare.

C'è una crescente consapevolezza che le proprietà dell'universo sono descritte meglio non dalle leggi che governano la materia, ma dalle leggi che governano l'informazione. Questo sembra essere vero indubbiamente per il mondo quantistico, e sicuramente lo è per la relatività speciale.

Attualmente fisici di mezzo mondo sono al lavoro per esplorare le potenzialità invece nel campo della relatività generale. Avere un modo per spiegare l'energia allo stesso tempo potrebbe far unire tutte queste varie teorie e mondi.

pdf della ricerca: http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1002/1002.0200v1.pdf “

Conclusioni

Concludiamo così con un breve commento, “se son, rose fioriranno” questo nostro lavoro sul teletrasporto quantistico, e sulle due recenti novità sulla **macchina del tempo** e sul **teletrasporto di energia**, beninteso ancora allo stato teorico.

Il prossimo e ultimo lavoro sarà “Teletrasporto: la via metrica”, via altrettanto difficile e “futuristica”, come lo stesso Eric Davis (vedi Rif.2) la definisce nel suo ponderoso studio di fattibilità, ma dichiara apertamente che non se ne occuperà oltre la presentazione iniziale delle sue difficili possibilità di realizzazione pratica.

Anche noi, quindi, condividendo tale opinione, ce ne occuperemo con lo stesso spirito: pure ipotesi avveniristiche

NOTA Breve descrizione dell'entanglement:

Entanglement quantistico Si tratta di un fenomeno della meccanica quantistica in cui gli stati quantistici di due o più oggetti devono essere descritti con riferimento l'uno all'altro, anche se gli oggetti individuali possono essere separati l'uno dall'altro.

Questo porta a **correlazioni** tra le principali proprietà osservabili dei sistemi: Ad esempio, è possibile preparare due particelle in un singolo stato quantistico in maniera tale che quando una è osservata con spin positivo (**spin up**), l'altra sarà sempre osservata con spin negativo (**spin down**) e viceversa. Come conseguenza, le misurazioni effettuate su un sistema sembrano influenzare istantaneamente altri sistemi correlati (entangled) con esso.... /

(da pag 145 , Rif. 6)

Ma vediamo , parzialmente, anche dall'omonima voce di Wikipedia:

“ Entanglement quantistico

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

[⊕ Disambiguazione](#) – "Entangled" reindirizza qui. Se stai cercando altri significati del termine, vedi [Entangled \(disambigua\)](#).

La comprensione dell'argomento trattato in questa voce presuppone la conoscenza dei seguenti concetti:

- [Postulati della meccanica quantistica](#)
- [Hamiltoniana](#)
- [Notazione bra-ket](#)
- [Base ortonormale](#)
- [Spazio di Hilbert](#)
- [Algebra lineare](#)
- [Operatore unitario](#)

L'**entanglement** quantistico o **correlazione quantistica** è un fenomeno [quantistico](#), privo di analogo [classico](#), in cui ogni [stato quantico](#) di un insieme di due o più sistemi fisici dipende dagli stati di ciascuno dei sistemi che compongono l'insieme, anche se questi sistemi sono separati spazialmente. Il termine viene a volte reso in italiano con '**non-separabilità**', in quanto uno stato *entangled* implica la presenza di [correlazioni](#) tra le quantità fisiche [osservabili](#) dei sistemi coinvolti.

Per esempio, è possibile realizzare un sistema costituito da due [particelle](#) il cui stato quantico sia tale che – qualunque sia il valore di una certa proprietà osservabile assunto da una delle due particelle – il corrispondente valore assunto dall'altra particella sarà opposto al primo, nonostante i [postulati della meccanica quantistica](#), secondo i quali predire il risultato di queste misure è impossibile. Di conseguenza in presenza di *entanglement* la misura effettuata su un sistema sembra influenzare istantaneamente lo stato di un altro sistema: in realtà, è facile mostrare che la misurazione non c'entra niente; quanto detto ha significato solamente in relazione al risultato della misurazione, non all'atto del misurare.

L'*entanglement* quantistico è alla base di [tecnologie](#) emergenti come i [computer quantistici](#) e la [crittografia quantistica](#), ed ha permesso esperimenti relativi al [teletrasporto quantistico](#) ...”

...

Formalismo [\[modifica\]](#)

Si considerino due sistemi non interagenti A e B a cui sono associati i rispettivi [spazi di Hilbert](#) H_A e H_B . Lo spazio di Hilbert del sistema composto, secondo i [postulati della meccanica quantistica](#), è il [prodotto tensoriale](#)

$$H_A \otimes H_B$$

Se il primo sistema è nello stato $|\psi\rangle_A$ e il secondo è nello stato $|\phi\rangle_B$ lo stato del sistema composto è

$$|\psi\rangle_A |\phi\rangle_B.$$

Stati di questo tipo vengono chiamati stati separabili.

Date due basi $|i\rangle_A$ e $|i\rangle_B$ associate alle osservabili Ω_A e Ω_B è possibile scrivere gli stati puri di cui sopra come

$$\left(\sum_i a_i |i\rangle_A \right) \left(\sum_j b_j |j\rangle_B \right),$$

per una certa scelta dei coefficienti complessi a_i and b_j . Questo non è lo stato più generale di $H_A \otimes H_B$, il quale ha la forma

$$\sum_{i,j} c_{ij} |i\rangle_A |j\rangle_B$$

Se questo stato non è separabile è chiamato *stato entangled*....

...

(Per altre voci connesse al teletrasporto quantistico si rimanda a Wikipedia)

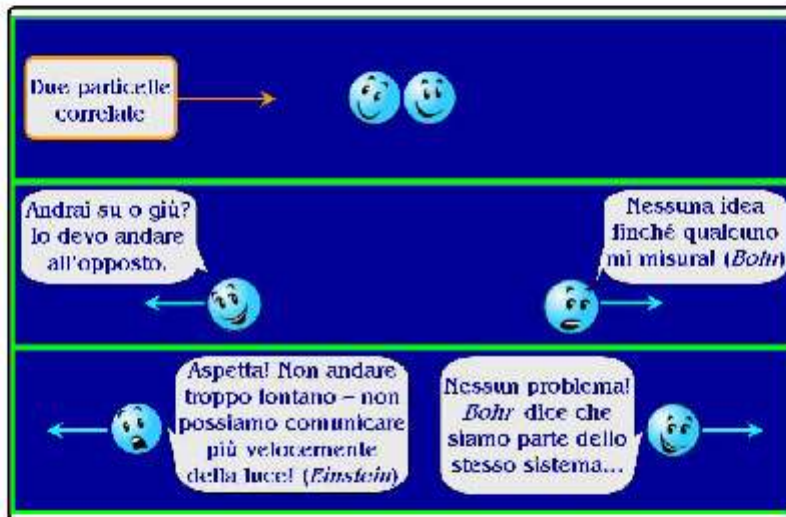
Riferimenti

- 1) “Appunti sul teletrasporto” in sezione “Articoli di Fisica - Matematica
- 2) “Il teletrasporto, la via magnetica”, idem
- 3) “Stelle, buchi neri, wormhole e velocità superluminali: l’ultima frontiera della Fisica” ing. Rosario Turco, prof. Maria Colonnese
- 4) “Teletrasporto. Il salto impossibile” *David Darling* Bollati Boringhieri, Torino, 2008 pp. 232
- 5) FISICA QUANTISTICA Dalla delocalizzazione al teletrasporto passando per la non località - Lavoro di maturità Nicola Ghiringhelli Liceo di Locarno 2004 –
- 6) Massimo Teodorani, “Teletrasporto”, Macroedizioni, capitolo 2: “Il teletrasporto quantistico: meraviglie e limiti”
- 7) Zeilinger. A. (2000) “Quantum Teleportation”, *Scientific American*, (April 2000) pp.32-341

Caltanissetta 1.11.2001

FISICA QUANTISTICA

Dalla delocalizzazione al teletrasporto passando per la non località



Lavoro di maturità

Nicola Ghiringhelli

Liceo di Locarno

2004 - 2005

Professore responsabile: *Christian Ferrari*