

Equazione di Dirac , Amore - Musica.

giorgio maggi-

“ mi nascosi sotto il tavolo, mia madre incerta dove mi fossi nascosto mi cercava. Mio padre alle prese con Liszt e la sua viola, si chinò e con sicurezza mi sorrise... per simmetria”

Fisica e chimica, fucine di musica, amore e

A scuola il paradosso può servire ad introdurre alla comprensione della complessità , soprattutto per un insegnante che vuole trasmettere conoscenza non blindata in “sperimentate” formule di didattica conforme e ripetuta.

Durante una lezione che stava morendo in noia raccontai ai miei ragazzi immagini di chimica, amore, musica ma anche di modelli superati e nuovi e ancora superabili attraverso la curiosità .

L'equazione di Dirac

L'equazione di Dirac è senza dubbio considerata soprattutto dai profani, come la più bella e romantica equazione della fisica. Ideata nel 1928 da Paul Adrien Maurice Dirac, fisico teorico britannico, premio Nobel per la fisica nel 1933: si tratta di una equazione d'onda che descrive il moto dei fermioni, particelle che formano la massa di cui siamo composti noi ed il nostro universo.

Equazione dell'amore

Semplificando l'Entanglement Quantistico o Correlazione Quantistica (dall'inglese to entangle «impigliare, intricare») “ se due sistemi vengono a contatto per un certo periodo di tempo, anche se poi vengono separati continuano ad influenzarsi a vicenda, per cui non possono più essere considerati come due sistemi distinti.

C'è chi come me si lascia affascinare dall'universo quantistico, matematico, sovrareale per arrivare a conclusioni che lasciano spazio al paradosso (a verità vere ma un poco contraffatte per un universo nostrano in cui la teoria dei quanti si scontra con l'indeterminazione)

Lo studioso alle prese con la sua vocazione alla semplicità direbbe così: l'Entanglement spiega con l'esempio i due persone che, dopo essersi amate, anche dopo la separazione continuano – nel bene e nel male – a conservare dentro di se una parte dell'altra persona. In altre parole “Se due sistemi interagiscono tra loro per un certo periodo di tempo e poi vengono separati, non possono più essere descritti come due sistemi distinti, ma in qualche modo, diventano un unico sistema. In altri termini, quello che accade a uno di loro continua ad influenzare l'altro, anche se distanti chilometri o anni luce”.

Il concetto si scontra con il principio di località o di separabilità, secondo il quale gli oggetti distanti non possono avere un'influenza diretta l'uno sull'altro; un oggetto può essere influenzato solo dall'ambiente circostante come afferma Albert Einstein. Principio assolutamente ragionevole ma messo in discussione da esperimenti come “avant-avant”, in cui la teoria della relatività generale si confronta con la non località quantistica, mediante rivelatori di particelle entangled messe in moto per alterare lo spazio-tempo di questi sistemi di riferimento. Esperimenti riprodotti nel 2015, un team guidato da Ronald Hanson dell'Università di Delft nei Paesi Bassi

L'errore, ammesso che lo sia, e che molti fanno, è che l' Entanglement (tradotto con imbroglio, garbuglio,aggrovigliamento...) nella nostra realtà quotidiana potrebbe rappresentarsi come relazione immaginaria di affetti, di pensieri, di ricordi tra due che si amano ma si trovano distanti tra loro.



Fig. 1 amore a distanza Entanglement nella realtà

Nell'universo quantistico i fermioni, elettroni che hanno spin $\frac{1}{2}$ per obbedire al principio di esclusione, avendo quantità e qualità correlate, caratterizzate da stati *up* e *down*, spin “destrorso” e spin “sinistrorso” mostrano incredibili correlazioni tra loro. Due particelle sono caratterizzate dunque, secondo il principio di esclusione, da proprietà complementari. **Se se ne misura la velocità o la polarizzazione dell'uno, si conoscerà immediatamente anche la velocità o polarizzazione dell'altro.**

Effettuando misure dello stato quantico attraverso il metodo naturale classico si ottiene un valore determinato che nasce dal suo collasso.

Dunque la meccanica quantistica spiega che la seconda particella, avendo inizialmente polarizzazione (o spin) indefinita, sa istantaneamente all'atto della misura sull'altra, il valore della polarizzazione (o spin) che deve assumere, sfidando il concetto di località, anche se essa si trova ad una distanza molto grande dal punto in cui viene effettuata la prima misura.

L'Entanglement quantistico rappresenterebbe una relazione reale anche se corretta dal passaggio dallo stato quantico al tradizionale in una condizione di autostato definita di collasso



Fig.2 Fisica classica e quantistica

Un po' per semplificare se le due sorelline Carlotta ed Ambra dovessero lasciarsi, (collassare) l'esperienza sarebbe dolorosa ma non grave: l'una e l'altra andrebbero per la loro strada (fig1). In un universo quantistico conviverebbero senza porsi il problema di dove andare (fig2). Se avessimo la possibilità di indagare l'universo quantistico cercando di spiegarlo secondo una sensibilità legata alla fisica classica, ci accorgeremmo che la separazione implica un legame, un impiglio, un intrico di proprietà diverse da semplici affetti e pensieri: l'Entanglement quantistico. Garbugli, dunque, imbrogli, aggrovigliamenti, interazioni, tra stati fisici detti classici e stati quantici

La chimica classica assicura che tutto tenderà sempre a tornare al proprio equilibrio, la chimica lo chiama equilibrio dinamico o Principio di Le Chatelier-Braun, noto anche come principio dell'equilibrio mobile, prevede come un sistema all'equilibrio reagisca a perturbazioni esterne: quando un sistema all'equilibrio chimico viene perturbato per effetto di un'azione esterna, il sistema reagisce in maniera da ridurre o annullare adattandosi alla sollecitazione stessa

Ecco perché la parola "Entanglement" significa "intreccio" di sistemi quantici interagenti tra loro: fenomeno ipotizzato ma ancora in gran parte misterioso ed inspiegabile per la scienza.

Uno degli ... intrecci è il legame tra la musica e la fisica: il suono e le onde fondamentali che compongono l'universo sono stati studiati nel passato e ancora oggi la ricerca nella fisica moderna si affida alla teoria delle stringhe, simili a corde vibranti in uno spazio che la fantasia fatica a definire.



Fig. 3 Feynman racconta la sua intuizione

L'indagine teorica sulla natura della materia ha sviluppato teorie spesso tra le più fantasiose. Secondo le intuizioni di Gabriele Veneziano 1968 si sviluppa la Teoria delle Stringhe che sarà approfondita nel 1970, da Yoichiro Nambu, Holger Bech Nielsen e Leonard Susskind. In sostanza la natura della materia atomica è costituita da particelle di stringhe, ovvero corde infinitesime che per le leggi della meccanica quantistica possono vibrare, e risuonare, come corde di

un violino cosmico: ad ogni vibrazione o nota corrisponde una particella, radice della creazione dell'Universo, generatrice di particelle di materia ... e non solo ... forse.
 Scherzando accennai questa teoria a dir poco astrusa al mio buon papà Mario insegnante di violino alla Scuola Internazionale di Cremona, mi sorrise, sembrava ... la conoscesse già

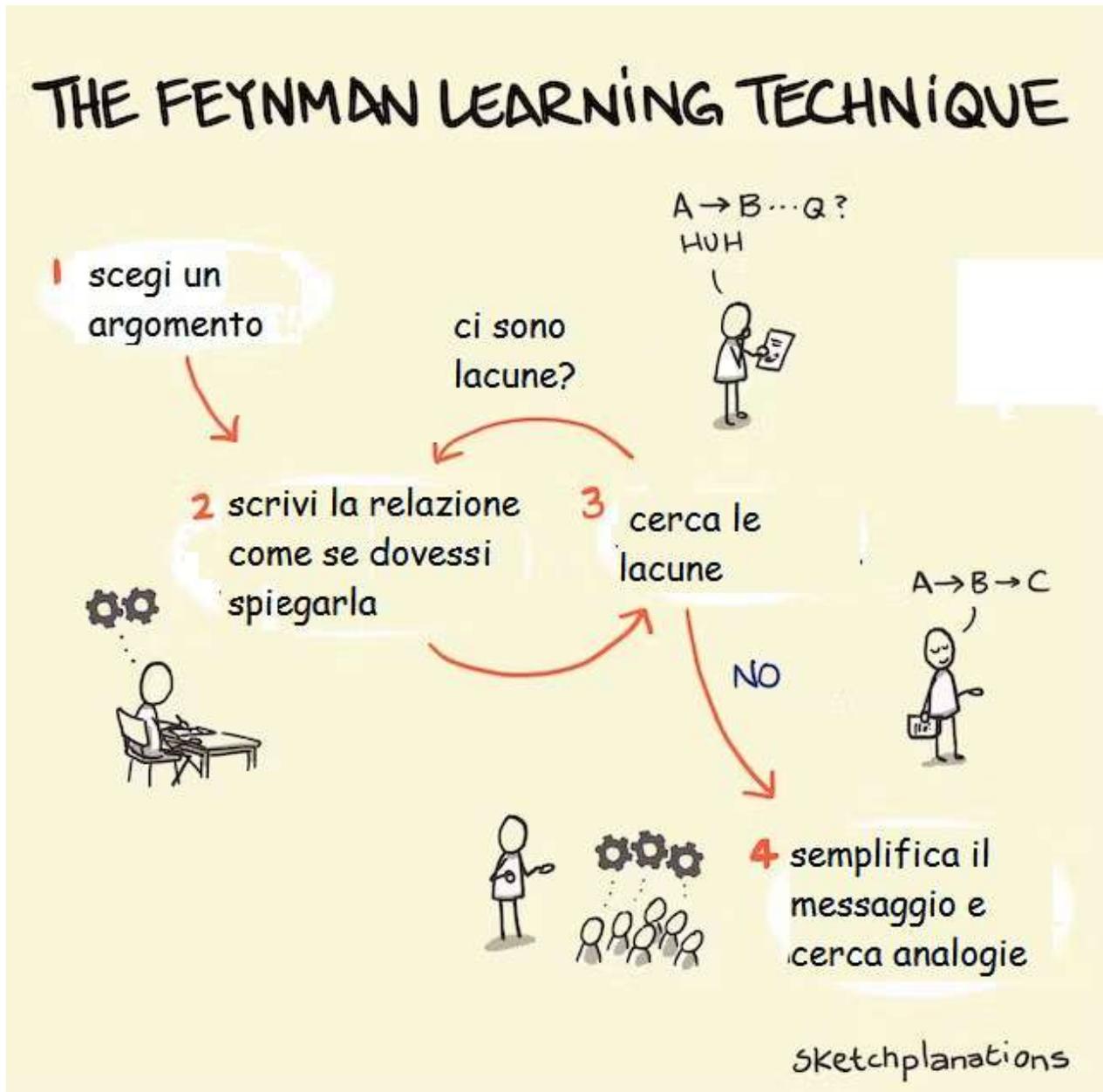
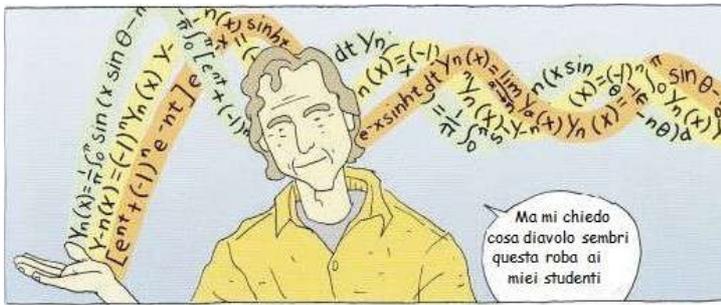


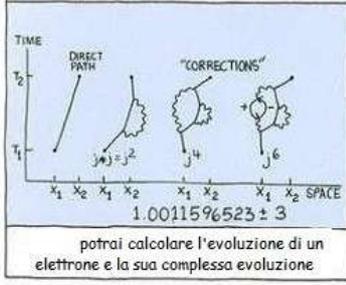
Fig. 4 Feynman insegna

Entanglement, ha in comune la realtà nella sua trasposizione musicale

L'entanglement è un fenomeno in cui le particelle s'intrecciano e diventano inseparabili in una diversa realtà. In musica, l'accordo ed accordatura degli strumenti, le loro sovrapposizioni danno il senso complessivo di un brano musicale che deriva dalla percezione complessa di più melodie che tra loro si accompagnano. Dunque le note, quali entità semantiche in accoro tra loro, assumono relazioni diverse in contesti diversi, come nella realtà quantistica.



Se tu hai la capacità di immaginare allora potrai vedere tutte le possibilità...

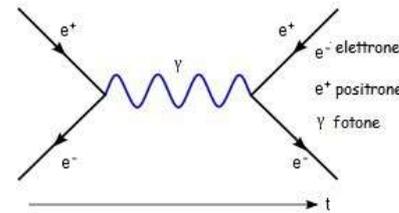


potrai calcolare l'evoluzione di un elettrone e la sua complessa evoluzione

accetta la natura così com'è, e tutto ciò di cui hai bisogno sono tre regole e...



Quale sarebbe la spiegazione migliore, quella che contiene più informazioni nel minor numero di parole



Feynman elabora sintesi di teorie complesse con diagrammi leggibili



In fisica teorica, la teoria quantistica dei campi (QFT) combina la teoria dei campi classica, la relatività ristretta e la meccanica quantistica. La rappresentazione grafica di particelle subatomiche facilita la sintesi di modelli e loro interazioni. I diagrammi di Feynman rappresentano visivamente le interazioni e perturbazioni tra particelle e la loro evoluzione nei rispettivi loro campi quantistici. In figura un esempio di un diagramma di Feynman che descrive un elettrone e un positrone che annichilano, emettendo un fotone e successivamente decadono in una nuova coppia di elettroni e positroni. Il tempo scorre da sinistra a destra, con evoluzione quantistica di elettroni e positroni.

Fig.5 Feynman comunica

L'equazione di Dirac semplificata è :

$$(\partial + m) \psi = 0$$

(si legge: delta più emme tra parentesi moltiplicato per psi è uguale a zero.)

In questa espressione matematica, la “∂” è la cosiddetta variabile di Feynman che descrive il comportamento e l'interazione delle particelle subatomiche, la “m” sta per la massa del sistema considerato, invece il simbolo “Ψ” (funzione d'onda) indica il moto degli elettroni nell'atomo all'interno degli orbitali atomici e per specificare ciascuna funzione d'onda sono necessari quattro numeri quantici: n, l, m, ms (principale, secondario, magnetico, e di spin)

La formula di partenza moto più articolata sarebbe questa:

$$(i\partial - m) \psi = 0$$

Dove la massa (m) ha il segno negativo, la derivata (∂) è rimodulata con una quantità immaginaria (i) e nota importante, **l'equazione ha senso solo per i sistemi microscopici.**

La complessità della formula del “quantum entanglement” è ben sintetizzata in :

Fermions and the Dirac Equation

In 1928 Dirac proposed the following form for the electron wave equation:

$$[i\gamma^\mu \partial_\mu - m \cdot 1] \Psi(r, t) = 0$$

↑ 4x4 matrix
 ↑ 4x4 unit matrix
 ↑ 4-row column matrix



Paul Adrien Maurice Dirac	
Born	Paul Adrien Maurice Dirac 8 August 1902 Solel, England
Died	20 October 1984 (aged 82) Tallahassee, Florida, USA
Nationality	United Kingdom (1926) United States (from 1963)

The four γ^μ matrices form a Lorentz 4-vector, with components, μ . That is, they transform like a 4-vector under Lorentz transformations between moving frames. Each γ^μ is a 4x4 matrix.

Fig.6 I fermioni di Dirac

L'equazione di Dirac ammette soluzioni a energia negativa. Dirac nel suo modello teorico presuppose l'esistenza di un mare infinito di particelle (mare di Dirac) che occupano stati a energia negativa, inaccessibili per via del principio di esclusione di Pauli.

Le intuizioni di Dirac aprirono la strada alla unificazione teorica tra meccanica quantistica in cui spazio e tempo sono asimmetrici nella teoria di Schrödinger e relatività ristretta in cui lo spazio temporale è simmetrico secondo Einstein. Solo Dirac, intuì la formula con la quale riuscì a trattare le particelle quantistiche (quindi anche gli elettroni) nel regime relativistico. Dirac discute la formula di Einstein e la rilegge

$$E = \pm mc^2$$

Fig.6a; E= '± mc2

Formula che verrebbe esclusa dalla fisica classica perché si dovrebbe ammettere il paradosso della massa negativa

Dirac ipotizza una caratteristica della materia immobile e ben nascosta, un vero e proprio **mare di** elettroni “normali”, dunque a carica negativa, ma con **energia negativa**. Un atomo come sappiamo è formato da elettroni con carica negativa ma energia positiva. La correzione della formula ideata da Dirac ammette una rivoluzionaria scoperta: l'esistenza del positrone **positrone** e dell'**antimateria**.

Difficile è l'interpretazione della formula in cui la funzione d'onda porta a considerare valori di energia o densità di probabilità anche negative o nulle. Il concetto è rappresentato con uno spinore (spinore elemento di uno spazio vettoriale complesso basato sui numeri che può essere associato allo spazio euclideo.e che si trasforma linearmente quando lo spazio euclideo è soggetto ad una

rotazione infinitesimale) visualizzato come un vettore che nella banda di Möbius (vedi figura)ha un'inversione di segno quando il cerchio (il "sistema fisico") si completa di 360°
 Per tentare di chiarire lo spinore: a causa della deformazione del tempo e dello spazio a velocità di rotazione elevate, uno spinore diventa negativo quando compie una rotazione di 360° e la particella non ritorna al suo stato originale finché non compie una rotazione di 720°.

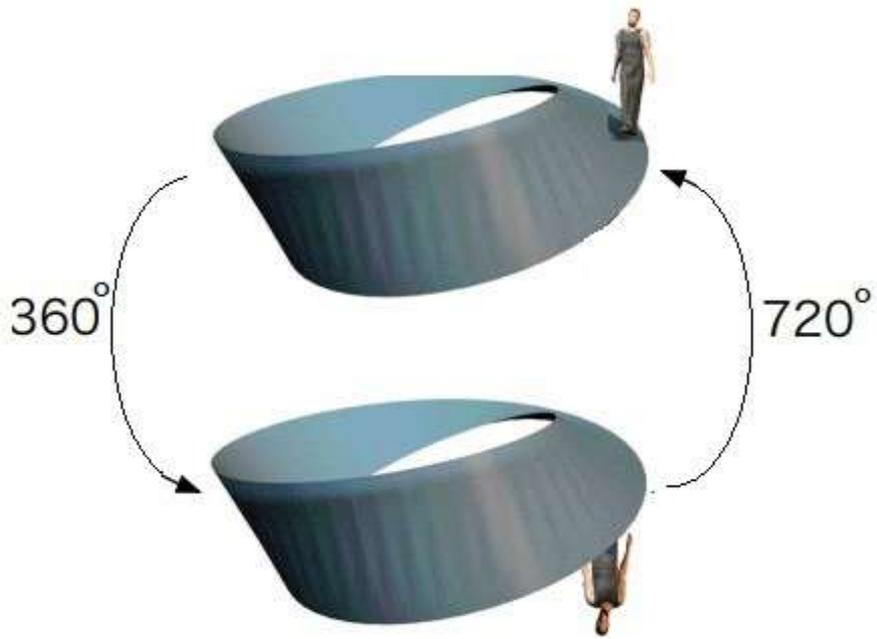


Fig.7 banda di Möbius

Una delusione forse per tanti affascinati dalla “equazione dell'amore” che nasce da una realtà che spesso vuole ricercare spiegazioni semplici pur nella loro affascinante straordinarietà .

« L'amore guardò il tempo e rise, perchè sapeva di non averne bisogno. Finse di morire per un giorno e di rifiorire alla sera, senza leggi da rispettare. Si addormentò in un angolo di cuore per un tempo che non esisteva. Fuggì senza allontanarsi e ritornò senza essere partito, il tempo moriva e lui restava (Pirandello)»

SOGNO D'AMORE (LISZT)



Fig. 8 Mario e i suoi paradossi – installazione voluta nella città di Caravaggio nel 2007 in occasione di una festa con i migliori progetti dei Licei Artistici della Lombardia

Mario amava i giochi di prestigio, lo invitai nella mia classe nell'ora di chimica e con lui parlammo di sogni, ascoltammo Vivaldi alla sua viola d'amore, parlò di vita e di come questa si sviluppa in un nastro di Möbius e superficie non orientabile ... io cercai esempi per chiarire il senso dello spinore. Colpito da tanto interesse dei ragazzi inciampai, finii sotto la cattedra e scoprii dopo tanti anni quale realtà si nasconde là sotto ...

