

Fisica Quantica

12 settembre 2009

Immaginiamo un giocatore con in mano una carta che, in base alle nostre osservazioni possa essere solo l'asso oppure il Re di cuori. Solo andandola a vedere potremo scoprire che carta è, ma, secondo Einstein, quella carta è sempre stata uguale, anche prima che noi la vedessimo.

Secondo la fisica quantica, invece, non è così. La carta in precedenza era in uno stato indefinito: 50% asso di cuori e 50% Re di cuori. Solo andandola a vedere è 'diventata', ad esempio, l'asso di cuori. Se si potesse riandare indietro e tornare a vederla, questa volta potrebbe essere il Re di cuori.

Secondo Einstein questi altro non erano che 'giochi di prestigio' quantistici inaccettabili che dimostravano solo quanto la fisica quantistica era incompleta e provvisoria.

Iniziò quindi a formulare paradossi che però Bohr riusciva ogni volta a spiegare, dimostrando la validità della meccanica quantistica.

Restava isolato solo il [paradosso EPR](#).

Negli anni '60 Bell propose un esperimento, eseguibile in laboratorio, che, se avesse dato i risultati sperati, avrebbe respinto l'obiezione di Einstein. L'esperimento fu realizzato diverse volte da vari ricercatori negli anni '70 dimostrando la validità del '*teorema di Bell*' e della meccanica quantistica con i suoi paradossi e la sua non-oggettività.

La scienza ufficiale però obiettò che gli esperimenti non erano stati condotti in maniera rigorosa (rinunciare ai propri dogmi è sempre difficile).

Furono quindi fatti esperimenti sempre più sofisticati, sino ad arrivare all'esperimento condotto da Aspect nel 1982, che viene considerato decisivo per la validità della meccanica quantica.

Nonostante le prove pratiche inconfutabili (non si tratta più di teoria, ma di misurazioni di laboratorio ripetibili a volontà), nel 1985, tre anni dopo l'esperimento di Aspect, l'86% degli '*scienziati*' sostenevano ancora le convinzioni di Einstein!!!

Negli anni '90 [Rantý e Tapster del Royal Signals and Radar Establishment](#) hanno fatto un esperimento che risulta molto simile al paradosso di ERP nella sua forma originaria.

In soldoni hanno fatto emettere da un laser un fotone (un quanto di luce) che viene poi diviso in due fotoni da un dispositivo chiamato 'convertitore verso le basse frequenze'. Per quanto si allontanino tra loro i due fotoni 'gemelli' resta tra loro una forte correlazione: una misura effettuata su uno di essi, altera l'altro, a qualsiasi distanza esso si trovi. ([Experimental violation of Bell's inequality based on phase and momentum](#))

Avviene cioè proprio quello che Einstein aveva definito assurdo e che, in realtà, si conosceva dalla notte dei tempi.

Oggi questi esperimenti, per certi versi 'incredibili', sono sconosciuti alla maggior parte dei profani e la maggior parte degli scienziati (i non fisici) continua allegramente a credere nella oggettività della realtà.

Per finire riporto tre pensieri del fisico delle particelle Heinz Pagels su cui puoi meditare:

“Prima della creazione c’era il vuoto più assoluto: non c’era lo spazio, né il tempo, né la materia, quindi un mondo senza posto, senza durata, senza numeri. Eppure questo vuoto così incomprensibile per noi, si trasforma nel pieno dell’esistenza come conseguenza necessaria delle leggi fisiche.

Dove sono scritte queste leggi fisiche in quel vuoto? Cos’è che dice al vuoto che può partorire un possibile universo?

Sembrerebbe che anche il vuoto sia soggetto alla legge, ad una logica che preesiste allo spazio e al tempo”.

"La vecchia idea che il mondo esista effettivamente in uno stato definito non è più sostenibile. La teoria quantistica svela un messaggio interamente nuovo: la realtà è in parte creata dall’osservatore".

Ed inoltre:

"La situazione si presenta paradossale al nostro intuito, perché stiamo cercando di applicare al mondo reale un’idea dell’oggettività che sta solo nelle nostre teste, una fantasia".

1 Delle varie teorie sull'inizio dell'Universo, ne cito due:

il Big Bang che però non può spiegare cosa avvenne nell'attimo 'zero', nè tanto meno prima. Nell'attimo zero, infatti, l'Universo sarebbe ridotto ad un punto di singolarità, dove non esiste lo spazio, non esiste il tempo, non esiste l'energia e non esiste la materia e dove non esistono le leggi della fisica. In base a tale teoria subito dopo l'attimo 'zero' l'Universo cominciò ad espandersi fino a divenire quello che vediamo. Potrebbe poi collassare nuovamente su se stesso e tornare allo stadio iniziale.

Un evento dunque che diede inizio alla scala del tempo e dello spazio, su cui ora inesorabilmente l'universo si muove. Di conseguenza in origine tutto doveva essere concentrato in un minuscolo punto, dalla densità e gravità infinite, dove il tempo e lo spazio erano appunto pari a zero e la temperatura dell'ordine di miliardi di miliardi di gradi. Cosa ci fosse prima rimane per ora un mistero, visto che nemmeno gli scienziati avanzano ipotesi, ritenendo i momenti anteriori a tale istante come inconoscibili ed inspiegabili da qualsiasi teoria.

Il Big Bang tutto sommato è in sintonia con Sant'Agostino, visto che il tempo nasce con l'Universo mentre prima vi era l'Eterno, vale a dire Dio.

La teoria dell'Universo Stazionario. L'Universo in altre parole esiste da sempre e sempre esisterà mantenendo una stabilità costante. Dal momento che si espande, si deve accettare che si possa creare di continuo della materia dal nulla. E così ci risiamo.

Ti riporto la descrizione che ne danno i Veda, che è quella che mi piace di più (Rig Veda X.129):

In quel momento non vi era né l'esistente, né il non-esistente.
Non vi era aria, né il cielo che è al di là.
Che cosa conteneva? Dove? Chi proteggeva?
C'era l'acqua, insondabile, profonda?

In quel momento non vi era né la morte né l'immortalità.
Non vi era segno della notte, né nel giorno.
L'Uno respirava, senza respiro, con il suo stesso potere.
Oltre a Quello non vi era nient'altro.

1 Delle varie teorie sull'inizio dell'Universo, ne cito due:

In principio vi era oscurità nascosta da oscurità;
indistinguibile, tutto questo era acqua.
Ciò che era nascosto dal vuoto, l'Uno, venendo in essere,
sorse attraverso il potere dell'ardore.

In principio il desiderio venne prima di tutto,
che fu il primo seme della mente.
I saggi che cercavano nei loro cuori con saggezza
scoprirono il legame dell'esistente con il non-esistente.

La loro corda fu estesa attraverso:
che cosa c'era al di sotto e che cosa c'era al di sopra?
C'erano portatori di semi, c'erano poteri;
vi era energia al di sotto, e impulso al di sopra.

Chi lo sa veramente? Chi può qui dichiarare
da dove è stata prodotta, da dove viene la creazione?
Dalla creazione di questo universo gli Dei vennero successivamente:
chi allora sa da dove ciò è sorto?

Da dove questa creazione sia sorta,
se Lui l'ha fondata oppure no:
Lui che la sorveglia nel più alto dei cieli,
Lui solo lo sa, o forse non lo sa.“

2 La rivoluzione della fisica quantica porta in sè conseguenze inimmaginabili.

David Bohm, fisico quantistico, collaboratore di Einstein e discepolo di Krishnamurti ha dato una sua spiegazione all'esperimento di Aspect.

Se ti ricordi Aspect nell'esperimento più importante del XX secolo mostrò come gli elettroni siano in grado di comunicare tra loro istantaneamente. Come se ogni singola particella dell'Universo sapesse esattamente cosa stanno facendo tutte le altre.

Ciò può essere spiegato solo in due modi:

o la teoria di Einstein che esclude velocità superiori a quella della luce è sbagliata;
oppure le particelle sono connesse non-localmente.

David Bohm, dell'Università di Londra, partendo da questo esperimento, sosteneva che le scoperte di Aspect implicavano che la realtà non esiste. Nonostante la sua apparente solidità, l'Universo in realtà non sarebbe altro che un gigantesco ologramma.

(L'ologramma è una fotografia tridimensionale ottenuta con l'uso di due raggi laser. Una volta sviluppata mostra solo una rete di linee, ma se viene proiettata da un raggio laser, ricrea l'oggetto che era stato fotografato. Altra caratteristica è che tagliandola in due, ogni parte contiene tutte le informazioni relative all'immagine. E ciò resta vero anche continuando a dividerla.).

Bohm spiega il fatto che le due particelle restano in contatto nonostante la distanza che le separano perchè in realtà la loro separazione è soltanto un'illusione. Spiega questa affermazione con il famoso esempio dell'acquario.

Immagina un acquario contenente un pesce. pensa che l'acquario non sia visibile direttamente, ma solo attraverso due telecamere che lo riprendono, una posizionata frontalmente ed una lateralmente. Guardando i due monitor avrai la netta sensazione di vedere due pesci distinti, ma noterai anche che tra loro vi è uno strano legame: ad ogni movimento di uno, corrisponde un analogo movimento dell'altro. E il tutto avviene istantaneamente.

Trasportando il tutto al nostro Universo, secondo Bohm vi è un livello di realtà di cui noi non siamo assolutamente consapevoli. Si tratta di una dimensione che oltrepassa la nostra e di cui noi vediamo solo delle proiezioni. E poichè ogni cosa nella nostra realtà

2 La rivoluzione della fisica quantica porta in sè conseguenze inimmaginabili.

fisica è costituita da queste proiezioni (o se preferisci immagini) è evidente che l'Universo stesso è una proiezione (o se preferisci un ologramma).

In un tale universo tutto è connesso. Gli elettroni degli atomi del tuo cervello sono connessi a quelli d una trota che nuota nel fiume, ad ogni cuore che batte e ad ogni stella nel cielo.

In un tale Universo il tempo e lo spazio non sono più fondamentali.

Lo stesso cervello è un ologramma.

Karl Pribram, medico neurochirurgo austriaco e professore di psichiatria e psicologia in varie università americane, tra cui la Stanford University e la Georgetown University, si è convinto della natura oleografica della realtà.

Numerosi studi da lui condotti sui topi negli anni 20 trovano una spiegazione dalla teoria di Bohm. Come pure la trovano studi più recenti di altri ricercatori.

3 Consideriamo un esperimento ancora più incredibile di quello di Aspect.

Proviamo a pensare di porre una lastra con due fenditure (due buchi rettangolari) davanti e ad una certa distanza di un muro.

Posizioniamoci ora con una mitragliatrice davanti alla lastra e spariamo in tutte le direzioni verso il muro.

A condizione che la lastra sia abbastanza spessa, è evidente che sul muro arriveranno solo i proiettili che sono passati attraverso le due fenditure. Avrò quindi sul muro una proiezione delle due fenditure creata dall'impatto dei proiettili, mentre il resto del muro non avrà segni.

Al posto dei proiettili (particelle) utilizziamo adesso delle onde (ad esempio onde sonore). In questo caso le onde colpiranno il bersaglio non solo in corrispondenza del muro, ma anche in altre parti. Si avrà la tipica figura di interferenza. Ciò è dovuto al fenomeno ondulatorio che permette alle onde di colpire regioni che sarebbero irraggiungibili dai proiettili. Tappando una delle due fenditure, l'interferenza non può più aver luogo e la parte di muro colpita ritorna simile alla fenditura.

Fin qui è tutto chiaro, Siamo nell'ambito della fisica classica.

Passiamo ora alla fisica quantica. Ripetiamo lo stesso esperimento, ma su scala molto più piccola.

Usiamo un emettitore che emette elettroni, ossia particelle e non onde. Secondo la nostra precedente esperienza dovremmo ottenere due zone ben distinte rettangolari in corrispondenza delle fenditure.

Ma non è così. Otteniamo la figura di interferenza tipica delle onde. Eppure stiamo usando particelle!

Rallentiamo allora il processo sparando un elettrone alla volta. Il secondo parte quando il primo ha raggiunto il muro. Il risultato non cambia. Più alto il numero di elettroni lanciati è più evidente è la forma di interferenza nel muro- Ovvie le due domande:

1. come è possibile che il singolo elettrone si comporti come un'onda e faccia interferenza con se stesso?
2. E da quale dei due fori passa il singolo elettrone?

3 Consideriamo un esperimento ancora più incredibile di quello di Aspect.

Per fare interferenza infatti deve essere un'onda e passare per entrambi i fori cosa che sembra impossibile per una singola particella. Questo è vero per la fisica classica, ma non dimentichiamoci che stiamo parlando di fisica quantica.

In realtà l'elettrone finché non viene rivelato sul bersaglio, non si trova mai su di un punto preciso dello spazio, ma esiste in uno stato potenziale astratto descritto da una funzione d'onda che si propaga, appunto, come un'onda e non come una particella.

Brogie e Schrödinger cercarono di descrivere tutto il mondo quantistico in termini di onde, abolendo il concetto di particella.

Bohr e altri obiettarono che però all'atto della rivelazione l'elettrone si comporta come una particella e non un'onda (la funzione d'onda collassa in un punto).

A questo punto occorre smascherare l'elettrone. Il realismo di Einstein ci dice infatti che deve passare o da un foro oppure dall'altro.

Furono fatti diversi esperimenti, ma le misurazioni venivano considerate troppo invasive.

Arriviamo così all'**esperimento di Wheeler**, noto come esperimento a scelta ritardata.

Abbiamo sempre l'emettitore (di fotoni, questa volta), la maschera e il muro. Wheeler propone di lasciare che il fotone passi attraverso entrambi i fori come un'onda. A questo punto, dopo che il fronte d'onda ha superato la maschera, inseriamo un rivelatore abbastanza lontano dal foro, in modo da essere sicuri che tutto il fronte d'onda abbia attraversato la maschera. La scelta di osservare il fotone avviene così dopo che esso è transitato dal foro. Da qui il termine 'scelta ritardata'.

L'esperimento fu realizzato da alcuni scienziati dell'Università del Maryland. Ebbene inserendo il rivelatore dopo che l'onda è transitata dalla maschera, il fotone viene rivelato come particella e perciò l'interferenza non si crea. Ma allora che fine a fatto la parte dell'onda già transitata dal secondo foro?!

Scompare nel nulla, poiché il fotone viene rivelato come particella vicino al primo foro. Ma l'onda era già transitata e se non si inserisce il rivelatore si avrebbe l'interferenza. Cosa succede?

In realtà stiamo cercando di crearci un'immagine oggettiva di ciò che è accaduto, ma un'immagine oggettiva non è adeguata.

Non ha senso dire che *'l'onda è già passata'*, perché solo all'istante della misura possiamo dire che qualcosa è avvenuto. Prima il fotone è in uno stato di potenzialità, di non-oggettività. o, se preferite, in uno stato di non-realtà.

La cosa che appare incredibile è che ciò che il fotone ha deciso di fare sulla maschera, passare da un foro o dall'altro, dipende da una scelta fatta dopo che è passato!

Come dice Wheeler, la scelta di far passare il fotone da un solo foro o da entrambi è ritardata, cioè avviene dopo il passaggio della maschera!

L'unica spiegazione plausibile è che ciò che è successo prima della misura non è definito.

Da qui la celebre frase di Wheeler:

3 Consideriamo un esperimento ancora più incredibile di quello di Aspect.

“Strumenti di registrazione che operano qui ed ora hanno un ruolo innegabile nel generare ciò che è accaduto [...]. La Fisica Quantistica dimostra che ciò che l’osservatore farà in futuro definisce ciò che accade nel passato. [...] E’ sbagliato pensare al passato come già esistente in ogni dettaglio, Il passato è teoria. Il passato non ha esistenza tranne che per l’essere registrato nel presente [...] Ciò che abbiamo il diritto di dire circa lo spazio-tempo passato, e circa gli eventi passati, è deciso da scelte – di quali misure effettuare – compiute nel passato recente e nel presente. I fenomeni resi esistenti da queste decisioni si estendono all’indietro nel tempo nelle loro conseguenze [...]. Strumenti di registrazione che operano qui ed ora hanno un ruolo innegabile nel generare ciò che appare essere accaduto. Per quanto utile possa essere nella vita di ogni giorno il dire “il mondo esiste là fuori indipendentemente da noi”, questo punto di vista non può più essere mantenuto. C’è uno strano senso in cui il nostro è un universo partecipato ...”

Wheeler suggerisce un esperimento analogo nello spazio. Per la precisione con la luce dei quasar, oggetti stellari lontani da noi miliardi di anni luce. Se nel percorso la sua luce incontra una galassia di grande massa, che in base alla relatività generale di Einstein può funzionare da "lente gravitazionale", il fascio di luce si divide in due fasci che aggirano la galassia da due parti opposte (infatti noi dalla Terra otteniamo delle immagini sdoppiate di alcuni quasar).

Immaginiamo che il quasar si trovi a dieci miliardi di anni luce di distanza e la galassia-lente a otto miliardi. Se noi sulla Terra vogliamo osservare il quasar, possiamo scegliere di far produrre interferenza ai due fasci, oppure di rivelare i singoli fotoni di ciascun fascio. Il concetto è identico a quello dell’esperimento precedente.

Proviamo a chiederci se otto miliardi di anni fa il singolo fotone è passato da entrambi i lati rispetto alla lontana galassia (come un’onda) oppure da un lato solo (come una particella). Ebbene, se continuiamo a mantenere una concezione oggettiva dell’universo, la risposta dipende da come decidiamo di osservarlo noi oggi!

Se oggi noi scegliamo di rivelare la figura di interferenza, allora otto miliardi di anni fa il fotone ha deciso di percorrere entrambi i cammini. Viceversa, se noi scegliamo di vedere il singolo fotone su un singolo cammino, allora otto miliardi di anni fa il fotone ha scelto di comportarsi come una particella!

Nel momento in cui noi cambiamo idea e lo osserviamo in un modo invece che nell’altro, il fotone che sta arrivando è già preparato alla nostra scelta!

In pratica, come dice in un articolo [J.Horgan](#) (Le Scienze n.289), "i fotoni devono aver avuto una sorta di premonizione, per sapere come comportarsi in modo da soddisfare una scelta che sarebbe stata fatta da esseri non ancora nati su un pianeta ancora inesistente"!

Ciò che risolve il paradosso è che l’universo non si trova in uno stato pienamente oggettivo, ma le sue caratteristiche fisiche sono in parte determinate dall’osservatore cosciente (anche se solo a livelli quantistici si riesce a rivelare chiaramente tale piccola influenza).

([Dr Quantum e L’Esperimento delle 2 Fessure](#))

4 La fisica quantica è ben diversa da un'utopia.

Guardati intorno. I tuoi apparecchi elettrodomestici, la tua radio, il lettore CD o mp3, tutta l'elettronica di intrattenimento e non ultimo il tuo computer, il laser, i moderni apparecchi usati in medicina, tutta l'elettronica dei semiconduttori, le nano-tecnologie, la microelettronica e molto altro ancora sono i prodotti dell'applicazione pratica dei principi fisici del mondo dei quanti. Ma tutto ciò non rappresenta ancora tutto quello che discende dalla fisica quantica. Ne vedremo ancora delle belle: dal computer quantico alla crittografia quantica (sta già entrando nelle carte di credito), e molto altro ancora.

Se l'industria avesse dato retta alla scienza ufficiale, ai vari Cicap e Piero Angela, oggi vivresti in un mondo profondamente diverso. Ringraziando il cielo, sono riusciti solo a ritardare lo sviluppo (di quasi un secolo), ma non a fermarlo.

La fisica quantica nasce essenzialmente, come quasi tutto nella scienza, da misurazioni ed esperimenti a cui poi si cerca di dare una spiegazione formulando teorie.

Dall'esperimento di Aspect sono nate diverse teorie. Da quella oleografica già accennata, a quella dei multi mondi, del Multiverso, delle Stringhe (di cui ne parleremo un'altra volta), ad altre ancora.

Nessuna delle attuali teorie è stata accettata dalla totalità dei fisici.

In quanto al teletrasporto, posso dirti che sia il viaggio nel tempo (anche a ritroso), sia il teletrasporto sono teoricamente possibili.

Quest'ultimo in particolare è stato effettuato in laboratorio diverse volte. L'esperimento che forse risulta più avanzato di tutti è stato fatto in Europa nel 2006.

Ecco il link che ne parla:

[Teletrasporto quantistico tra luce e materia](#)

con la sua pubblicazione su Nature:

[Quantum teleportation between light and matter](#)

Ma su cosa si basa il teletrasporto?

Sugli stati entangled (quelli dell'esperimento di Aspect). Quel fenomeno, per intenderci, per cui se l'eccitazione di un atomo di calcio produce due fotoni correlati che si allontanano, se io ne devo uno, anche l'altro cambia direzione.

4 La fisica quantica è ben diversa da un'utopia.

Alla base del teletrasporto vi è quindi il non-localismo manifestato dai sistemi di particelle in stato entangled. Alla fine degli anni '90 si era riusciti ad ottenere il teletrasporto dello stato di polarizzazione di due fotoni correlati, oggi è possibile il teletrasporto di materia.

Se il mondo scientifico non avesse soffocato per circa un secolo la ricerca, ritenendola fantascientifica e paranormale, oggi saremmo molto, ma molto più avanti.

Come ultimo, ti cito l'articolo dei Panorama (gennaio 2009) [Il teletrasporto di dati è già \(quasi\) realtà.](#)

5 L'elettrone semplicemente non esiste.

Esiste una funzione d'onda che descrive dove potrebbe materializzarsi. Ma finché non lo misuri, l'elettrone è soltanto una probabilità.

Detto in soldoni ritorniamo a dire che non esiste la realtà oggettiva.

"Le grandi rivoluzioni della scienza sono spesso seguite da sconvolgimenti in campo filosofico e sociale.

Le tesi di Copernico, ad esempio, il quale sostenne che la Terra non occupava il centro dell'universo, innescarono un processo di sgretolamento di dogmi religiosi e filosofici che cambiarono profondamente la società europea degli inizi del Rinascimento.

La teoria evuzionistica di Darwin (secoli dopo), con la distruzione della credenza in uno stato biologico speciale degli esseri umani, produsse effetti simili.

Le teorie di Einstein infine, con l'affermazione che "tutto è relativo", diedero una spallata definitiva ad un certo modo, "assolutistico", di intendere la scienza e la vita.

Con questi presupposti, desta notevole stupore che la più grande rivoluzione scientifica di tutti i tempi sia passata per lo più inosservata agli occhi del grosso pubblico.

E questo non già perché le sue implicazioni abbiano scarso interesse, ma perché queste implicazioni sono talmente sconvolgenti da risultare quasi incredibili persino per gli stessi scienziati che le concepirono.

La rivoluzione di cui si sta parlando si è consumata, nella sua fase più "cruenta", durante i primi trenta anni del ventesimo secolo ed è conosciuta col nome di Teoria Quantistica o Meccanica Quantistica.

Nata come tentativo di spiegare la fisica delle particelle elementari, la Teoria Quantistica in seguito crebbe sino ad incorporare gran parte della microfisica e parte della macrofisica.

Oggi fra alterne vicende può dirsi (nella sua versione ortodossa) universalmente accettata.

Sebbene attualmente nessuno dubiti della sua efficacia pratica ci sono ancora ampie schiere di studiosi che ne mettono in discussione le conseguenze, specie quando queste conseguenze vengono estese alla natura della realtà. (Tiziano Cantalupi - [La teoria quantistica: una rivoluzione scientifica e filosofica passata sotto silenzio](#))"

6 La teoria di Bohm, quando fu formulata, venne presa in scarsissima considerazione per due motivi:

1) Bohm era considerato comunista, o quanto meno di sinistra e i suoi scritti ben difficilmente trovavano pubblicazione nelle riviste americane (era l'epoca di Mc Carthy).

1) era inoltre, filosoficamente parlando, vicino alle filosofie indiane. Era amico di Krishnamurti.

Oggi, che io sappia, la teoria di Copenaghen, nonostante sia stata smentita in laboratorio (negli anni '90 il gruppo di Chiao, dell'Università di Berkeley, ha dimostrato che il "collasso della funzione d'onda" può essere reversibile, e non è sempre irreversibile come credevano gli scienziati di Copenaghen. Questo confuta definitivamente la scappatoia basata sui fenomeni termodinamici irreversibili, e ripropone in tutta la loro stranezza e stravaganza i paradossi quantistici.), è tra le più seguite dagli scienziati. Tra i fisici quantici sta riprendendo vigore la teoria di Bohm ed è molto seguita quella delle stringhe nella speranza, con quest'ultima, di arrivare ad una teoria unificata.

La teoria di Karl Pribram ha numerosi seguaci ed è stata confermata da molte ricerche.

7 Le teorie dei mille mondi

Con teorie dei mille mondi intendo quelle teorie che descrivono la realtà come un insieme (a volte infinito) di universi paralleli. tali Universi non sono affiancati l'uno all'altro, ma si compenetrano, anche se non è possibile interagire tra loro.

Si parte sempre dal gatto di Schrödinger, o se preferite dall'esperimento di Wheeler (3).

Per rimettere le cose a posto, Hugh Everett III propose un'interpretazione a molti mondi (The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics, abbreviata in MWI). Secondo tale teoria nel momento stesso che si effettua la misura, vi sarà uno sdoppiamento dell'universo: nel primo il misuratore vedrà (nel caso dell'esperimento di Wheeler [3]) una particella, nel secondo universo, lo stesso sperimentatore (duplicato) vedrà un'onda. Ad ogni azione, quindi, l'universo si sdoppia. La teoria MWI ha un parametro di tempo condiviso, come pure le stesse leggi fisiche e costanti fondamentali. I vari universi non sono comunicanti (esistono varianti che invece ammettono l'intercomunicabilità).

La teoria delle stringhe, o delle corde, ipotizza che materia, energia, spazio e tempo non siano altro che manifestazioni di entità fisiche sottostanti. Per l'appunto le cosiddette stringhe. La speranza (che fa sì che molti scienziati amino questa teoria) è che possa diventare una teoria universale, o *'del tutto'*.

Per tale teoria le dimensioni dell'Universo non sono quattro (tre assi spaziali ed uno temporale) come siamo abituati, ma 26. Dalla teoria matematica che ne è alla base, si deduce inoltre che i possibili universi sono dieci elevato alla cinquecento, vale a dire un numero inimmaginabile.

Queste teorie si dividono poi in una miriade di variazioni.

8 Etere - Esperimento di Michelson-Morley

Michelson col suo esperimento voleva vedere se la luce aveva velocità diverse a seconda della direzione.

Si pensava infatti che il vuoto fosse riempito dall'etere e che questo viaggiasse a circa 30 km/h nel senso opposto al movimento della terra.

Il suo esperimento quindi mirava a confermare l'esistenza dell'etere.

Il fatto che non rilevò alcuna diversità nella velocità della luce nelle varie direzioni lo portò a dire che l'etere non c'era.

Il fatto di non aver evidenziato alcuna differenza di velocità ha due possibili ragioni:

il braccio dell'interferometro nella direzione del moto dell'etere si accorcia

a velocità della luce è la medesima in tutte le direzioni

Einstein prese per buona la seconda ragione e vi costruì sopra la sua teoria ([Esperimento di Michelson-Morley](#)).

In realtà esistono le contrazioni secondo la legge di Fitzgerald-Lorentz.

In altre parole un oggetto che viaggia in una direzione presenta una contrazione nella direzione ortogonale al moto (si schiaccia). Tale contrazione è trascurabile a velocità basse e diventa molto forte a velocità prossime a quella della luce.

Per la Terra che si muove a circa 30 km/s, la contrazione risulta essere circa di una parte su 200.000.000, che si traduce in circa 6 cm sul diametro della Terra. Questo piccolo cambiamento dà ragione del risultato negativo dell'esperimento di Michelson e Morley, causando che la sorgente della luce e lo specchio fossero più vicini quando questi erano disposti lungo la direzione del moto della Terra ([Contrazione delle lunghezze](#)).

9 Il vuoto è pieno ed il pieno è vuoto

Questa frase, che può sembrare falsa e provocatoria, in realtà oltre ad essere scientificamente provata, ha anche una grande importanza per noi.

Se chiediamo a qualcuno di indicarci un oggetto molto denso, di materia concentrata, ci sono buone probabilità che costui ci dica una sfera d'acciaio. Chiedendogli di indicare qualcosa di molto poco denso, privo di materia, ci risponderebbe probabilmente il vuoto.

Oggi sappiamo che tali risposte, che nella nostra logica saremmo forse pronti a sottoscrivere, sono non solo sbagliate, ma addirittura invertite.

Vediamo perchè.

La materia, come sappiamo, è composta di molecole che a loro volta consistono di atomi. Gli atomi sono composti da un nucleo circondato da un certo numero di elettroni. Tra un componente e l'altro, il vuoto.

Quanto vuoto? Praticamente tutto.

Pensiamo alla terra. Se fosse d'acciaio sarebbe una sfera di 12.800 chilometri di diametro. Ma se potessimo guardarci dentro con un microscopio vedremmo essenzialmente il vuoto con qualche putino bianco, come in un cielo notturno stellato. Se provassimo a raggruppare tutti questi puntini, o in altre parole se eliminassimo il vuoto, otterremo una sfera di diametro di 40 metri (diecimilamiliardi più piccola).

Guardiamo ora il vuoto.

Secondo la concezione normale è l'equivalente del nulla, cioè un recipiente senza nulla dentro.

Per la fisica quantica invece il nulla non esiste, perchè nel vuoto (che per i fisici è il nulla) si generano incessantemente ogni sorta di particelle, e quindi di materia, che altrettanto rapidamente viene riassorbita dal vuoto stesso in frazioni di tempo inimmaginabilmente piccole. E tutto ciò controllato dal principio di Heisenberg, pilastro fondamentale della fisica quantica. Questo principio salva la legge fondamentale della natura che dice che "*nulla si crea e nulla si distrugge*".

Il vuoto quindi è una continua fluttuazione, cioè di creazione di materia che però può rimanere tale solo se è possibile risarcire alla natura il debito di energia necessario per produrla.

Questa non è una teoria dal momento che tali effetti fisici sono alla base di gran parte della tecnologia che usiamo ogni giorno. I microprocessori ed i compact disc dei nostri computer, oppure l'energia elettrica prodotta dalle centrali nucleari, derivano dalle conoscenze acquisite dalle misurazioni di questi fenomeni detti 'virtuali'.

Quindi per quanto incredibile possa sembrare, il vuoto è incredibilmente pieno.

Questo 'pieno' potrebbe sembrare come qualcosa di illusorio, inconsistente, quasi un gioco di prestigio.

Nel 1973 ad un congresso di cosmologia, il fisico americano Tyron propose che l'universo fosse nato da una '*fluttuazione quantistica del vuoto*', ovvero una creazione di materia causata dalla fluttuazione del vuoto preesistente e permessa dalle leggi della fisica quantica.

Questo è possibile perchè la materia creata dal vuoto e che dovrebbe avere tempi di vita ristrettissimi rappresenta un'energia positiva. però al crescere della materia cresce anche l'energia gravitazionale tra le varie parti della materia creata. In tal modo il bilancio energetico può essere nullo.

Ma quanta materia sarebbe necessaria per avere energia totale nulla?

La risposta è: proprio la massa dell'universo.

massa è necessaria per avere una energia totale nulla? La risposta è: proprio la massa dell'universo.

Quindi secondo le nostre attuali conoscenze noi, la Terra, il Sole, le Galassie, ecc... , insomma tutto potrebbe non essere altro che una fluttuazione del vuoto regolata dalle leggi della Fisica Quantistica. Concluderei questa riflessione con le parole del fisico Pagels: "Prima della creazione c'era il vuoto più assoluto: non c'era lo spazio, né il tempo, né la materia, quindi un mondo senza posto, senza durata, senza numeri. Eppure questo vuoto così incomprensibile per noi, si trasforma nel pieno dell'esistenza come conseguenza necessaria delle leggi fisiche.

Dove sono scritte queste leggi fisiche in quel vuoto? Cos'è che dice al vuoto che può partorire un possibile universo? Sembrerebbe che anche il vuoto sia soggetto alla legge, ad una logica che preesiste allo spazio e al tempo".

Questo fu il modello prototipo di molti altri studi sulla nascita dell'universo legati alla Fisica Quantistica, che giorno dopo giorno vengono vagliati e discriminati sulla base di sperimentazioni indirette da migliaia di fisici di tutto il mondo. La loro assoluta verità rimarrà probabilmente indimostrabile da noi che siamo parte stessa di ciò che cerchiamo di spiegare.

Einstein

Del resto, nel libro "*Äther und Relativitäts - Theorie and Geometrie und Erfahrung*" pubblicato nel 1920, e quindi DOPO la stesura della teoria della relatività generale, Einstein afferma:

- Pagina 16:
“ [...] d'altro canto c'è un importante argomento che deve essere addotto in favore della teoria dell'etere. Rifiutare l'etere è assumere in definitiva che lo spazio vuoto non ha qualità fisica alcuna. Gli argomenti basilari della meccanica quantistica non si accordano con questa veduta.”
- Pagina 23:
“Ricapitolando, possiamo dire che, in accordo con la teoria generale della relatività, lo spazio è dotato di qualità fisiche; in questo senso, quindi, deve esistere un etere. In accordo con la teoria della relatività generale, lo spazio senza etere è impensabile, poiché in uno spazio di questo genere non solo non ci sarebbe nessuna propagazione della luce, ma non ci sarebbe nemmeno la possibilità dell'esistenza per le misure dello spazio e del tempo (barra di misurazione e orologi), né quindi intervalli spazio-tempo in senso fisico.”

Il libro è stato tradotto in inglese nel 1922 da G. B. Jeffery and W. Perret, Methuen & Co. London con il titolo “Sidelights on Relativity” e ripubblicato in versione integrale e inalterato da Dover, New York, nel 1983.

Dal seguente link è possibile scaricare invece la traduzione inglese.

[Sidelights on Relativity](#)

(N.B. il testo di questa versione è stato compattato e pertanto le pagine cui è fatto riferimento (16 e 23) corrispondono a pagina 11 e 14 rispettivamente).

10 Il vuoto (quantico)

La Teoria quantistica dei campi ci rivela che neanche un vuoto ideale, con una pressione misurata di zero Pa, è veramente vuoto. Un motivo è che le pareti della camera a vuoto emettono luce in forma di radiazione del corpo nero: luce visibile se sono alla temperatura di migliaia di gradi, luce infrarossa se più fredde. Questa "zuppa" di fotoni sarà in equilibrio termodinamico con le pareti, e si può dire di conseguenza che il vuoto ha una particolare temperatura. Ancor più importante, nel vuoto sono presenti fluttuazioni quanto-meccaniche, che lo rendono un ribollire di coppie di particelle virtuali; queste, protette dal principio di indeterminazione di Heisenberg, nascono e si annichiliscono in continuazione. Questo fenomeno quantistico potrebbe essere responsabile del valore osservato della costante cosmologica.

Secondo il principio di indeterminazione di Heisenberg, energia e tempo, al pari di altre due grandezze come posizione e velocità, non possono essere misurate con un'accuratezza infinita.

Se lo spazio vuoto non avesse alcuna forma di energia, generata da forze o meglio da campi di alcun tipo, né gravitazionale né elettromagnetica, per una particella che si trovasse nello spazio vuoto sarebbe possibile determinare una velocità e una energia entrambe nulle, con un errore pari a zero, in violazione del principio, che porta a ipotizzare l'esistenza di fluttuazioni quantistiche nello spazio vuoto, che generano una quantità minima di indeterminazione.

Il vuoto viene interpretato dalla meccanica quantistica con il consueto binomio onda-particella. Il vuoto è pensato come un equilibrio dinamico di particelle di materia e di antimateria in continuo annichilimento.

Come per le onde in genere, sia longitudinali che trasversali, per spiegare alcuni fenomeni fisici è necessario ipotizzare una natura ondulatoria, per altri, che esista una massa.

Le particelle nel vuoto vibrano a qualsiasi lunghezza d'onda in uno spazio infinitamente esteso; in uno spazio limitato, ad esempio se si introducono due pareti, vibrano però solo a lunghezza d'onda che sono multipli e sottomultipli interi della distanza fra le pareti. In questo caso all'esterno esiste, quindi, una maggiore energia e si può misurare una forza-pressione che tende ad avvicinare le pareti (l'effetto Casimir).

Le particelle sono dette virtuali perché normalmente non producono effetti fisici; in uno spazio limitato, tuttavia, vi sono delle grandezze misurabili ([Il vuoto quantico](#)).

11 Collasso d'onda

In meccanica quantistica la sovrapposizione di stati è definita da più funzioni d'onda, che a loro volta vanno a costituire un determinato stato quantistico. Tali funzioni d'onda (nient'altro che soluzioni dell'equazione di Schrödinger), rappresentano in definitiva delle ampiezze di probabilità.

Nel momento in cui viene a mancare la possibilità di interferenza tra le varie componenti di determinate funzioni d'onda (ossia quando un sistema interagisce con l'ambiente ad esso circostante), ecco che avviene il fenomeno della decoerenza quantistica. Generalmente il principio di decoerenza viene associato (e talvolta anche confuso) con un altro principio-concetto fisico che prende il nome di: collasso della funzione d'onda. Quest'ultimo si spinge ben oltre ogni semplice intuizione e naturalis ratio, affermando che è l'osservatore stesso a definire il comportamento di una determinata particella (infatti lo spin di un elettrone può variare a dipendenza di chi lo osserva), e in ultima istanza quindi a creare una determinata realtà fisica, nel momento stesso in cui il sistema osservatore-oggetto osservato, vanno a generare appunto quel fenomeno che prende il nome di "collasso della funzione d'onda". La realtà in cui noi viviamo quindi, sarebbe costantemente generata da un'infinita serie di collassi della funzione d'onda ...e dal principio di decoerenza. I due fenomeni sono in stretto rapporto l'uno con l'altro, ma a tutt'oggi non è ancora chiaro in che modo interagiscano tra loro.

12 Bohm

Fu uno tra i più grandi fisici del secolo scorso e sopportò tranquillamente sia la persecuzione politica, sia la derisione di una gran fetta di scienziati: quelli che posti un gradino sotto la sua statura non riuscivano a scrollarsi di dosso le loro piccole convinzioni.

Di seguito vi propongo due brani che trattano della sua vita:

"... Subito dopo la guerra divenne assistente all'università di Princeton e fu in questo periodo che lavorò a stretto contatto con Einstein, ma ben presto, con l'avvento di quel buio periodo politico noto come maccartismo, fu costretto a lasciare l'America per le sue idee anticonformiste.

Si recò in Brasile dove gli fu assegnata la cattedra di Fisica all'Università di San Paolo. Innumerevoli e fondamentali i suoi contributi nel campo della meccanica quantistica e della teoria della relatività, specialmente durante il primo periodo della sua luminosa carriera.... Ma il suo contributo più importante fu quello della scoperta del 'potenziale quantico' che è un parametro non misurabile dalla fisica e che trova la sua spiegazione in realazione alla coscienza. ..." (da '*La scienza che ha dimostrato l'aldilà*' di Francesco Scarrica).

...simile in questo a un altro suo grande contemporaneo, l'americano David Bohm, costretto dal maccartismo a fuggire in Inghilterra. ([La Repubblica](#))

"Bohm definì il nuovo campo da lui proposto il *potenziale quantistico* e teorizzò che, come la gravità, esso pervadeva l'intero spazio. Tuttavia, a differenza dei campi gravitazionali, magnetici e così via, la sua influenza non diminuiva con la distanza. I suoi effetti erano sottili, ma era ugualmente potente ovunque. Bohm pubblicò la sua interpretazione alternativa della teoria quantistica nel 1952.

La reazione al suo approccio fu prevalentemente negativa. Alcuni fisici erano talmente convinti dell'impossibilità di simili alternative, che scartarono le sue idee su due piedi. Altri lanciarono forti attacchi contro il suo modo di ragionare. In definitiva, tutte queste argomentazioni erano basate essenzialmente su differenze filosofiche, ma la cosa non ebbe rilevanza. Il punto di vista di Bohr, era divenuto talmente inattaccabile nel campo della fisica, che l'alternativa di Bohm era considerata poco più di un'eresia.

Nonostante la severità di questi attacchi, Bohm rimase fermo nella sua convinzione che la realtà fosse più di quanto concesso dal punto di vista di Bohr. Egli sentiva anche che la scienza era troppo limitata nelle sue vedute, quando si trattava di valutare nuove idee come le sue, ed esaminò parecchie delle supposizioni filosofiche responsabili di questa attitudine in un suo libro del 1957 intitolato '*Causality and Chance in Modern Physics*'.

Una di esse era la supposizione largamente condivisa che fosse possibile per qualsiasi singola teoria quantistica essere completa. Bohm criticò questo presupposto facendo notare che la natura potrebbe essere infinita. Poiché non sarebbe possibile per alcuna teoria spiegare completamente qualcosa di infinito, Bohm suggerì che una ricerca scientifica aperta potesse essere meglio servita se i ricercatori si fossero trattenuti dal fare questa supposizione.

...

Durante questo periodo della sua vita, Bohm continuò anche ad affinare il suo approccio alternativo alla fisica quantistica. Osservando più attentamente il significato del potenziale quantistico, scoprì che aveva molte caratteristiche che implicavano un distacco ancora più radicale dal pensiero ortodosso. La scienza classica aveva sempre considerato lo stato di un sistema nel suo insieme semplicemente come il risultato dell'interazione delle sue parti. Tuttavia, il potenziale quantistico capovolgeva questo punto di vista e indicava che il comportamento delle parti era effettivamente organizzato dall'insieme.

Questo non solo portò un passo avanti l'asserzione di Bohr che le particelle sub-atomiche non sono 'cose' indipendenti, ma parti di un sistema invisibile, ma suggerì persino che l'interezza era in un certo senso la realtà più fondamentale.

Esso spiegava inoltre la causa per cui gli elettroni nei plasma (e altri stati differenziati come quello della superconduttività) potevano comportarsi come insiemi interconnessi.

Come Bohm afferma: *'simili elettroni non sono dispersi perché, attraverso l'azione del potenziale quantistico, l'intero sistema è sottoposto a un movimento coordinato più simile ad un balletto che a quello di una folla di persone non organizzate'*

....

Una caratteristica ancora più sorprendente del potenziale quantistico erano le sue implicazioni per la natura della localizzazione.

Al livello delle nostre vite quotidiane, le cose possiedono localizzazioni ben precise, ma l'interpretazione della fisica quantistica di Bohm indicava che al livello subquantistico, quello in cui il potenziale quantistico operava, la localizzazione cessava di esistere.

...

L'aspetto non-locale del potenziale quantistico permise a Bohm di spiegare la connessione fra particelle gemelle, senza violare lo speciale veto della relatività contro il fatto che qualsiasi cosa possa viaggiare più velocemente della luce

....

Le idee di Bohm lasciarono la maggior parte dei fisici ancora poco convinti, ma accesero l'interesse di alcuni. Uno di essi fu John Stuart Bell, un fisico teorico presso il CERN, un centro per la ricerca atomica pacifica vicino a Ginevra, Svizzera....

Verso la fine degli anni cinquanta, Bohm aveva già avuto il suo braccio di ferro col *mac-cartismo* ed era divenuto un membro della ricerca alla Bristol University, in Inghilterra,

dove, insieme ad un giovane studente ricercatore di nome Yakir Aharonov, scoperse un altro importante esempio di interconnessione nonlocale.

Bohm e Aharonov trovarono che, nelle giuste circostanze, un elettrone è capace di 'sentire' la presenza di un campo magnetico che si trova in una regione dove vi sono zero probabilità di trovare l'elettrone.

Il fenomeno è ora conosciuto come l'effetto Aharonov-Bohm, e, dapprima, quando i due uomini pubblicarono la loro scoperta, molti fisici non credettero che un simile effetto fosse possibile.

Perfino oggi vi è uno scetticismo residuo sufficiente perché, nonostante la conferma dell'effetto in numerosi esperimenti, occasionalmente compaiano ancora documenti che ne contestano l'esistenza.

Come sempre, Bohm accettò stoicamente il suo protratto ruolo di voce nella folla che coraggiosamente fa notare che l'imperatore è nudo. In un'intervista condotta alcuni anni più tardi, egli offrì un semplice riassunto della sua filosofia che stava alla base del suo coraggio: *'A lungo andare è molto più pericoloso aderire all'illusione che affrontare la realtà.'*

...

Una certa quantità di scoperte stimolanti nella fisica suggeriscono che Bohm possa avere ragione.... Come abbiamo visto, tutte le particelle sono anche onde. Ciò significa che gli oggetti materiali e tutto ciò che percepiamo è in realtà composto da schemi di interferenza, un fatto che ha innegabili implicazioni oleografiche.

Un'altra prova convincente deriva da una recente scoperta sperimentale. Negli anni settanta si rese disponibile la tecnologia per eseguire l'esperimento delle due particelle descritto da Bell e diversi ricercatori tentarono la prova. Sebbene le scoperte fossero promettenti nessuna di esse era in grado di produrre risultati conclusivi. Poi nel 1982 i fisici Alain Aspect, Jean Dalibard e Gerard Roger dell'Istituto di Ottica presso l'Università di Parigi vi riuscirono.

...

Le scoperte di Aspect non provano che il modello di Bohm sia corretto, ma gli forniscono un sostegno eccezionale. Bohm non crede che nessuna teoria sia vera in senso assoluto, inclusa la sua, sono tutte soltanto approssimazioni alla verità, mappe limitate che usiamo per fare il diagramma di un territorio che sia infinito e indivisibile.

La maggior parte dei fisici è scettica riguardo alle idee di Bohm. Ad esempio, Lee Smolin, fisico presso Yale, non considera la teoria di Bohm *'molto convincente in senso fisico'*. Ciò nonostante l'intelligenza di Bohm è rispettata quasi universalmente. L'opinione di Abner Shimony, fisico presso la Boston University, è un tipico esempio di questo punto di vista: *temo proprio di non comprendere questa teoria. E' certamente una metafora e la questione è quanto letteralmente interpretare la metafora. Tuttavia, egli ha preso in seria considerazione il soggetto e ritengo abbia offerto un grande servizio portando*

queste questioni in primo piano nella ricerca fisica, anziché nasconderle. E' stato un uomo coraggioso, audace e pieno di immaginazione.'

Nonostante questo scetticismo ci sono anche fisici che simpatizzano con le idee di Bohm, inclusi addirittura pezzi grossi come Roger Penrose di Oxford, il creatore dell'attuale teoria del buco nero, Bernard d'Espagnat dell'Università di Parigi, una delle principali autorità sui fondamenti concettuali della teoria quantistica e Brian Josephson di Cambridge, vincitore del Premio Nobel per la fisica nel 1973.

Josephson ritiene che l'ordine implicito di Bohm possa un giorno condurre perfino all'inclusione di Dio o della Mente nella struttura della Scienza.

Considerate insieme le teorie di Bohm e Pribram forniscono un nuovo, profondo modo di osservare il mondo:

'I nostri cervelli costruiscono matematicamente la realtà oggettiva, interpretando frequenze che sono in definitiva proiezioni provenienti da un'altra dimensione, un ordine di esistenza più profondo al di là dello spazio e del tempo: il cervello è un ologramma celato in un universo olografico.'

(da Tutto è uno - l'ipotesi della scienza olografica di Michael Talbot)

13 Interpretazioni

Vi sono numerose interpretazioni della fisica quantica. Sono essenzialmente interpretazioni e non teorie, per il fatto che a tutt'oggi non vi sono prove sperimentali che privilegino una piuttosto dell'altra.

Fatta esclusione forse per l'interpretazione di Copenhagen, dal momento che il gruppo di R. Chiao dell'Università di Berkeley, ha dimostrato la falsità del concetto di irreversibilità del collasso della funzione d'onda, concetto su cui si basa tutta l'interpretazione.

Le interpretazioni si rendono necessarie per spiegare i cosiddetti paradossi della fisica quantica. Paradossi che vengono fuori dalla sperimentazione e che perciò non possono essere ignorati, ma in qualche modo devono essere inquadrati in una teoria.

Le principali interpretazioni sono:

- **Interpretazione di Copenhagen**, con le sue diverse versioni. È l'interpretazione più condivisa della meccanica quantistica, formulata da Niels Bohr e Werner Heisenberg durante la loro collaborazione a Copenhagen nel 1927. Bohr e Heisenberg estesero l'interpretazione probabilistica della funzione d'onda, proposta da Max Born. Questa interpretazione considera senza significato domande quali chiedersi la posizione della particella prima che essa venga misurata. Il processo di misura estrae quindi casualmente una tra le molte possibilità permesse dalla funzione d'onda che descrive lo stato. È anche l'unica che, basandosi sul concetto di irreversibilità del collasso della funzione d'onda, sia stata recentemente smentita dagli esperimenti.
- **Interpretazione dei molti mondi**, anche questa con numerose varianti. È un'interpretazione della meccanica quantistica che rifiuta l'irreversibile e non deterministico collasso della funzione d'onda associato all'operazione di misura nell'interpretazione di Copenhagen, in favore di una descrizione in termini di entanglement quantistico e di un'evoluzione reversibile degli stati. Prevede l'esistenza di un numero imprecisato di universi concatenati.
- **Interpretazione di Bohm** (olografica). L'interpretazione di Bohm è un'interpretazione postulata da David Bohm nella quale l'esistenza di una funzione d'onda universale e non locale permette a particelle lontane di interagire istantaneamente. L'interpretazione generalizza la teoria di Louis de Broglie del 1927 che afferma che sia l'onda sia la particella sono reali. La funzione d'onda guida il moto della particella ed evolve in base all'equazione di Schrödinger. L'interpretazione assume un singolo universo, che non si dirama come nell'interpretazione a molti mondi, ed è deterministico, a differenza di quanto previsto dall'interpretazione di Copenhagen.

L'interpretazione di Bohm asserisce che lo stato dell'universo evolve linearmente nel tempo, senza prevedere il collasso delle funzioni d'onda all'atto di una misurazione, previsto invece dall'interpretazione di Copenhagen. In questa interpretazione, si assume comunque l'esistenza di un certo numero di variabili nascoste, rappresentanti le posizioni di tutte le particelle nell'universo le quali, come le probabilità in altre interpretazioni, non possono mai essere misurate direttamente.

- **Interpretazione della Coscienza causa del collasso.** Può essere pensata anche come un'appendice alle altre. Si sostiene che sia l'osservatore a causare il collasso della funzione d'onda. Molti fisici la considerano non-scientifica, affermando che non sarebbe verificabile e che introdurrebbe nella fisica elementi non necessari, mentre i fautori della teoria replicano che la questione se la mente in fisica sia o meno necessaria rimane aperta.
- **Interpretazione della Decoerenza quantistica.** La decoerenza quantistica si verifica quando un sistema interagisce con l'ambiente in cui si trova, o qualsiasi altro sistema complesso esterno, in un modo termodinamicamente irreversibile tale che i differenti elementi nella funzione d'onda di sistema e ambiente non possano più interferire tra loro. La decoerenza non spiega il collasso della funzione d'onda, piuttosto spiega le evidenze del collasso. La natura quantistica del sistema è semplicemente dispersa nell'ambiente in modo che continui ad esistere una totale sovrapposizione della funzione d'onda, ma che rimanga al di là di ciò che è misurabile. La decoerenza quindi, come interpretazione filosofica, equivale a qualcosa di simile alla interpretazione a molti mondi, ma possiede il vantaggio di essere supportata da un dettagliato e plausibile contesto matematico, sviluppato principalmente da H. Dieter Zeh. L'approccio è quindi uno dei più condivisi tra i fisici odierni.
- **Interpretazione a Molte Menti.** L'interpretazione a molte menti della meccanica quantistica estende l'interpretazione a molti mondi, proponendo che la distinzione tra i mondi debba essere compiuta al livello della mente di un osservatore individuale.

Le teorie a molti mondi, prospettano la creazione di un nuovo universo ad ogni azione che si verifichi. Questo, tra l'altro, sembra presumere la nostra immortalità. Infatti se dovessimo subire un'incidente in questo mondo, nello stesso istante in cui questo accade si creerebbe un altro mondo in cui noi saremmo duplicati ed in cui l'incidente sarebbe evitato. lo stesso in caso di malattia. con la conseguenza che, in uno degli infiniti universi, noi ci saremmo sempre.

(vedi anche [Suicidio quantistico](#))

14 Dell'immortalità

Esiste un modo per provare che la teoria dei mondi è esatta, mentre tutte le altre sono false.

Il metodo fu descritto nel 1997 da Tegmark. Eccolo: Munitevi di una *pistola quantica* che ogni volta che si preme il grilletto misura lo z-spin di una particella (le particelle possono avere spin “*su*” o spin “*giù*”, secondo una sequenza apparentemente casuale). Essa è collegata a una mitragliatrice che spara un singolo proiettile se il risultato è “*giù*”, mentre produce un semplice “*click*” se il risultato è “*su*”...

La sperimentatrice, perchè di una donna si tratta, per prima cosa, pone un sacchetto di sabbia davanti alla mitragliatrice e dice al suo assistente di premere il grilletto dieci volte. Tutte le interpretazioni di Meccanica Quantistica prevedono che ella sentirà una sequenza apparentemente casuale di spari e scatti a vuoto, qualcosa tipo "*bang-click-bang-bang-click-click-bang-click-click*".

Dopodiché ella dice al suo assistente di premere il grilletto altre dieci volte, ma stavolta mette la propria testa davanti alla canna della mitragliatrice. Questa volta (nelle interpretazioni di Meccanica Quantistica diverse dalla Teoria dei Molti Mondi) il “*taci e calcola*” non avrà alcun significato per un osservatore deceduto... e le due interpretazioni produrranno previsioni differenti. Nelle interpretazioni che teorizzano un esplicito collasso non-unitario, la ricercatrice sarà viva o morta dopo la prima attivazione del grilletto, perciò potrà aspettarsi di sentire forse un click o due (se è moderatamente fortunata), poi “*game over*”, più niente del tutto.

D'altro canto, nella Teoria dei Molti Mondi, la [...] previsione è che [la sperimentatrice] sentirà un “*click*” con il 100% di probabilità. Quando l'assistente avrà concluso il suo poco invidiabile compito, la ricercatrice avrà udito dieci “*click*” e potrà concludere che le interpretazioni di Meccanica Quantica fondate sull'ipotesi del “collasso” (tutte, tranne la Teoria dei Molti Mondi) possono essere scartate con un livello di probabilità del $1-0.5^n = 99.9\%$. Se vuole portare le probabilità di esclusione a “*dieci sigma*” non deve far altro che incrementare n ripetendo più volte l'esperimento. Occasionalmente, per verificare che l'apparato sia funzionante, può spostare la testa dalla mitragliatrice e all'improvviso la sentirà sparare a intermittenza. Da notare, comunque, che (in quasi tutte le prove) l'assistente avrà la percezione di aver ucciso il suo capo.

Questo significa che in molti universi ci sarà una ricercatrice in meno, ma la ricercatrice non avrà esperienza della morte.

Secondo Stapp gli effetti quantici sono presenti all'interno del cervello.

In effetti, essi devono rivestire un ruolo fondamentale sulle funzioni cerebrali, consentendo forse al cervello di funzionare come un “*computer quantico*”, sfruttando algoritmi di ricerca simili a quelli proposti da Grover (1997).

La dimostrazione di Stapp della presenza di effetti quantici all'interno del cervello (aprile 1996) è la seguente:

a) Uno ione di calcio che entra in un microcanale di diametro x , deve avere, per il principio d'indeterminazione di Heisenberg, uno spread inerziale di \hbar/x , dunque uno spread di velocità di $(\hbar/x)/m$, dunque uno spread spaziale nel tempo t – se la particella può muoversi liberamente – di $t(\hbar/x)/m$. Assumendo t pari a 200 microsecondi, cioè il tempo normalmente impiegato da uno ione per diffondersi dall'apertura del microcanale alla zona in cui ha luogo la liberazione di una vescicola di neurotrasmettitore, assumendo x pari a un nanometro e includendo un fattore di 10^{-5} di rallentamento della diffusione, si ottiene un diametro della funzione d'onda pari a circa 40 volte 10^{-8} centimetri, che è comparabile con la dimensione dello stesso ione di calcio.

In altre parole, è alquanto probabile che in alcuni universi il neurotrasmettitore attiverà il suo bersaglio, mentre in altri non lo farà, semplicemente a causa del “*principio di indeterminazione di Heisenberg*”.

Ciò è importante quando si cerca di capire in che modo il cervello possa agire come “*computer quantico*”, ed è molto interessante se integriamo queste idee con l'esperimento di Tegmark.

Consideriamo uno ione di calcio che abbia il 50% di probabilità, secondo le equazioni di Schrödinger, di attivare il suo bersaglio recettore. Immaginiamo che quel recettore possa fare la differenza tra due possibili condizioni mentali: una corrispondente alla decisione di un motociclista di sorpassare un'auto su una curva pericolosa, l'altra corrispondente alla decisione opposta. Immaginiamo che la manovra di sorpasso si rivelerebbe mortale.

Il motociclista è lo sperimentatore nel “*suicidio quantico*” di Tegmark. Secondo le previsioni della Teoria dei Molti Mondi, il motociclista percepirà di aver fatto la scelta corrispondente al rimanere in vita nel 100% dei casi. Eppure nel 50% degli universi gli spettatori assisteranno ad un disastroso incidente.

La Teoria dell'Immortalità Quantica qui esposta afferma che tutte le decisioni di vita o di morte corrispondono alle medesime equazioni di meccanica quantistica. In tutte le decisioni di vita o di morte, lo “*sperimentatore*” scoprirà di aver scelto la vita.

Deutsch (1997) afferma che dalla Teoria dei Molti Mondi consegue che ogni cosa possibile esiste, da qualche parte del multiverso. Se questo è vero, possiamo dire che esistono molti universi (ma pur sempre una frazione infinitesimale del multiverso) in cui tu che leggi hai qualche miliardo di anni.

Se ne può dedurre che la coscienza dello “*sperimentatore*” finisce sempre e inevitabilmente in uno di questi universi?

Se è così, noi siamo immortali.

Almeno dal nostro punto di vista.

15 La coscienza quantica

Sino a poco tempo la coscienza non era un oggetto adeguato di indagine scientifica. Dagli anni '80, tuttavia, il progresso delle neuroscienze ha portato numerose conferme sperimentali sul legame tra processi cerebrali e processimentali il che ha permesso all'indagine sulla mente e sulla coscienza di entrare a pieno titolo nel campo della ricerca scientifica.

Vi sono essenzialmente due filoni:

quello fondato sulla fisica classica (Paul Churchland, Antonio Damasio, Daniel Dennet, e altri) e quello che si basa sulla meccanica quantica (John Eccles, Roger Penrose, Chris King, e altri).

Tutti i vari modelli di interpretazione possono essere suddivisi in tre categorie:

1. quelli che vedono nella coscienza il principio primo dal quale discende la realtà (Bohr[1930], Herbert [1987] Penrose e Hameroff [1989], Stapp [1993])
2. quelli che fanno discendere la coscienza dalle proprietà indeterministiche e probabilistiche del mondo quantico (Lokta [1924], Bohm [1950], Walker [1970], Culberston [1987], Lockwood [1989], Pitkaenen [1990], Bondi [1998])
3. quelli che individuano nella meccanica quantistica un principio d'ordine dal quale discendono e si organizzano le proprietà della coscienza ([Frantappiè [1941], Froelich [1968], Umezawa e Ricciardi [1980], Eccles [1986], Marshall [1989], King [1989], Pribram [1991], Yasue [1995], Vitiello [1995], Hu [2002])

Applicando i principi della falsificabilità scientifica (che elimina tutti i modelli che non sono scientificamente misurabili ponendosi o a monte della realtà osservata, o in un dominio non osservabile con gli attuali strumenti di misura) e il criterio di compatibilità biologica, restano in piedi solo i modelli di Frantappè e di King (che ne è una sua derivazione).

15.1 Il modello da Frantappiè

Il punto di partenza del modello di Frantappiè è, dal punto di vista fisico-matematico, l'operatore di d'Alembert. Tale operatore fu ottenuto da Klein e Gordon nel 1927, quando riscrissero l'equazione d'onda di Schrödinger al fine di renderla compatibile con gli assunti della relatività ristretta.

L'operatore di d'Alembert prevede due tipi di onde: onde ritardate che divergono dal passato verso il futuro e onde anticipate che divergono a ritroso nel tempo, dal futuro al passato e che, per noi che ci muoviamo avanti nel tempo, corrispondono ad onde convergenti.

Studiando le proprietà matematiche di queste onde Frantappiè scoprì che le onde divergenti sono governate dalla legge dell'entropia, mentre le onde convergenti sono governate da una legge simmetrica, che porta alla creazione di differenziazione e ordine, e che Frantappiè chiamò la legge della sintropia. In particolare, Frantappiè identificò nell'organizzazione dei sistemi viventi la manifestazione della sintropia, ossia delle onde anticipate. Partendo dalle proprietà matematiche della sintropia e dell'entropia, Frantappiè giunse a formulare un modello della coscienza articolato sui seguenti punti:

- **Libero arbitrio:** elemento costitutivo della coscienza, viene visto da Frantappiè come conseguenza di uno stato costante di scelta tra informazioni provenienti dal passato e sollecitazioni provenienti dal futuro.
- **Sentimento di vita:** altro elemento costitutivo della coscienza è, secondo Frantappiè, il sentimento di vita, quale diretta conseguenza delle onde convergenti, che si muovono a ritroso nel tempo, dal futuro verso il passato. Frantappiè sostiene questa affermazione argomentando che, nel momento in cui i sensi del mondo esterno oggettivo si affievoliscono, come negli stati di meditazione profonda, le persone sperimentano forme di coscienza in cui passato, presente e futuro coesistono. La coesistenza di passato, presente e futuro discende direttamente dai principi della relatività ristretta e dalla loro applicazione nell'equazione di Klein-Gordon.
- **Memoria non locale:** Frantappiè ipotizza, come conseguenza del principio della sintropia, l'esistenza di collegamenti non locali nell'universo. Ad esempio, la memoria dei sistemi viventi potrebbe manifestarsi come collegamenti non locali con eventi passati che, in base all'equazione di Klein-Gordon, sono tuttora presenti.

L'impostazione di Frantappiè può essere oggi ritrovata nell'Interpretazione Transazionale della MQ (TI) e nel modello della coscienza proposto da Chris King.

Riporto anche i modelli di Bohm, di R. Penrose e S. Hameroff e, infine, di Pribram.

15.2 Modello di Bohm

Bohm introduce i concetti di ordine implicato e ordine esplicito. Nell'ordine implicato non vi è differenza tra mente e materia, mentre nell'ordine esplicito la mente e la materia si separano.

Quando ci muoviamo all'interno della materia, ossia nel mondo quantistico del microcosmo, l'ordine implicato emerge, mentre quando ci muoviamo al di sopra del livello di azione della MQ, ossia nel macrocosmo, l'ordine esplicito prende il sopravvento. Secondo Bohm la coscienza coincide con l'ordine implicato. Nell'ordine implicato le particelle prendono forma, si "in-formano" attraverso il collasso della funzione d'onda, e quindi

l'ordine implicato coincide con il processo di in-formazione (prendere forma). Bohm era solito spiegare l'ordine implicato riportando l'esempio della musica. Quando ascoltiamo un brano musicale, infatti, percepiamo l'ordine implicato nel suono (cioè l'informazione associata al suono come esperienza soggettiva dell'ascolto del brano musicale) e non solo l'ordine esplicito dal suono (parametri fisici del suono, come la frequenza e l'ampiezza delle onde sonore). Secondo Bohm, ogni particella materiale è dotata di una rudimentale qualità mentale. Il processo dell'in-formazione, cioè del prendere forma da parte della materia, costituisce il ponte tra le qualità mentali e le qualità materiali delle particelle. Al livello più basso della realtà, cioè al livello della MQ, i processi mentali (coscienti) e quelli fisici sarebbero essenzialmente la stessa cosa.

15.3 Modello di Roger Penrose e Stuart Hameroff

Il modello di Hameroff e Penrose parte dal presupposto che la realtà sia composta da 3 mondi: il mondo platonico, il mondo fisico e il mondo mentale. Mentre nell'interpretazione di Copenhagen il mondo fisico viene determinato dal mondo mentale (dall'osservazione) attraverso il collasso della funzione d'onda, nel modello di Penrose e Hameroff questi mondi sono separati e interagiscono tra loro attraverso il collasso della funzione d'onda.

Penrose e Hameroff suggeriscono che nei microtubuli, strutture di tubulina che formano il citoscheletro dei neuroni, abbia luogo, ogni 25 msec, il collasso della funzione d'onda (OR), producendo così un'esperienza cosciente, cioè portando il mondo mentale ad entrare in contatto con il mondo fisico.

Secondo gli autori l'insieme dei collassi della funzione d'onda darebbe origine al flusso della coscienza e ad una "orchestrazione", cioè a processi di computazione quantica che si autoorganizzano.

15.4 Modello di Karl Pribram

Nel suo modello, Karl Pribram propone una ipotesi olografica della memoria e della mente.

Un ologramma è una fotografia tridimensionale prodotta con l'aiuto di un laser. Per creare un ologramma, l'oggetto da fotografare è prima immerso nella luce di un raggio laser, poi un secondo raggio viene fatto rimbalzare sulla luce riflessa del primo e lo schema risultante dalla zona di interferenza dove i due raggi si incontrano viene impresso sulla pellicola fotografica.

Quando la pellicola viene sviluppata risulta visibile solo un intrico di linee chiare e scure che, illuminato da un altro raggio laser, lascia emergere il soggetto originale. La tridimensionalità di tali immagini non è l'unica caratteristica interessante degli ologrammi;

infatti, se ad esempio l'ologramma di una rosa viene tagliato a metà e poi illuminato da un laser, si scoprirà che ciascuna metà contiene ancora l'immagine intera della rosa. Anche continuando a dividere le due metà, vedremo che ogni minuscolo frammento di pellicola conterrà sempre una versione più piccola, ma intatta, della stessa immagine. Diversamente dalle normali fotografie, ogni parte di un ologramma contiene tutte le informazioni possedute dall'ologramma integro.

Secondo la visione di Pribram, i ricordi non sono “*immagazzinati*” in qualche area del cervello, ma si celano negli schemi degli impulsi nervosi che si intersecano attraverso tutto il cervello, proprio come gli schemi dei raggi laser che si intersecano su tutta l'area del frammento di pellicola che contiene l'immagine olografica. Secondo questo modello, inoltre, ogni sensazione viene trasformata dal cervello in un'onda, e tutte le onde interferiscono tra loro generando così gli ologrammi. Le stesse equazioni utilizzate per analizzare gli ologrammi (le trasformazioni di Fourier) sono utilizzate, secondo l'autore, dal cervello per analizzare i dati sensoriali.

Sull'argomento suggerisco due video, il primo sulla sincronicità ([La sindrome degli antenati](#)) ed il secondo sulla coscienza quantica ([La mente di Dio](#))

16 Karl Pribram

Abbiamo già dato un'occhiata alla teoria di Bohm, quella che suggerisce che la realtà che ci circonda non sia altro che un ologramma.

Ebbene indipendentemente da Bohm, anche [Karl H. Pribram](#), professore di psicologia e psichiatria in diverse università, arrivò alla stessa conclusione. Tutta una serie di studi sul cervello dei topi fatta negli anni '20 aveva mostrato come la memoria non fosse localizzata in parti specifiche del cervello, ma erano *'disperse'* in tutta la sua estensione. Qualsiasi parte del cervello venisse asportata, infatti, i ricordi restavano integri. Nessuno era in grado di spiegare il fenomeno fin quando Pribram pensò di applicare a questo campo i concetti dell'olografia.

Secondo lui i ricordi non sono immagazzinati nei neuroni o in singoli gruppi di neuroni, ma negli schemi degli impulsi nervosi che si intersecano in tutto il cervello, proprio come gli schemi dei raggi laser che si intersecano su tutta l'area del frammento di pellicola che contiene l'immagine olografica.

Questo spiegherebbe sia come il cervello possa contenere un numero così alto di informazioni (10 miliardi), sia come riesca ad estrarre l'informazione cercata in un tempo piccolissimo.

Paul Pietsch, critico verso la teoria olografica della mente, provò a confutarla. Per fare questo, avendo notato che le salamandre hanno la capacità di rigenerare nervi e tessuto nervoso, pensò bene di scambiare tra loro parti del cervello di una salamandra con parte del cervello di un'altra. Pensava così di osservare gravi disfunzioni o comportamenti anomali. Fu invece molto sorpreso nel constatare che le salamandre si comportavano esattamente come prima ([Shufflebrain](#)).

La teoria di Pribram fu confermata da una serie impressionante di dati scientifici ed è ormai condivisa da molti neurofisiologi.

Uno di questi, l'italo-argentino Hugo Zucarelli ha applicato il modello olografico ai fenomeni acustici, incuriosito dal fatto che gli umani possono localizzare la fonte di un suono senza girare la testa, pur sordi da un orecchio. È stato trovato che ognuno dei nostri sensi è sensibile ad una varietà di frequenze molto più ampia di quanto comunemente pensato. Ad esempio, il nostro sistema visivo è sensibile anche alle frequenze sonore e persino le nostre cellule sono sensibili ad una vasta gamma di frequenze. Tali scoperte suggeriscono che è solo nel dominio olografico della coscienza che tali frequenze possono venire vagliate e suddivise ([Introduzione all'Olofonia](#) e [Olofonia: Esempi & Demo](#)).

Ma l'aspetto più interessante della teoria di Pribram è quello che scaturisce unendola alla teoria di Bohm.

Se la concretezza del mondo non è altro che un turbine olografico di frequenza e lo stesso cervello è un ologramma che seleziona alcune di queste frequenze trasformandole in stimoli sensoriali, cosa resta della realtà oggettiva?

Nulla! La realtà oggettiva semplicemente non esiste. Il mondo materiale è un'illusione. Noi pensiamo di essere entità fisiche che si muovono in un mondo fisico. Niente di più falso. Noi in realtà siamo una specie di 'ricevitori' che galleggiano in un caleidoscopico mare di frequenze e ciò che estraiamo lo trasformiamo in realtà fisica: uno dei miliardi di mondi esistenti nel super-ologramma.

Come abbiamo visto questo nuovo convetto di realtà è stato accolto da molti scienziati con scetticismo, ma da altri con entusiasmo. Un piccolo, ma crescente drappello di ricercatori è oggi convinto che si tratti del più accurato modello di realtà sino ad oggi mai raggiunto.

In un Universo in cui le menti individuali sono in realtà elementi indivisibili di uno stesso ologramma e tutto è infinitamente connesso, anche i fenomeni cosiddetti 'paranormali' trovano spiegazione.

Il paradigma olografico presenta implicazioni anche nelle cosiddette scienze pure, come la biologia. Keith Floyd ([Of Time and the Mind](#)), uno psicologo del Virginia Intermont College, ha sottolineato il fatto che se la concretezza della realtà non è altro che una illusione olografica, non potremmo più affermare che la mente crea la coscienza (cogito ergo sum). Al contrario, sarebbe la coscienza a creare l'illusoria sensazione di un cervello, di un corpo e di qualunque altro oggetto ci circonda che noi interpretiamo come "fisico".

Una tale rivoluzione nel nostro modo di studiare le strutture biologiche spinge i ricercatori ad affermare che anche la medicina e tutto ciò che sappiamo del processo di guarigione verrebbero trasformati dal paradigma olografico. Infatti, se l'apparente struttura fisica del corpo non è altro che una proiezione olografica della coscienza, risulta chiaro che ognuno di noi è molto più responsabile della propria salute di quanto riconoscano le attuali conoscenze nel campo della medicina. Quelle che noi ora consideriamo guarigioni miracolose potrebbero in realtà essere dovute ad un mutamento dello stato di coscienza che provochi dei cambiamenti nell'ologramma corporeo. Allo stesso modo, potrebbe darsi che alcune controverse tecniche di guarigione alternative come la "visualizzazione" risultino così efficaci perché nel dominio olografico del pensiero le immagini sono in fondo reali quanto la "realtà".

17 L'interpretazione di Copenhagen

L'interpretazione di Copenhagen ha un notevole seguito tra gli scienziati. Il perché è presto detto. La scuola di Copenhagen tende a rinunciare ad una [interpretazione ontologica](#) per preferire un'interpretazione empirica. Emblematiche a questo proposito le dichiarazioni dei suoi fondatori: Per Heisenberg: *«ci si può chiedere se nascosto dietro l'universo statistico della percezione esista tuttavia un 'vero' universo in cui valga la legge della causalità. Ma tali speculazioni ci sembrano prive di valore e significato, poiché la fisica deve limitarsi a descrivere le relazioni tra percezioni»* (l'interpretazione empirica qui è evidentemente concepita in termini di eventi soggettivi). Bohr scrive: *«Il compito della fisica non è scoprire come è fatta la natura. La fisica riguarda solo quello che si può dire della natura»*. Secondo Pauli: *«Non ci si dovrebbe tormentare ... con il problema se qualcosa di cui non si può sapere nulla esista ...»*.

La scuola di Copenhagen non sostiene che *«quel che non si può osservare non esiste»*, ma che *«quel che si osserva certamente esiste, e su quel che non si osserva siamo liberi di fare opportune assunzioni. Usiamo tale libertà per evitare paradossi»*. Di conseguenza, secondo Born, il modulo quadrato della funzione d'onda non indica la probabilità che la particella sia (ad esempio) in una particolare posizione, ma la probabilità che se si esegue una misura di posizione questa dia quel particolare risultato. In questo senso, la funzione d'onda Ψ non è altro che una codifica della *«nostra conoscenza del sistema»*: per Heisenberg, *«il concetto di realtà oggettiva evapora nella matematica, che non rappresenta più il comportamento delle particelle elementari, ma la nostra conoscenza di quel comportamento»* (e qui torniamo a un'interpretazione empirica di tipo soggettivo).

In questo modo, anche i paradossi legati all'una o all'altra interpretazione ontologica *“evaporano”* automaticamente: la teoria non dice che il mondo sia fatto di onde né di particelle, né di entrambe insieme, e dunque a maggior ragione non parla di collasso di onde in particelle, o di azione istantanea di certi sistemi o parti di sistema su altri. Il collasso della funzione d'onda non rappresenta altro che il mutamento che ovviamente una nuova osservazione produce nella nostra conoscenza, ed è naturale che il mutamento dell'informazione su una parte del sistema implichi automaticamente un mutamento dell'informazione su altre parti di esso. Come scrive Heisenberg, *«col cambiamento improvviso della nostra conoscenza, naturalmente, anche la rappresentazione matematica di tale conoscenza cambia improvvisamente»*.

Come insegnano ad esempio i miraggi, l'esperienza non è mai in sé scorretta o paradossale, solo la nostra interpretazione la rende tale. Pertanto una teoria che abbia solo un'interpretazione empirica non rischia errori, se non quello di generalizzazioni affrettate, sempre correggibili al bisogno. Tuttavia l'interpretazione di Copenhagen ha un

problema, lo stesso che affligge ogni interpretazione esclusivamente empirica: non è in grado di spiegare i fenomeni che descrive, non può render conto delle loro analogie né delle loro differenze, poiché solo un'ontologia può spiegare qualcosa.

Ad esempio, consideriamo nuovamente l'esperienza delle due fenditure.

Se non vi sono corpuscoli né onde, perché sul secondo schermo troviamo dei punti? E perché talora essi si dispongono proprio come se attraverso i fori avessimo sparato delle particelle? E perché, invece, in altre circostanze, si produce lo schema dell'interferenza di onde? Se la funzione d'onda indica solo delle distribuzioni di probabilità, perché queste sono di due tipi diversi? In particolare, dato che le probabilità sono solo positive, e non possono dunque creare interferenze distruttive annullandosi a vicenda, da dove vengono le frange alternate? La probabilità che si verifichi P non può mai essere superiore alla probabilità che si verifichi Q. Perché allora, se c'è solo un foro nel primo schermo la probabilità di trovare un segno è diversa da zero in ogni punto del secondo schermo, mentre se i fori sono due in certi punti diventa zero? In effetti, i valori della funzione d'onda sono dei numeri complessi, i cui moduli quadrati danno le probabilità; ma vi sono anche gli argomenti, e sono loro a dar luogo alle fasce alternate, a seconda del modo in cui si sommano. Ma ciò significa che la funzione d'onda non può essere letta solo come una misura di probabilità, c'è anche qualcos'altro; di che cosa si tratta?

Naturalmente, secondo l'Interpretazione di Copenhagen, quel che c'è in più è solo, ancora una volta, la rappresentazione di regolarità che si osservano in certe situazioni (come appunto, la distribuzione a frange quando ci sono due fori). Ciò significa allora che i dati empirici non manifestano un unico tipo di regolarità, ma almeno due: a volte si osserva quel che osserveremmo se vi fossero particelle, altre volte quel che osserveremmo se vi fossero onde. Ma perché, se non vi sono né queste né quelle? Perché due diversi tipi di regolarità?

Oltre a ciò, il prezzo pagato dalla scuola di Copenhagen per evitare i paradossi è quello di rinunciare a connettere il formalismo della meccanica quantistica alla realtà totale, ciò che solo un'interpretazione ontologica può fare. Limitandosi ad assegnare alla teoria un'interpretazione empirica, essa si preclude la possibilità di leggersi quelle conoscenze sulla realtà che essa contiene, posto che sia vera e ammetta una corretta interpretazione ontologica.

Come se non bastasse, il gruppo di Chiao dell'Università di Berkley, nel '90, ha dimostrato come la funzione d'onda possa essere reversibile. Cosa non ammessa dall'interpretazione di Copenhagen.

18 Entanglement

Il fenomeno dell'Entanglement, parola inglese traducibile con il termine di “*intreccio-non-separabile*” (ma che sta anche a significare “*situazione imbarazzante*”) è un fenomeno quantistico in cui lo stato quantico di due oggetti risulta strettamente dipendente l'uno dall'altro, anche se questi oggetti sono separati spazialmente.

Il fenomeno coinvolge due o più particelle generate da uno stesso processo o che si siano trovate in interazione reciproca per un certo periodo. Tali particelle rimangono in qualche modo legate indissolubilmente (entangled), nel senso che quello che accade a una di esse si ripercuote immediatamente anche sull'altra, indipendentemente dalla distanza che le separa.

Albert Einstein, sebbene egli stesso avesse dato importanti contributi alla teoria quantistica, non ne accettò mai le conseguenze più estreme, in particolar modo il fenomeno dell'entanglement. Secondo Einstein, l'ipotesi che una particella potesse influenzare un'altra particella istantaneamente (violando uno dei postulati della teoria della relatività, per la quale nulla può viaggiare a velocità superiori a quelle della luce) era una conseguenza del fatto che la meccanica era una teoria incompleta e che esistevano variabili nascoste, le quali facevano sì che il comportamento della particelle risultasse correlato. Scoprire tali variabili significava per Einstein mostrare che la violazione della località era solo apparente.

Egli cercò a lungo di dimostrare l'esistenza di variabili nascoste, ma i suoi tentativi furono di volta in volta smontati dai suoi oppositori, finché Alain Aspect, con i suoi famosi esperimenti, non riuscì a dimostrare definitivamente la realtà della non-località quantistica e quindi l'inconsistenza della posizione di Einstein.

E' stato anche enunciato un teorema che sancisce l'impossibilità di trasmettere, tramite la proprietà dell'entanglement, informazioni a velocità superiori a quelle della luce, e che anzi non è possibile sfruttare questa proprietà per nessun tipo di trasmissione, proprio perché è impossibile determinare l'esito di una misura tramite l'atto del misurare.

Nonostante tutto l'entanglement è alla base delle tecnologie emergenti dei computer quantistici e della crittografia quantistica, e i recenti esperimenti relativi al cosiddetto teletrasporto quantistico fanno pensare che l'entanglement sia un fattore importantissimo per questo Universo.

In generale possiamo dire:

- la fisica classica e la fisica quantica sono due facce della stessa moneta. La fisica classica studia il macro universo, quella quantica il micro universo che sta alla

base del primo. Per fare un esempio banale è un po' come se ci fossero due scienze, una che studia la casa e l'altra che studia i mattoni con cui la casa è costruita. Oppure detto con altre parole le proprietà della fisica quantica appartengono pari pari anche alla fisica classica (il contrario ovviamente no). E le proprietà della fisica quantica scaturiscono tutte da esperimenti di laboratorio, alcuni dei quali previsti da precedente teorie.

- le interpretazioni proposte cercano di dare una veste matematica e teorica alla realtà sottostante. Nessuna è stata provata in maniera definitiva (se fosse vero il contrario le altre sarebbero state abbandonate), ma alcune, come quella di Bohm, sono state confermate da importanti esperimenti. Quelle dei molti mondi e quella delle stringhe sono per evidenti motivi molto difficili da confermare sperimentalmente. Almeno con le tecniche che abbiamo oggi.
- a prescindere dalle interpretazioni (esistono fisici teorici, ma anche fisici sperimentali), le caratteristiche della fisica quantica (i suoi paradossi) sono stati applicati alla nostra vita di ogni giorno dando vita a una serie di apparecchiature, strumenti e aggeggi vari numerosissimi. Cosa che dimostra al di là di ogni ragionevole dubbio la validità dei principi quantici nel macro universo.

Quindi non è questione di essere più o meno convinti, ma di farsene una ragione. Cosa non facile visto che il cambiamento rispetto a quanto si sapeva prima è radicale, andando a toccare le radici stesse (scientifiche e filosofiche) del nostro sapere. Il resto, come il voler fornire una teoria unica del tutto da parte dell'interpretazione delle stringhe, è secondario. I punti rivoluzionari sono: la natura della realtà, la non-località spaziale e temporale e la funzione dell'osservatore (o, se volete, della coscienza).

La meccanica quantistica dà un messaggio nuovo sulla struttura della realtà, e sancisce la fine del "*realismo*" oggettivo e materialistico a favore di una concezione "*idealistica*", in cui gli oggetti esistono in uno stato "*astratto*" e "*ideale*" che rimane teorico finché la percezione di un soggetto conoscente non lo rende reale.

Oppure, se quanto sopra ci appare come troppo difficile da accettare, possiamo limitarci a notare che il classico modello materialistico è inadeguato a descrivere la realtà quantistica ed occorre rivolgersi a modelli che concepiscono l'universo in termini di "*informazione*" piuttosto che di "*materia*".

La creazione di tali modelli è compito dei fisici teorici che, per l'appunto, ci sfornano le loro interpretazioni.

Esperimenti:

[11 chilometri](#)

[Entanglement based quantum communication over 144 km](#)

[Realizzata una correlazione quantistica di due particelle all'aria aperta e a una distanza di 600 metri](#)

19 Teletrasporto quantico

La fisica quantica è ben diversa da un'utopia. Gli elettrodomestici, la radio, il lettore CD o mp3, tutta l'elettronica di intrattenimento e non ultimo il computer, il laser, i moderni apparecchi usati in medicina, tutta l'elettronica dei semiconduttori, le nano-tecnologie, la microelettronica e molto altro ancora sono i prodotti dell'applicazione pratica dei principi fisici del mondo dei quanti. Ma tutto ciò non rappresenta ancora tutto quello che discende dalla fisica quantica. Ne vedremo ancora delle belle: dal computer quantico alla crittografia quantica (sta già entrando nelle carte di credito), e molto altro ancora.

Se l'industria avesse dato retta alla scienza ufficiale, ai vari Cicap e Piero Angela, oggi vivremmo in un mondo profondamente diverso. Ringraziando il cielo, sono riusciti solo a ritardare lo sviluppo (di quasi un secolo), ma non a fermarlo.

La fisica quantica nasce essenzialmente, come quasi tutto nella scienza, da misurazioni ed esperimenti a cui poi si cerca di dare una spiegazione formulando teorie.

Dall'esperimento di Aspect sono nate diverse teorie. Da quella oleografica già accennata, a quella dei multi mondi, del Multiverso, delle Stringhe (di cui ne parleremo un'altra volta), ad altre ancora.

Nessuna delle attuali teorie è stata accettata dalla totalità dei fisici.

In quanto al teletrasporto, sia il viaggio nel tempo (anche a ritroso), sia il teletrasporto sono teoricamente possibili.

Quest'ultimo in particolare è stato effettuato in laboratorio diverse volte. L'esperimento che forse risulta più avanzato di tutti è stato fatto in Europa nel 2006.

Ecco il link che ne parla:

[Teletrasporto quantistico tra luce e materia](#)

con la sua pubblicazione su Nature:

[Quantum teleportation between light and matter](#)

Ma su cosa si basa il teletrasporto?

Sugli stati entangled (quelli dell'esperimento di Aspect). Quel fenomeno, per intenderci, per cui se l'eccitazione di un atomo di calcio produce due fotoni correlati che si allontanano, se io ne devio uno, anche l'altro cambia direzione.

Alla base del teletrasporto vi è quindi il non-localismo manifestato dai sistemi di particelle in stato entangled. Alla fine degli anni '90 si era riusciti ad ottenere il teletrasporto

dello stato di polarizzazione di due fotoni correlati, oggi è possibile il teletrasporto di materia.

Se il mondo scientifico non avesse soffocato per circa un secolo la ricerca, ritenendola fantascientifica e paranormale, oggi saremmo molto, ma molto più avanti.

Come cito l'articolo dei Panorama (gennaio 2009) e tutta una serie di altri collegamenti:

[Il teletrasporto di dati è già \(quasi\) realtà](#)

[Teletrasporto quantistico: gli ultimi sviluppi](#)

[MSNEncarta: Teletrasporto](#)

[Il teletrasporto è diventato realtà](#)

[Cicap: Il teletrasporto in laboratorio](#)

[Repubblica: teletrasporto](#)

[Nature physics: Memory-built-in quantum teleportation with photonic and atomic qubits](#)

[Nature: Long-distance teleportation of qubits at telecommunication wavelengths](#)

[Demonstration of a quantum teleportation network for continuous variables](#)

[Nature physics: Quantum information: Spooky teleportation](#)

[Nature: Experimental quantum teleportation of a two-qubit composite system](#)

[Nature: Quantum physics: Push-button teleportation](#)

[Nature: Deterministic quantum teleportation with atoms](#)

20 L'esperimento di Mandel

All'inizio degli anni '90 Mandel dell'Università di Rochester ed i suoi collaboratori hanno compiuto un esperimento straordinario, che mostra come sia sufficiente qualcosa di molto più evanescente di una misurazione per far cambiare lo stato fisico di un sistema: è sufficiente la conoscenza potenziale che possiamo avere di tale sistema!

Magia?

No, fisica contemporanea.

Horgan, nel suo articolo su *Le Scienze* n.289, riporta il commento scherzoso dei fisici Jaynes e Scully, che hanno parlato addirittura di "*negromanzia medievale*" a proposito di questi esperimenti. Lo stesso Horgan parla di "fotoni psichici" e si ricollega alla filosofia del celebre vescovo Berkeley (secolo XVIII), che può essere definita un "*empirismo idealistico*".

Berkeley affermò "*Esse est percipi*", ovvero "*esistere è essere percepito*". Berkeley intendeva dire che l'esistenza di una qualsiasi entità in natura può essere solo testimoniata da una percezione cosciente, per cui tutta la realtà può essere ridotta ad atti di consapevolezza, ovvero a idee, senza che sia necessario che la materia esista oggettivamente!

Ma torniamo agli aspetti pratici e vediamo l'esperimento di Mandel.

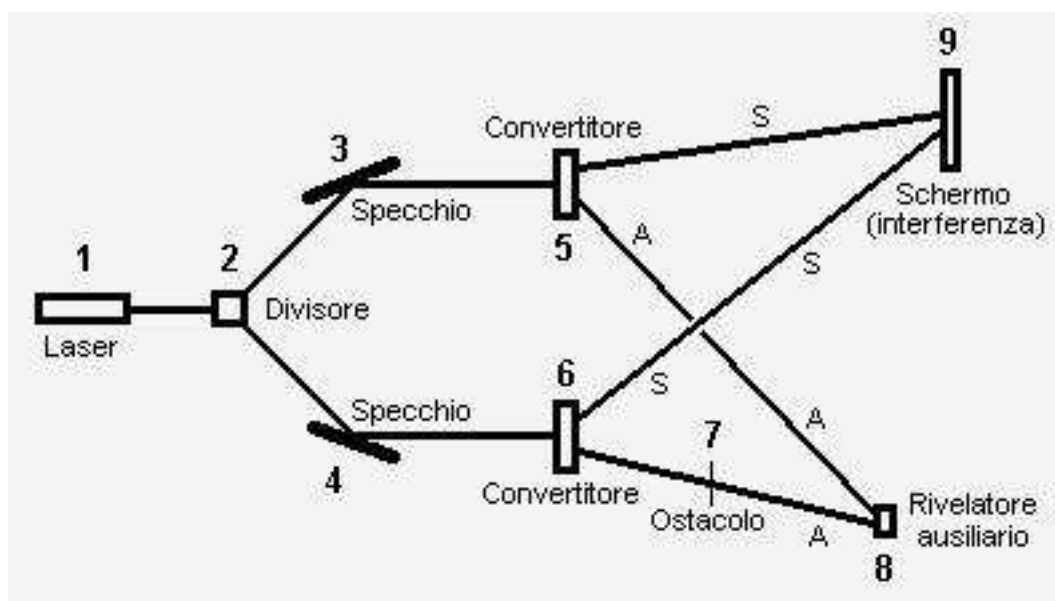
Anzitutto ricreiamo una situazione simile a quella del fotone che transita attraverso le due fenditure, ma per mezzo di un dispositivo diverso, cioè uno specchio semi-riflettente (detto anche divisore di fascio): esso trasmette la luce al 50%, ovvero solo metà dell'intensità luminosa riuscirà ad attraversare lo specchio, mentre l'altra metà sarà riflessa.

Analizzando i singoli fotoni, in una descrizione tradizionale diremmo che la probabilità che un fotone attraversi lo specchio (invece di essere riflesso) è del 50%. Se consideriamo 100 fotoni, secondo la logica convenzionale ci aspettiamo statisticamente che circa 50 fotoni attraversino lo specchio, mentre gli altri 50 vengano riflessi: il fascio iniziale di 100 fotoni quindi sarà diviso in due fasci diversi che percorrono cammini diversi. Questo però è vero solo se abbiamo modo di rivelare esplicitamente i singoli fotoni, altrimenti dobbiamo ammettere che ciascun fotone si troverà in uno strano "*stato di sovrapposizione*", cioè al 50% attraverserà lo specchio ed al 50% sarà riflesso. In altre parole, il percorso di ciascun fotone sarà indefinito, poiché "*per metà*" passerà attraverso lo specchio e "*per l'altra metà*" verrà riflesso, sebbene esso sia indivisibile!

Se noi non misuriamo esplicitamente il percorso seguito dal fotone e facciamo incidere i due percorsi potenziali su uno schermo, otterremo la solita figura di interferenza: ovvero

il fotone (pur rimanendo una particella singola) passerà da entrambi i percorsi e alla fine produrrà interferenza con se stesso. Fin qui avviene ciò che abbiamo visto nell'esperimento di Wheeler (esperimento a scelta ritardata), anche se stavolta il misterioso sdoppiamento del singolo fotone non è causato dalle due fenditure bensì dallo specchio semi-riflettente.

Come si vede nella figura, il laser (1) emette un fotone, lo specchio semi-riflettente (2) "divide" il fotone in due parti fantasma, e ciascuno delle due parti fantasma percorre un percorso diverso (3 e 4). Gli specchi nei punti 3 e 4 sono "normali" (non semi-riflettenti) e servono solo a indirizzare in maniera opportuna i due percorsi.



Schema dell'incredibile esperimento di Mandel

Su ciascun percorso vi è un "convertitore verso le basse frequenze". Ciascun convertitore (5 e 6) divide il proprio fotone fantasma in due fotoni gemelli di energia dimezzata. Uno viene chiamato "fotone segnale" ed è indicato con S, mentre l'altro viene chiamato "fotone ausiliario" ed è indicato con A. Infine, i due percorsi S vengono rivelati sullo schermo (9), mentre i due percorsi A vengono indirizzati sul rivelatore ausiliario (8). In realtà, per ragioni tecniche, il sistema realmente usato dall'equipe di Mandel è leggermente più complicato, ma è concettualmente equivalente a quello appena descritto.

Vediamo allora come funziona l'intero sistema: il laser (1) spara un singolo fotone alla volta che incide sullo specchio semi-riflettente (2). Poiché noi non misuriamo quale percorso viene effettuato dal fotone, esso fantomaticamente passa da entrambi i percorsi (3 e 4), e nei convertitori 5 e 6 il fotone fantasma viene diviso in due fotoni gemelli di energia dimezzata. Alla fine, i due percorsi "segnale" (indicati con S) incidono sullo schermo (9) dove il fotone S farà interferenza con se stesso (cioè con l'altra parte di se

stesso passato dall'altro percorso). In seguito dal laser spariranno altri fotoni, uno alla volta, ed alla fine come risultato vedremo una chiara figura di interferenza sullo schermo (9).

La situazione è simile a quella dell'esperimento con le due fenditure e l'unica differenza è che qui la situazione è "raddoppiata" (grazie ai convertitori 5 e 6), cioè abbiamo anche i due percorsi "ausiliari" (indicati con A), per cui, ogni volta che un fotone colpirà lo schermo (9), contemporaneamente riscontremo l'arrivo di un fotone anche sul rivelatore ausiliario (8), ovvero registreremo una cosiddetta "coincidenza". In quest'analisi abbiamo presupposto che non vi sia ancora un ostacolo nel punto 7, che si trova sul percorso di uno dei fasci ausiliari.

Benissimo: ora viene il bello. Vediamo che cosa succede se si inserisce appunto un ostacolo nel punto 7. Una volta che i percorsi sono stati divisi, ci aspettiamo che essi siano indipendenti: perciò l'ostacolo nel punto 7 non dovrebbe alterare la figura di interferenza nello schermo (9) poiché il punto 7 si trova su un altro percorso, che porta al rivelatore ausiliario (8) e non allo schermo (9).

Ma se inseriamo l'ostacolo nel punto 7, interrompendo così il percorso di un fascio ausiliario, la figura di interferenza dei fasci segnale nello schermo (9) scompare! Eppure non abbiamo effettuato misure sui fasci segnale (che finiscono sullo schermo, 9), ma solo su un fascio ausiliario (che finisce nel rivelatore, 8)! Anche se allontaniamo moltissimo i due fasci (A e S) tra di loro, quando operiamo sui fasci A incredibilmente produciamo un'influenza sui fasci S, che contraddice la località di Einstein.

Com'è possibile? Che cos'è cambiato rispetto al caso precedente quando non vi era un ostacolo nel punto 7? È cambiata la "conoscenza potenziale" che abbiamo sui fasci segnale: poiché il percorso che passa dall'ostacolo 7 è interrotto, quando riveliamo un fotone sul rivelatore degli ausiliari (8) esso deve provenire necessariamente dal percorso che passa per lo specchio 3 (non può provenire dal percorso dello specchio 4 appunto perché interrotto nel punto 7). Perciò, misurando la sua coincidenza col fotone segnale sullo schermo (9) noi saremmo in grado di dire con certezza che quel fotone segnale proveniva dal percorso dello specchio 3, cioè sapremmo che il fotone è passato "interamente" da questo percorso e conseguentemente non può essere passato dal percorso dello specchio 4: per questo non può fare interferenza (come nel caso delle due fenditure).

Questo spiega perché la figura di interferenza nello schermo (9) viene distrutta se inseriamo un ostacolo (7) sul fascio ausiliario. Il fatto notevole è che si tratta di una sconcertante "azione fantomatica a distanza": agendo sul punto 7 alteriamo lo stato fisico in un luogo diverso, cioè sullo schermo (9), dove la figura di interferenza viene distrutta, e questo è dovuto al fatto che ora noi sappiamo o possiamo dedurre quale percorso avrà seguito il fotone che inciderà sullo schermo (9): è dovuto cioè a una conoscenza, ad un'informazione, ad un atto di consapevolezza, e non ad un intervento materiale diretto. Questa "conoscenza potenziale" è sufficiente ad alterare lo stato fisico sul rivelatore dei segnali, distruggendo la figura di interferenza.

Nota: alcune persone, potrebbero obiettare che vi può essere una qualche azione fisica retroattiva sul fascio di luce: tale presunta azione tornerebbe indietro dal punto 7 fino

al punto 6 o addirittura al punto 2, ed influenzerebbe il risultato sullo schermo 9 senza bisogno di "azioni fantasma". Ma tale spiegazione non ha alcun senso fisico: non vi è nulla che torna indietro, i fotoni si muovono in avanti, e per giunta non costituiscono un fascio continuo poiché i fotoni sono quantizzati, e viene emesso solo un fotone alla volta.

Sfruttando "giochi di prestigio quantistici" di questo genere, i fisici P.Kwiat, H.Weinfurter e A.Zeilinger hanno dimostrato che sono possibili delle "misure senza interazione", ovvero ci si può accorgere della presenza di un oggetto macroscopico (cioè "classico" e non quantistico) utilizzando le caratteristiche quantistiche dei fotoni e la loro non-oggettività (nota: nel caso di un oggetto macroscopico la sua posizione "oggettiva" è probabilisticamente elevatissima, cioè praticamente certa; però l'esperimento sfrutta le qualità di non-oggettività quantistica del fotone rivelatore, che così rivela l'oggetto senza interagire con esso!).

Misure senza interazione potrebbero avere applicazioni importantissime in campo medico, per ridurre fortemente l'intensità delle radiazioni nell'osservazione specialistica di tessuti organici. Si immagini per esempio di poter fare una radiografia a tutti gli effetti, ma riducendo drasticamente l'esposizione ai raggi X. Un'articolo su questo tema è stato pubblicato su Le Scienze n.342 del 1997.

Per capire come ciò sia possibile, ci si può ricollegare all'esperimento di Mandel descritto sopra. Immaginiamo che l'oggetto da rivelare sia l'ostacolo inserito nel punto 7: ebbene, noi possiamo rivelare la presenza dell'oggetto verificando se sullo schermo (9) si forma o meno la misura di interferenza! Si tratta quindi di una misura indiretta che non coinvolge esplicitamente l'oggetto.

Purtroppo l'oggetto verrà comunque colpito da un fotone nel 50% dei casi (poiché statisticamente nel 50% dei casi lo specchio semi-riflettente 2 lascerà passare un fotone che attraverso il percorso 4 colpirà effettivamente l'oggetto nel punto 7). L'esposizione alla radiazione però può essere ridotta a piacere sfruttando un metodo ingegnosissimo detto "Effetto Zenone quantistico": Kwiat, Weinfurter e Zeilinger sono già riusciti a ridurre dell'85% la radiazione necessaria, lasciando un'esposizione solo del 15%.

Inoltre vi sono altre applicazioni pratiche di questi "giochi di prestigio quantistici". Per esempio il teorema di Bell permette l'esistenza di una "crittografia quantistica" assolutamente sicura, poiché decifrabile solo da chi possiede la chiave originale. Ma non basta. Sono già allo studio dei "computer quantistici" basati sui qubit, ovvero su "bit quantistici" che possono sfruttare gli stati di sovrapposizione quantistica.

Per non parlare del "teletrasporto (4)" di cui abbiamo già visto alcuni esempi.

21 L'elettrone esiste o non esiste?

I fisici che si interessano alla fisica quantica sono invece d'accordo sul fatto che l'elettrone, ma anche il resto, proprio non esiste.

Per essere più precisi, l'elettrone esiste solo come nuvola o onda di probabilità. E si materializza solo quando è osservato (misurato).

I fisici hanno dibattuto a lungo sul significato di questo fatto: che senso ha dire che lo stato di un elettrone è un insieme di possibili stati? L'elettrone è qui o lì?

In fisica classica non ci sono dubbi: è qui (il "*qui*" che misurerà anche il microscopio).

Ma in fisica quantica l'elettrone è sia qui sia lì, semplicemente con diverse probabilità di essere qui e lì. Soltanto dopo che l'ho misurato posso dire che è qui. Il fatto lasciò così perplessi i fisici che Schrödinger stesso propose il famoso paradosso del gatto che è al tempo stesso vivo e morto, in quanto la particella da cui dipende la sua esistenza è al tempo stesso qui e lì!

Che cos'è la "*realtà*" del mondo per la fisica quantica? Sfortunatamente quella che noi percepiamo come realtà si scopre essere semplicemente una serie di incidenti di percorso. Se crediamo alla fisica quantica, il mondo è nelle mani di queste onde di probabilità. Ogni tanto una di queste onde "*collassa*", e allora, e soltanto allora, succede qualcosa (le quantità fisiche assumono dei valori osservabili). La sequenza di quei "*qualcosa*" costituisce la realtà che percepiamo noi.

Nulla nella fisica quantistica spiega cosa realmente accada quando un sistema quantistico "*collassa*": il collasso corrisponde a un cambiamento nello stato del sistema, oppure corrisponde semplicemente a un cambiamento nella conoscenza che io ho di quel sistema?

Naturalmente, viene subito la tentazione di puntare il dito verso la coscienza (esperimento di Mandel). Forse il collasso è dovuto al fatto che un essere senziente compie la misurazione. Forse la mente entra nel mondo attraverso il pertugio lasciato aperto dal principio di indeterminatezza di Heisenberg. Forse la fisica quantistica ci sta dicendo che la mente umana "*deve*" esistere affinché il resto dell'universo possa esistere, altrimenti non ci sarebbe nessuno ad osservarlo e ciò significa che resterebbe in eterno nel limbo delle possibilità.

La realtà è il contenuto della nostra coscienza, come ha scritto recentemente Eugene Wigner.

Un'altra possibilità è quella di negare semplicemente che si verifichi questo misterioso "*collasso*" della funzione d'onda. Invece di ammettere che il futuro venga scelto a caso

ogni volta che la funzione collassa, uno può decidere che tutti i possibili futuri si verificano tutti insieme. In ogni secondo l'universo si divide in miliardi di altri universi, uno corrispondente a ogni possibile valore di ogni possibile quantità che uno potrebbe misurare. È questa la teoria di Hugh Everett III: se qualcosa può succedere, allora succede... in qualche universo. Una copia di me esiste in ogni universo. Io osservo tutti i possibili risultati di una misurazione, ma lo faccio in universi diversi. Fra coloro che credono in questa ipotesi si contano luminari come David Deutsch e Stephen Hawking.

Wojciech Zurek pensa che tutto contribuisca al collasso, e che il collasso possa avvenire per gradi successivi. L'ambiente distrugge quella che Zurek chiama "*coerenza quantistica*". E per "*ambiente*" intende proprio tutto, dalla singola particella che transita per caso fino al microscopio. L'ambiente causa "*decoerenza*" e la decoerenza causa una sorta di selezione naturale alla Darwin: lo stato classico che emerge da uno stato quantistico è quello che meglio si "*adatta*" all'ambiente. Non sorprende pertanto che, studiando questo fenomeno, Zurek stia pervenendo a intriganti paralleli con il fenomeno della vita (l'altro grande mistero della natura è, ovviamente, quello di come la materia vivente emerga dalla materia non vivente).

22 Il tempo

22.1 Premesse

Il concetto di tempo e il concetto di causalità sono sempre stati al centro di quel “*fare scienza*” che distingue gli esseri umani dalle altre forme di vita: ma come si sono evoluti questi concetti nel corso dei secoli?

Galileo e Newton sono stati i grandi teorizzatori di quella che potremmo chiamare “causalità meccanica”, secondo la quale tutti i fenomeni osservabili nell’universo hanno una causa posta nel passato che li determina e li rende riproducibili, ovvero causabili, in laboratorio.

Questo tipo di causalità, ovviamente, è legata alla concezione, a noi estremamente familiare, secondo la quale il tempo scorre in modo lineare dal passato al futuro: il verso del tempo è obbligato, ciò che è passato è ormai alle nostre spalle, mentre ciò che si pone nel futuro non è ancora avvenuto.

Questa visione ha dato l’avvio al metodo sperimentale che, con successo, è stato applicato allo studio non solo dei sistemi meccanici, ma anche dei sistemi viventi. Lo scopo principale del metodo sperimentale è infatti quello di evidenziare i rapporti di causalità tra gli eventi: in esso, le variabili della ricerca vengono controllate in modo tale da mettere in luce in modo specifico i rapporti di causa-effetto (Poli, 1994).

I progressi scientifici ottenuti in fisica a partire dalla fine del XIX secolo hanno però costretto a rivedere questa immagine usuale dello scorrere del tempo.

Il punto di partenza di questo processo è rappresentato dalle famose equazioni note come “*trasformazioni di Lorentz*”, che legano il tempo alla velocità, e dalle quali è nata la teoria della relatività ristretta di Albert Einstein (Einstein, 1916). Einstein sviluppò la teoria della relatività ristretta allo scopo di allargare la validità del principio di relatività di Galilei a tutti i fenomeni fisici, in particolare anche a quelli elettromagnetici.

La teoria della relatività si basa sulla costanza della velocità della luce. Fra le sue conseguenze più importanti ci sono la ridefinizione dei concetti di spazio e tempo, come pure la scoperta dell’equivalenza fra massa ed energia.

Il concetto di tempo assoluto viene a cadere, essendo il tempo relativo al sistema di riferimento nel quale esso viene misurato: questo significa che due eventi simultanei in un certo sistema di riferimento non lo sono più in un altro, perché il tempo scorre in maniera diversa nei diversi sistemi di riferimento (Einstein, 1916).

Nel corso del Cinquecento e del Seicento prese l'avvio quel grandioso processo di rivoluzione scientifica che, travolgendo completamente la concezione medievale dell'uomo e del cosmo, determinò la visione del mondo ed il sistema di valori che sono tutt'oggi alla base della nostra cultura.

La rivoluzione scientifica ebbe inizio con le osservazioni astronomiche di Niccolò Copernico (1473-1543), che rovesciarono la concezione geocentrica allora diffusa, rappresentata dal sistema aristotelico-tolemaico (Capra, 1992).

In contrapposizione al sistema aristotelico-tolemaico, il nuovo sistema eliocentrico proposto da Copernico poneva il Sole al centro dell'universo, facendone il centro dei moti di rivoluzione dei pianeti.

A Copernico fece seguito Giovanni Keplero (1571-1630). Che enunciò le tre leggi del sistema planetario.

Il vero mutamento nell'opinione scientifica, tuttavia, fu opera di Galileo Galilei (1564-1642).

Utilizzando il telescopio, di recente invenzione, Galileo si dedicò ad attente osservazioni astronomiche giungendo a togliere ogni credito all'antica cosmologia ed avvalorando l'ipotesi copernicana come teoria scientificamente valida (Galilei, 1979).

Allo scopo di permettere una descrizione matematica della natura, il metodo di Galileo si fondò sullo studio delle proprietà fondamentali dei corpi materiali, quelle che potevano essere misurate e quantificate.

22.2 Microcosmo e macrocosmo: simmetria ed asimmetria del tempo

Nel 1951 John Stewart Bell dimostrò l'esistenza della famosa simmetria CPT (Charge Parity and Time reversal symmetry), anche nota come simmetria del tempo, secondo la quale si osserva, nel microcosmo, una perfetta simmetria di tutti i processi relativamente al verso del tempo (Nambu, 1985).

La simmetria CPT è una ulteriore conferma sperimentale ed empirica del fatto che le leggi del microcosmo sono governate dalla duplice soluzione dell'energia, dal duplice verso del tempo e dalla duplice causalità (Taylor, 2001).

Al contrario, per quanto riguarda il livello macroscopico, nel 1982 l'astrofisico Frautschi dimostrò che, in un universo in espansione come il nostro, l'entropia può solo aumentare e che per questo motivo le leggi della fisica classica mostrano un'asimmetria a favore dell'entropia.

Questa ipotesi era stata inizialmente avanzata da Wheeler e Feynman nel 1949, mentre nel 1927, Sir Arthur Eddington (1882-1944) aveva dimostrato che "*l'entropia è la freccia del tempo*", nel senso che essa obbliga gli eventi fisici a muoversi dal passato verso il futuro.

Nel macrocosmo l'esperienza sensibile e comune del tempo è quindi quella di eventi che fluiscono incessantemente dal passato verso il futuro, con cause collocate nel passato.

Questa contrapposizione microcosmo/macrocosmo suggerisce l'esistenza di un duplice livello di descrizione della realtà:

- quello della fisica classica (macrocosmo), nel quale il tempo fluisce dal passato verso il futuro e la causalità è di tipo meccanico;
- quello della fisica quantistica (microcosmo), nel quale il tempo è simmetrico ed unitario e la causalità può fluire in entrambi i versi: dal passato verso il futuro e dal futuro verso il passato (energia negativa, vedi Sintropia).

La duplice soluzione dell'energia creò non pochi problemi ai fisici degli anni '30.

L'energia a segno negativo e le onde che si propagano a ritroso nel tempo erano infatti considerate inaccettabili e assurde, nonostante le continue verifiche sperimentali che confermavano la loro effettiva esistenza. Per questo motivo, nel 1934, Heisenberg suggerì di rimuovere la soluzione negativa utilizzando un espediente messo a punto dallo stesso Dirac, per semplificare i calcoli, noto come "*sottrazione di ordine zero*".

Operando in questo modo, si toglieva dall'equazione l'energia associata allo spin delle particelle (cioè p), della quale non si teneva più conto nei calcoli. Heisenberg utilizzò questo artificio per affermare l'inesistenza degli stati negativi, dando vita a quello che oggi è noto come Modello Standard della Fisica (SM), in contrapposizione al Modello non Standard (NSM) che riconosce l'energia $-E$.

22.3 L'esperimento EPR

La teoria della relatività ristretta di Einstein mostra che l'energia positiva può tendere alla velocità della luce, ma non può mai superarla. Ad esempio, per percorrere la distanza che separa la Terra dalla Luna (300.000 Km) un segnale luminoso impiega 1 secondo, mentre per percorrere la distanza che separa la Terra dal Sole (150.000.0000 Km) impiega poco più di 8 minuti.

L'energia negativa, invece, viaggerebbe sempre al di sopra della velocità della luce, fatto che consentirebbe di trasmettere segnali in modo istantaneo, indipendentemente dalla distanza spaziale e temporale.

Nel 1980 Alain Aspect realizzò il primo esperimento EPR (Einstein-Podolski Rosen) che ha di fatto dimostrato la possibilità di trasmettere istantaneamente informazione indipendentemente dalla distanza spaziale (Aspect, 1982). L'esperimento EPR, proposto nel 1935 da Einstein, consisteva nel dividere due elettroni che condividevano lo stesso stato quantico (ossia la stessa orbita attorno ad un nucleo atomico), allontanarli ed effettuare quindi la misura del loro spin.

Lo spin o "*trottola*" è quel fenomeno per cui un elettrone gira su se stesso, come un pallone sull'asse di un giocoliere. Può girare in senso orario o in senso antiorario e, come

la punta di un trapano, se gira in senso orario va in su (entra), mentre se gira in senso antiorario va in giù (esce).

In base al principio di esclusione di Pauli, che vige senza alcun limite di spazio e di tempo, se il primo elettrone della coppia inverte il proprio spin, automaticamente e istantaneamente anche il secondo elettrone deve necessariamente invertire il proprio spin.

In altre parole, una particella si deve adeguare istantaneamente all'altra anche se viene portata ai confini dell'Universo (Corbucci, 2005).

Nel 1980, due elettroni accoppiati furono separati a Roma presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (I.N.F.N.) e uno dei due venne trasportato (confinato in un contenitore magnetico, con complicatissimi accorgimenti) al C.E.R.N. (Centro Europeo di Ricerche Nucleari) di Ginevra. A Ginevra fu poi cambiato lo spin dell'elettrone e istantaneamente anche lo spin dell'elettrone rimasto a Roma si girò, come atteso in base al principio di esclusione di Pauli.

Einstein tuttavia, pur avendo teorizzato questo esperimento, non aveva previsto però che il cambiamento dello spin potesse avvenire a distanza (in questo caso 1.000 km) e istantaneamente. Einstein aveva infatti proposto questo esperimento solo per dimostrare che, essendo lo spin delle due particelle correlato, è possibile conoscere contemporaneamente tutte le informazioni sulle particelle (posizione e velocità) contraddicendo in questo modo il principio di indeterminazione di Heisenberg.

L'esperimento EPR è stato replicato nei laboratori di tutto il mondo e mostra che quando si separano due elettroni accoppiati, indipendentemente dalla loro distanza, la misura sull'uno corrisponde esattamente e istantaneamente alla misura sull'altro. E' come se il secondo elettrone "*conosca*" che cosa stia accadendo al primo indipendentemente dalla distanza che li separa.

22.4 Conclusioni

Nel primo esperimento EPR si è stimato che la velocità di trasmissione superava di almeno venti volte la velocità della luce nello spazio vuoto.

In un recente esperimento, effettuato a Ginevra da Nicolas Gisin (Baggott, 2003), si è osservata una velocità che, secondo le stime più conservative, è di almeno 20.000 volte superiore a quella della luce e in base alle stime non conservative è di almeno 30 milioni di volte superiore alla velocità della luce.

Questi risultati mostrano che la trasmissione del segnale non è avvenuta tramite le proprietà dell'energia positiva, ma tramite le proprietà dell'energia negativa, dimostrando in questo modo l'effettiva esistenza dell'energia a segno negativo teorizzata dall'equazione energia/momento/massa.

Ma se la velocità della luce è stata superata di 20.000 volte, dove va a finire la teoria della Relatività...?

22.5 Tempo, spazio, velocità della luce, materia ed energia

Il concetto di tempo non è comprensibile se non insieme ai concetti di spazio, materia ed energia elettromagnetica e gravitazionale.

La maggiore difficoltà non è nel capire i concetti base, ma nell' esporli a persone che sono state istruite secondo la scienza ufficiale, per cui ad ogni termine vengono associati certi concetti, che in realtà sono soltanto vagamente descrittivi di apparenze; per poter ben spiegare si deve costruire una nuova terminologia, esplicativa della vera sostanza di ogni concetto.

Alla parola tempo si associa il concetto dello scorrere inesorabile del medesimo in avanti, in un flusso apparentemente inarrestabile. I più vicini al vero sono i musicisti, che col termine tempo indicano una successione di battute separate da intervalli uguali, la maggiore o minore durata dei quali definiscono la velocità del tempo: adagio, medio, allegro, etc.

In effetti il tempo, per quanto appaia un flusso continuo, in realtà non può non avere una unità fondamentale, osservò il Todeschini: se la sua unità fosse uguale a zero, una successione di zeri avrebbe come risultato sempre zero, non esisterebbe alcunché, per cui l'unità temporale deve essere diversa da zero.

Quindi al concetto di tempo, che scorre come l'acqua di un fiume, dovremo sostituire il concetto di una natura oscillatoria, ritmica, come un'onda.

Todeschini è anche autore di una spiegazione della gravità semplicemente perfetta esposta più volte; ricordo solo brevemente che l'effetto di gravitazione che noi avvertiamo come peso, che ci trattiene a terra, è l'effetto di un flusso di etere rotorivolvente che ci spinge verso il centro della Terra, ma che flussi di etere rotorivolventi in senso opposto si respingono, dando luogo a quella che impropriamente per comodità viene chiamata antigravità, ma sarebbe corretto definire repulsione gravitazionale: in sostanza, come esistono attrazione e repulsione magnetica, non diversamente esistono attrazione e repulsione gravitazionale.

Per legge di simmetria, essendo parimenti la natura del tempo oscillatoria, ne consegue che ad un tempo positivo debba fare riscontro un tempo negativo. Esattamente come alla materia fa da controparte l'antimateria.

Preveggo chi volesse obiettare che non si sono mai viste le lancette dell'orologio andare all'indietro dicendo che Tesla lo ha visto in laboratorio, e di qui è scaturita l'idea che avrebbe poi messo nelle mani di alcuni sconsiderati, dopo la morte di Tesla, l'apparecchiatura con cui hanno combinato quel pasticcio chiamato esperimento Filadelfia.

Ma è assolutamente inutile descrivere le apparecchiature senza che sia stato compreso il principio fisico.

Luce, elettromagnetismo, tempo, gravità e materia non sono cose indipendenti fra di

loro, ma sono strettamente interdipendenti fra di loro esattamente nell'ordine in cui le ho elencate.

Dopo Todeschini, chi secondo me ha fatto un passo decisivo nella comprensione della realtà è il capitano Bruce Cathie, molto noto in alcuni ambienti scientifici.

Soltanto da poco si comincia a segnalare che la velocità della luce non ha un valore massimo, ma c'è chi inascoltato se ne è accorto ben prima, e ne ha dedotto tutto quello che ne consegue.

La velocità della luce non è la stessa nello spazio interstellare ed in prossimità di campi gravitazionali, e nemmeno fra l'equatore ed i poli terrestri. La insuperabilità della velocità massima della luce è l'argomento chiave per negare la possibilità che qualche extraterrestre possa, anche solo per sbaglio, capitare dalle nostre parti.

Il celeberrimo prof Carlo Rubbia dichiarò in un'intervista televisiva che, essendo tanto grandi le distanze interstellari, ammesso che si possa viaggiare alla velocità della luce, un ipotetico extraterrestre, accortosi che sulla terra c'è vita, impiegherebbe tanto tempo, per cui al suo arrivo la civiltà terrestre avrebbe fatto in tempo ad essersi estinta, dal che occorre dedurre che gli ufo debbono avere qualche altra spiegazione. La vita c'è sicuramente nel cosmo da qualche altra parte, chi potrebbe negarlo?

Ma è tanto irraggiungibile, che è come se non esistesse, per cui si vuol far credere che gli extraterrestri non possono essere qui. Ciò veniva esposto con fare nervoso e falsamente cortese, come quando si dice qualcosa per non dispiacere a qualcuno, ma si è convinti del contrario...

Un vero attore avrebbe recitato questa scena con più convinzione.

Ma non si può pretendere che uno scienziato sappia anche recitare.

Ebbene non uno solo di questi dogmi è vero, a partire dalla massima velocità della luce, uno dei presupposti della famosa teoria della relatività di Einstein.

Dove, stabilendo un limite invalicabile alla velocità della luce, si è dovuto far ricorso alle contrazioni di Lorentz e poi, per aver voluto negare l'esistenza dell'etere, si sono dovute attribuire proprietà allo spazio vuoto, ma il nulla non può aver alcuna proprietà, come fa ed esistere un nulla curvo?

Il nulla non può essere altro che nulla, né dritto né curvo; se la luce, incontrando un campo gravitazionale, invece di tirar dritto per la sua strada come se niente fosse, si sente in dovere di seguire un percorso curvo, vuol dire che quel nulla attraversato non è poi così nulla come si vorrebbe far credere.

Ma gli scienziati hanno il dono di complicare le cose, al punto che nessuno ne capisce più nulla, ma per non fare brutta figura si ripete a pappagallo qualcosa che non si capisce che, essendo stato detto da qualcuno famoso, nessuno osa criticare per non rendersi un antipatico guastafeste, e magari nemmeno perdere il posto tanto sudato all'università.

Bruce Cathie ha trovato la relazione armonica fra la diminuzione della velocità luce e il formarsi di un campo gravitazionale, da cui si forma la materia.

Riassumendo quelle che vengono chiamate particelle materiali, non sono altro che vortici di luce, formanti una onda stazionaria, che noi chiamiamo materia.

Non è certamente una novità affermare che la materia altro non è che energia condensata, ma è nuovo il fatto che Cathie ha risolto la famosa equazione di Einstein esprimendo la massa m nel corrispondente valore energetico.

La trasformazione della luce in materia avviene mediante lo stabilirsi di un campo elettromagnetico, che corrisponde al corpo eterico che ogni cosa ha, questa oscillazione è l'inizio della linea temporale, a cui fa seguito lo stabilirsi del campo gravitazionale, a cui fa seguito la materializzazione. Il tempo è il ritmo a cui oscilla una determinata realtà materiale, esattamente come vi sono nello spazio contemporaneamente oscillazioni elettromagnetiche di differente frequenza provenienti da differenti trasmettitori, altrettanto esistono differenti realtà materiali caratterizzate solo da una differente frequenza base.

Come ruotando la manopola di sintonia dei nostri apparecchi radio possiamo ascoltare differenti stazioni, così variando la nostra frequenza base è possibile passare da una dimensione all'altra, come nell'esperimento Filadelfia.

Fosse così semplice, si dirà, ma in linea di principio lo è, in pratica per far cambiare di dimensione qualcosa occorre mettere in moto ben più energia di quanta non ne serva per ascoltare la radio o vedere la televisione.

E soprattutto occorre trovare le giuste frequenze e forma d'onda per formare il vortice eterico necessario. (Liberamente tratto da un articolo di Carlo Morsiani. È doveroso aggiungere che la teoria di Cathie, per quanto integrante, non fa sicuramente parte delle interpretazioni e teorie scientifiche).

23 Trasmissione informazioni a velocità superiore a quella della luce

(da [Quali sono i più importanti esperimenti su velocità superluminali eseguiti negli anni 2004-2005?](#) di Erasmo Recami Facoltà di Ingegneria, Università di Bergamo)

23.1 Neutrini

In primo luogo, una serie di esperimenti cominciati nel 1971, sembra indicare che il quadrato del quadrimomento (chiamato erroneamente il quadrato della massa a riposo) dei neutrini muonici, e più recentemente anche dei neutrini elettronici, sia negativo; il che se confermato vorrebbe dire che (usando il linguaggio naif di cui sopra) tali neutrini hanno "massa immaginaria" e sono quindi superluminali, o "*tachionici*". Pochissimi dei colleghi, però, vi credono: e gli esperimenti con fasci di neutrini che vanno dal Cern al Gran Sasso non sono in grado di verificarlo direttamente. C'è chi, però, ha bisogno dell'ipotesi che i neutrini siano tachionici per spiegare i flussi di neutrini provenienti dalla supernova 1987A rivelati nei laboratori del Monte Bianco (Italia) e di Kamiokande (Giappone).

23.2 Micro-quasar galattici

In secondo luogo, altre osservazioni sperimentali - questa volta astrofisiche - avevano rivelato, sempre a partire dal 1971, la presenza di oggetti molto veloci espulsi dal nocciolo di vari quasar; e tali velocità risultavano apparentemente superluminali, per lo meno se i quasar sono davvero molto distanti da noi, come normalmente ritenuto. Negli ultimi anni sono state scoperte delle apparenti espansioni superluminali all'interno di corpi (chiamati provvisoriamente micro-quasar) appartenenti alla nostra Galassia: e in questo caso le incertezze sulle loro distanze sono di poco conto. È d'obbligo ricordare però che per queste osservazioni astronomiche esistono interpretazioni ortodosse, le quali sono accettate dalla maggior parte degli astrofisici. Qui menzioniamo soltanto che semplici considerazioni geometriche spaziali indicano che una singola sorgente superluminale - di luce verrebbe osservata:

- (a) inizialmente, nella fase di "*bangottico*" (analogo al "*bang*" acustico prodotto da un aereo che viaggia con velocità supersonica costante), come una sorgente intensa che appare all'improvviso; e che
- (b) in seguito appare scindersi in DUE oggetti che si allontanano l'uno dall'altro con velocità $V > 2c$.

Passiamo ora ai due argomenti in cui ci sono risultati superluminali incontrovertibili - a parte eventualmente la loro interpretazione - e accettati da tutti gli esperti dei due settori.

23.3 Onde evanescenti e "*tunnelling photons*"

In terzo luogo, nell'ambito della meccanica quantistica (e precisamente nei fenomeni di "*tunnelling*") era stato calcolato che il tempo impiegato da un "*pacchetto d'onda*" nell'attraversare una barriera quantistica - valutato o come semplice "phase time", o, meglio, valutato analizzando l'evoluzione dei pacchetti d'onda - non dipende dalla lunghezza della barriera per barriere opache (effetto Hartman): il che implica velocità (di gruppo) V superluminali e arbitrariamente grandi all'interno di barriere sufficientemente lunghe. Esperimenti che possano verificare questa previsione con particelle elementari sono difficili (anche se ne esistono di recenti, con neutroni).

Per fortuna l'equazione di Schrödinger, che regola il comportamento di una particella - un elettrone, diciamo - in presenza di una barriera di potenziale quantistica, è matematicamente identica all'equazione di Helmholtz, alla quale obbedisce un'onda elettromagnetica che si propaga ad esempio in una guida d'onda metallica disposta lungo l'asse x : e una barriera quantistica di altezza U maggiore dell'energia E dell'elettrone corrisponde a un restringimento della guida d'onda, ovvero a un segmento di guida con larghezza trasversale inferiore a un certo valore critico.

Un tratto di guida "*sottodimensionata*" si comporta quindi come una barriera per l'onda (photonic barrier); ricordiamo che l'onda all'interno di tale "*barriera classica*" diviene un'onda detta "*evanescente*". Quindi, un esperimento di tunnelling può essere simulato ricorrendo a onde evanescenti (per le quali si può generalizzare il concetto di velocità di gruppo); e che le onde evanescenti viaggino con velocità superluminali è stato effettivamente verificato in una serie di famosi esperimenti.

Più precisamente, vari esperimenti - effettuati dal 1992 in poi da G.Nimtz a Colonia, dal gruppo di R. Chiao e A. Steinberg a Berkeley, da A. Ranfagni e colleghi a Firenze, e da altri a Vienna, Orsay, Rennes ecc. - hanno verificato che i "*fotoni tunnellanti*" viaggiano con velocità di gruppo superluminali. Questi esperimenti hanno avuto a loro tempo vasta risonanza, anche tra la stampa non specializzata, avendone parlato con editoriali e articoli riviste come Nature, New Scientist, Scientific American, e perfino Newsweek. Aggiungiamo che dalla stessa relatività (estesa) si sapeva che le onde evanescenti dovevano possedere velocità maggiori di c : come da noi confermato perfino con simulazioni numeriche basate sulle sole equazioni (di Maxwell) dell'elettromagnetismo classico; il

tutto appare quindi autoconsistente. Le discussioni più vive al riguardo si riferiscono non ai risultati sperimentali, ma alla questione *SE essi permettano o no l'invio di segnali o di informazione a velocità superluminale...*

Gli esperimenti di gran lunga più interessanti nel presente contesto son quelli effettuati con due o più barriere classiche (ad esempio, con due tratti di guida d'onda sottodimensionata separati da un tratto di guida normale: per onde entro opportune bande di frequenza - cioè per "*tunnelling fuori risonanza*" -, si verificò che il tempo di attraversamento del sistema di guide non dipende dalla lunghezza della guida (normale) intermedia: ovvero che lungo di essa la velocità è infinita. Ciò concorda con le previsioni della Meccanica Quantistica, messe da noi in evidenza, per il tunnelling non risonante attraverso due successive barriere opache.

Un importante nuovo esperimento, che ha confermato tutto quanto sopra, è stato da noi effettuato nel 2002 presso il Politecnico di Milano, usando come guida una fibra ottica e come barriere classiche dei "*gratings*".

Tralasciamo qui vari ulteriori, differenti esperimenti; nonché la rimarchevole questione che la relatività (estesa) prevede anche il fatto che si può perfino incappare in contributi negativi ai tempi di tunnelling: senza che ciò debba essere considerato come qualcosa di non fisico. Ciò era stato in effetti già verificato in anni lontani, senza che la cosa fosse sufficientemente notata, neppure da noi.

23.4 Soluzioni "*localizzate*", superluminali e no, delle equazioni d'onda: e "*X-shaped waves*" e le "*Frozen Waves*"

Il quarto settore è il più ricco in risultati teorici e sperimentali. Esso è ridiventato attuale da quando si è riscoperto che qualsiasi equazione d'onda - per fissare le idee, pensiamo al caso elettromagnetico - ammette come soluzioni anche impulsi tanto sub- quanto superluminali (oltre alle solite onde piane, o sferiche, aventi in un generico mezzo materiale velocità c/n).

Una caratteristica notevole di queste nuove soluzioni è che esse si dislocano rigidamente, quali impulsi non-dispersivi (i matematici parlarono di "*undistorted progressive waves*"), con energia concentrata intorno a un vertice che viaggia lungo una unica direzione. È facile comprendere l'interesse pratico, per esempio, di una trasmissione radio effettuata mediante configurazioni ondose localizzate, indipendentemente dal fatto che esse siano sub- o superluminali (il termine inglese "*localizzate*" andrebbe tradotto in verità con la parola "*confinate*"). Ma i pacchetti d'onda non dispersivi possono essere molto utili anche in fisica teorica per una ragionevole rappresentazione delle particelle fondamentali, nel campo delle onde gravitazionali "*linearizzate*", in geofisica, in meccanica e acustica, e così via. Essi hanno l'ulteriore proprietà di riformarsi dopo ostacoli aventi dimensioni dell'ordine (non della loro lunghezza d'onda) ma del diametro dell'antenna che li genera;

e di potere essere focalizzati in un punto a un certo istante; e di potere essere prodotti anche in guide d'onda (normali); e così via.

Nell'ambito della relatività estesa si era trovato fin dal 1980 che - mentre l'oggetto subluminali più semplice che possa essere concepito è una sferetta, o al limite un punto - l'oggetto superluminali più semplice risulta invece essere un'onda a forma di X, o al limite un doppio cono, che per di più in un mezzo omogeneo si propaga rigidamente. Invero, le più interessanti (e studiate) soluzioni localizzate sono risultate proprio superluminali e con una forma di quel tipo. Anzi, dato che dalle equazioni (vettoriali) di Maxwell sotto semplici condizioni si passa a equazioni d'onda scalari, ci si può aspettare che le stesse soluzioni si incontrino per esempio - già lo si diceva - nel campo dell'acustica. In effetti, esse (che sono sempre ottenute come opportune sovrapposizioni non di banali fasci gaussiani ma dei cosiddetti "*Bessel beams*", dalle proprietà molto più utili e interessanti) furono costruite, matematicamente e sperimentalmente, per la prima volta in acustica: nel qual caso le onde "*a forma di X*" sono ovviamente super-soniche e non super-luminali.

Le onde "*a forma di X*" sono state concretamente prodotte in esperimenti tanto con onde acustiche quanto con onde elettromagnetiche: come dicevamo, sono stati cioè prodotti "*X-pulses*" che, nel mezzo considerato, viaggiano indeformati a velocità maggiori di quella del suono nel mezzo, nel primo caso, e della luce, nel secondo caso. Nel caso elettromagnetico, certamente più "*intriguing*", queste superluminal localized X-shaped solutions, costruite dapprima matematicamente, furono successivamente prodotte da Saari et al. nel 1997 a Tartu con luce visibile, e successivamente da Mugnai, Ranfagni e Ruggeri a Firenze con microonde.

Non possiamo qui toccare il problema della produzione di un'onda subluminali, o superluminali "*a forma di X*", mediante antenne realistiche, finite (troncate, ovviamente, nello spazio e nel tempo, mediante l'uso di un'antenna dinamica finita che irraggi per un tempo limitato), e delle interessanti proprietà possedute da tali soluzioni a energia finita. Potremmo facilmente convincerci, poi, della possibilità fisica - del tutto ortodossa - di realizzare quelle a velocità di gruppo superluminali, pensando al caso analogo di un aeroplano che si muova nell'aria a velocità supersonica costante; ma lo spazio è tiranno... Commentiamo solo che queste onde localizzate superluminali appaiono mantenere le loro buone proprietà solo lungo una certa "*profondità di campo*", ovvero finché vengono alimentate dalle onde provenienti (con velocità c) dall'antenna dinamica. Tenendo conto del tempo occorrente per la loro generazione, queste particolari onde sembrano quindi incapaci di trasmettere informazione a velocità superluminali; PERO', lungo la loro profondità di campo, esse sono caratterizzate da un "*blob*" di energia, concentrato quanto si vuole intorno al loro vertice, che viaggia a velocità iper- c (così che a priori possono fare scattare due rivelatori distanti L con un intervallo temporale INFERIORE a L/c).

Tra parentesi, l'esistenza di tutte queste onde superluminali (o super-soniche) a forma "*a X*" sembra costituire al momento - insieme, ad esempio, con la superluminalità delle onde evanescenti - una delle migliori verifiche della relatività Estesa. È curioso che la prima

applicazione di queste onde "a X" (che sfrutta la loro propagazione senza deformazione) la si è avuta nel campo medico, e precisamente nel campo dell'ecografia.

Non possiamo chiudere senza menzionare il fatto che, sempre con ingegnose sovrapposizioni di fasci di Bessel), si sono ottenute onde non soltanto sub-luminari, ma addirittura statiche (con "envelope" fermo, e della forma e posizione voluta). In letteratura si è mostrato che l'impulso stazionario può avere l'intensità desiderata entro la regione, anche piccolissima, prescelta, mentre fuori di essa l'intensità può scendere anche a un milionesimo del valore di picco. È palese il possibile uso di tali "Frozen Waves" (come sono state chiamate da Michel Z. Rached et al.) non solo per creare nuovi tipi di pinze ottiche, o di bisturi ultrasonici o elettromagnetici od ottici, e così via, ma anche per distruggere cellule tumorali - oltre a frantumare calcoli renali, ecc.: per esempio, con onde ultrasoniche - senza danneggiare i tessuti anteriori e posteriori. Detto campo "statico" può essere generato non solo in una regione minuscola, ma anche (pensiamo ora al caso elettromagnetico) lungo un anello, o lungo una superficie cilindrica: che costituirebbe una guida d'onda costituita da "luce ferma".

24 Causalità e determinismo

Alcune citazioni sull'argomento:

"L'unica teoria attualmente nota capace di collegare e unificare un campo enormemente esteso di fenomeni la teoria quantistica, è in stridente contraddizione logica con la causalità. [...] Ciò che von Neumann ha dimostrato è questo: data la meccanica quantistica nella sua forma attuale, non è possibile modificarla, completarla o estenderla, per esempio introducendo parametri ipotetici, tali da trasformarla in una teoria deterministica, poiché ogni estensione siffatta renderebbe la teoria così modificata autocontraddittoria" (Friedrich Waismann - Decadenza e caduta della causalità - 1927)

"L'impossibilità di misurare esattamente tutti i dati di uno stato impedisce la predeterminazione dello svolgimento successivo. Di conseguenza, il principio di causalità perde, nella sua comune formulazione, ogni senso. Infatti, se è impossibile per principio conoscere tutte le condizioni (cause) di un processo, diventa un modo di dire vuoto che ogni evento ha una causa." (Max Born - 1931)

"Sulla base del principio di indeterminazione, perde ogni legittimità il dire che lo stato di un sistema potrebbe essere accertato ogni volta con la massima precisione mediante una misurazione. Dato però che una simile determinazione costituisce il presupposto dell'applicazione rigorosa del principio di causalità, ne segue che la scienza moderna deve rinunciare alla validità ineccepibile di questo principio. Essa deve accontentarsi di fare previsioni probabili: non è più rigidamente deterministica." (Schlick, Lineamenti di filosofia della natura e pubblicato postumo nel 1948)

"[La fisica quantistica] confuta una concezione del mondo che ha funzionato per secoli come orientamento generale per gli scienziati. Ci riferiamo alla concezione secondo cui un sistema fisico esteso può - e dovrebbe - essere sempre analizzato nelle sue parti. ... Più in particolare, si può dire che la regola di ispirazione cartesiana, secondo cui un sistema fisico esteso può, e dovrebbe, essere diviso dal pensiero in elementi più o meno localizzati (connessi da forze) è una delle regole implicite ma fondamentali dell'intera fisica classica." (Bernard d'Espagnat - Veiled Reality. An Analysis of Present-Day Quantum Mechanical Concepts - 1995)

25 Retrocausalità

«Un fenomeno fisico non è tale finché non viene osservato. È sbagliato pensare che il compito della fisica sia dire come la Natura è. La fisica verte su ciò che della natura possiamo dire.» (Niels Bohr)

L'esperimento di Mandel apre la porta a una considerazione sconvolgente.

La non-località non si verifica solo nello spazio, ma anche nel tempo: il futuro e il presente si incontrano costantemente così come il passato e il presente.

Gli studiosi della coscienza concordano sull'esistenza della retrocasualità, ma il meccanismo fisico è ancora oggetto di discussione.

Le dimostrazioni più famose di retrocausalità sono state prodotte da:

([Retrocausalità: alcune prove empiriche](#))

- studio di Tressoldi e co. all'Università di Padova
- PEAR (Princeton Engineering Anomalies Research) che, studiando l'interazione mente/macchina, ha dimostrato la possibilità di modificare l'andamento di generatori di numeri casuali con la semplice intenzionalità (Jahn e Dunne 2005). In questi esperimenti l'interazione anomala mente-macchina risulta essere più marcata nella modalità retrocausale PRP (Precognitive Remote Perception), raggiungendo una significatività (rischio di errore) di $p=0,000002$ (Nelson 1988).
- Cognitive Science Laboratory che, studiando stimoli fortemente emotivi, ha scoperto l'esistenza di una risposta cutanea anticipata di 3 secondi (James 2003), con significatività statistica (rischio di errore) di $p=0,00054$
- Radin e Bierman (1997) i quali dimostrano che la risposta anticipata del sistema nervoso autonomo e la conduzione cutanea possono essere utilizzati come predittori di esperienze future.
- Parrkhomtchouck (2002) che utilizza la fMRI (functional magnetic resonance imaging) per studiare la retrocausalità.

Tutte queste ricerche hanno mostrato che le emozioni costituiscono il veicolo principe della retrocausalità e delle informazioni che provengono dal futuro.

Alle stesse conclusioni era giunto Luigi Frantappiè quando, nel 1942, trovò il collegamento tra soluzione negativa dell'equazione di Dirac, sintropia ed emozioni (Frantappiè 1993).

Chris King (1989) lega la retrocausalità al libero arbitrio e afferma che in ogni momento la vita deve scegliere tra le informazioni che provengono dal passato e le informazioni che provengono dal futuro. Secondo King, da questa attività costante di scelta, da questo indeterminismo di base, nasce l'apprendimento e la coscienza. King sottolinea che la coscienza soggettiva è una necessaria conseguenza della supercausalità che nasce dall'unione della casualità ordinaria con la retrocausalità. (King 2003).

Para-psicologi e studiosi della coscienza concordano che le prove della retrocausalità di ogni tipo, precognizione e "*retrocausalità*", siano estremamente forti, ma esiste ancora molto dissenso su come esattamente questi effetti siano conformi all'attuale teoria scientifica. Nessuna interazione fisica può spiegare gli effetti psicocinetici che si verificano "indietro nel tempo", o la conoscenza ottenuta su un evento futuro.

Il primo a formulare una teoria abbastanza elastica da contenere tutto questo fu il fisico Evan Harris Walzer, che per primo propose la cosiddetta "*teoria basata sull'osservazione*": l'azione di osservare un evento quantistico influenza il suo risultato. Questa teoria divenne la pietra di paragone del lavoro dei fisici Dick Bierman e Helmut Schmidt, i quali dimostrarono che i processi random, come le macchine REG (Random Event Generators), potrebbero essere influenzati retroattivamente.

Come Bierman, Schmidt installò una macchina REG per collegarla a un dispositivo audio in modo che desse il via a un "*clic*" che sarebbe stato registrato su nastro e ascoltato attraverso una serie di cuffie sia dall'orecchio sinistro che da quello destro. Successivamente accese la macchina e registrò su nastro il risultato, accertandosi che non ci fosse nessuno all'ascolto, neanche lui.

Dopo aver riprodotto copie di questo nastro campione (sempre con nessun ascoltatore), il fisico lo chiuse a chiave per eliminare ogni possibilità di truffa, e un giorno dopo consegnò le copie agli studenti di medicina. Ai volontari fu chiesto di ascoltare il nastro e manifestare l'intenzione di ricevere più "*clic*" nell'orecchio sinistro. Schmidt creò anche nastri di controllo mettendo in funzione il dispositivo audio, ma non chiese a nessuno di cercare di influenzare i "*clic*" destri e sinistri. Come previsto, i "*clic*" destri e sinistri dei nastri di controllo furono distribuiti più o meno equamente.

Dopo che i partecipanti ebbero terminato i loro tentativi di influenzare i nastri, Schmidt analizzò al computer sia i nastri degli studenti che quelli campione che erano stati nascosti per verificare un'eventuale deviazione dal tipico modello random. In oltre 20.000 esperimenti effettuati tra il 1971 e il 1975, Schmidt scoprì un risultato significativo: sia sulle copie che sui campioni il 55% aveva un maggior numero di "*clic*" a sinistra e a destra. Ed entrambe le serie di nastri combaciavano perfettamente.

Schmidt ritenne di aver capito il meccanismo dei suoi improbabili risultati. Non erano stati i partecipanti ad aver cambiato un nastro dopo la sua creazione; la loro influenza aveva raggiunto e influenzato "*indietro nel tempo*" il risultato della macchina nel momento in cui il nastro era stato registrato per la prima volta. I partecipanti avevano cambiato il risultato della macchina nello stesso modo in cui avrebbero potuto farlo se fossero stati presenti al momento della sua registrazione. Non cambiarono il passato da

quello che era, influenzarono il passato quando si rivelava come il presente, per farlo diventare quello che era.

Le implicazioni degli esperimenti di Schmidt suggeriscono che anche se i nastri sono stati ascoltati, rimangono in uno stato di "sovrapposizione" (una specie di realtà non coagulata) fino al momento dell'ascolto. In altre parole, l'osservazione di un evento random è più importante del momento in cui si è generato.

Un ampliamento delle idee di Walker è quello proposto dal fisico Dick Bierman dell'Università di Utrecht e Joop Houtkooper dell'Università di Amsterdam. Secondo i due ricercatori, il futuro non cambia il passato, ma il presente dipende dalle condizioni future. In altre parole, la non-località non si verifica solo nello spazio, ma anche nel tempo. Le nostre azioni future hanno un impatto su quelle presenti e, in un certo senso, visitiamo il presente dal futuro.

La teoria di Joop affermava che la retrocausalità è come la precognizione. Se a un partecipante viene richiesto di scegliere intuitivamente un quadro o un simbolo a caso, la concordanza tra la sua scelta e la sua supposizione influenzerà quale obiettivo seleziona attualmente. Il risultato finale nel futuro influenzerà il suo presente.

[Presentiment experiments](#)

[Anomalous Anticipatory Brain Activation...](#)

Vi allego anche il lavoro di [Holger B. Nielsen](#) (premio Humbolt) e Masao Ninomya:

[Test of Effect from Future ...](#)

La società e la maggior parte degli scienziati purtroppo è ancora soggetta all'impoverimento percettivo dovuto all'esperire solo il tempo orizzontale. La gente crede e, pertanto, esperisce la vita come un passato che va nella direzione di un futuro. Perfino Einstein si rese conto di questa "malattia sociale" ed ebbe modo di sottolinearlo in questa sua dichiarazione: «*La distinzione fra passato, presente e futuro è soltanto un'illusione, anche se piuttosto insistente.*»

Secondo alcuni, le particelle hanno questa dote di "preveggenza" (esperimento di Mandel) perché sono collegate alle antiparticelle. A queste antiparticelle la scienza ha dato il nome collettivo di antimateria. L'antimateria ha la peculiarità di essere un aspetto invertito della materia pertanto, le antiparticelle, oltre ad avere le polarità invertite rispetto alle nostre particelle ordinarie, si muovono anche in senso inverso al nostro tempo orizzontale. Se si muovono in senso inverso vuol dire che si muovono dal futuro al passato. Ecco il mistero della preveggenza, ecco come i nostri cervelli sono in grado di conoscere eventi del futuro, oltre a quelli del passato. Il cervello medianico entra nel mondo dell'antimateria e smette di partecipare alla "farsa" del tempo orizzontale e si sposta nel tempo verticale dove passato, presente e futuro sono "impilati" in modo tale da essere osservati contemporaneamente... il qui ed ora!

Già, perché grazie al neurochirurgo Karl Pribram il nuovo paradigma scientifico si è ulteriormente arricchito di un nuovo modo di intendere l'osservazione. Pribram sostiene che quando guardiamo qualcosa non "vediamo" l'immagine nella parte posteriore della

retina, o della nostra corteccia cerebrale, ma davanti a noi. Tutta la nostra realtà, fatta di case, auto o persone in realtà non è che un insieme di onde elettromagnetiche che si intrecciano in schemi d'interferenza. Il nostro cervello ne seleziona alcune e le simbolizza e ne proietta l'immagine virtuale dell'oggetto "sopra" quelle stesse onde che formano l'oggetto. Proprio per questa simbolizzazione, nel nostro atto percettivo, uno stesso oggetto può essere percepito in due modi completamente diversi da due osservatori. Quello che a noi appare come un prototipo di jet avanzato, per un indigeno può apparire come uno "spirito del cielo". Quello che per un uomo è un mondo grigio per un altro è un mondo pieno di colori! La consapevolezza e l'attitudine sono i due filtri con cui osservare la realtà.

Noi stiamo interpretando gli schemi d'interferenza delle onde elettromagnetiche dell'universo e ne appiccichiamo sopra le nostre "idee" di cosa siano. Capiamo quindi di quanto sia virtuale la nostra realtà e come l'allegoria platonica della caverna e il velo di Maya del misticismo orientale siano molto attuali e tutt'altro che filosofia.

Pribram, nella sua teoria, ha diviso in tre parti questo processo. La prima è che quando osserviamo qualcosa si forma una risonanza con la cosa osservata e alcuni gruppi dei nostri neuroni. Successivamente questi gruppi di neuroni mandano l'informazione relativa alle frequenze con cui sono fatte le cose osservate e la inviano ad un altro gruppo di neuroni. Questo secondo gruppo fa una trasformata di Fourier di queste frequenze e viene mandata ad un terzo gruppo di neuroni. Quest'ultimo gruppo infine crea da queste frequenze rielaborate uno schema-immagine sovrapponendo alle frequenze osservate un'immagine-simbolo. Quel fascio di frequenze specifiche, grazie alla sinergia dei tre gruppi di neuroni, si trasforma in un oggetto tridimensionale con un suo significato; quelle onde diventano per noi un fiore, una persona fisica o qualsiasi altra cosa presente nel nostro universo.

Ora c'è da chiederci, visto che usiamo il 5-10 per cento del nostro cervello, tutte quelle altre frequenze che dimorano nell'universo e che i nostri "tre gruppi neurali" non hanno ancora codificato, cosa nascondono? Le onde possono contenere una quantità di dati incredibilmente grande, attualmente si stima ben oltre i 280 quintilioni di bit (280.000.000.000.000.000.000).

Il Professor Pyotr Kouzmich Anokhin, dell'Università di Mosca, nel suo saggio *The Forming of Natural and Artificial Intelligence* ha scritto: «*Possiamo dimostrare che ognuno dei 10 miliardi di neuroni nel cervello umano ha una possibilità di connessione di 1 seguito da 28 zeri! Se un singolo neurone ha questo potenziale, possiamo a malapena immaginare cosa può fare l'intero cervello. Ciò significa che il numero totale delle possibili combinazioni/permutazioni nel cervello, se scritto, sarebbe 1 seguito da 10,5 milioni di chilometri di zeri!*»

Se ciò è vero abbiamo ancora qualcosa da comprendere ed imparare!

Ecco, per curiosità, il link di un personaggio "speciale", [Umberto di Grazia](#) ed una intervista allo stesso: [Incontro con Umberto di Grazia](#).

P.S.: Nell'esperimento della scelta ritardata i capelli degli scienziati si rizzarono di fronte alla magnificenza del mondo dei quanta! Avete ora anche capito perché i capelli di

Einstein sfidavano la gravità! Quella magnificenza del mondo delle particelle, che ogni giorno studiava, gli elettrizzava costantemente i capelli!

26 Fisica classica e Fisica quantica

Quanto segue è tratto dal libro: “*Guida quantica all’illuminazione - l’integrazione tra scienza e coscienza*” di Ami Goswami.

[Amit Goswami, Ph.D.](#)

[Amit Goswami, Quantum Physics & Consciousness 1](#)

[Amit Goswami, Quantum Physics & Consciousness 2](#)

[Amit Goswami, Quantum Physics & Consciousness 3](#)

[Amit Goswami \(Part One\) a Quantum View of God](#)

[Amit Goswami, Ph.D. \(Part Two\) Quantum Physics and God](#)

[Amit Goswami, Ph.D. \(Part Three\) Quantum Physics and God](#)

26.1 I fondamenti del materialismo

Negli ultimi secoli la scienza classica ha respinto in un angolo tutte le tradizioni spirituali e le dottrine ad esse associate, fornendo una visione del mondo in grado di spiegare qualsiasi fenomeno senza ricorrere alla metafisica spirituale.

Nel medioevo in Occidente la realtà materiale presentava una netta divisione tra l’elemento terrestre dove regna l’imperfezione e l’elemento celeste, la dimora di Dio e della perfezione. In questa prospettiva dualistica Dio è separato dal mondo e il cielo è separato dalla terra. Nel senso comune il cielo è stato interpretato come lo spazio esterno: la dimora della luna, del sole, dei pianeti e delle stelle. Era l’epoca del massimo potere della Chiesa e, come conseguenza, della Santa Inquisizione.

Successivamente, Galileo, Keplero e Newton, insieme ad altri, intuirono che le leggi che governano gli *imperfetti* movimenti terrestri e quelle che governano i *perfetti* movimenti celesti potevano, di fatto, non essere così diverse. Questo fu l’inizio di un cammino che portò alla convinzione che non c’è bisogno di Dio per spiegare né le meccaniche del cielo, né quelle della terra, almeno per quel che riguarda il mondo materiale.

I successi scientifici del XX secolo hanno portato ad escludere del tutto l’idea di Dio non solo come elemento non necessario, ma anche come semplice ipotesi. Se la sostanza di Dio fosse diversa da quella del mondo, come potrebbe Dio interagire col mondo? Così diventava sensato postulare che esiste un’unica sostanza: la materia.

Un po' alla volta, la scienza si è sostituita alla religione, postulando i propri dogmi e rifiutando a priori qualsiasi alternativa. In altre parole è nata una novella Inquisizione, questa volta scientifica.

Il determinismo della scienza materialista è stato ben descritto da Laplace:

“Un’intelligenza che ad un certo punto conoscesse tutte le forze che animano la natura e le posizioni relative delle cose che la compongono, e che avesse inoltre la possibilità di analizzare questi dati, potrebbe condensare in una singola formula il movimento sia dei corpi più grandi dell’universo, che del più piccolo atomo: per una tale intelligenza nulla sarebbe incerto, ed il passato e il futuro sarebbero ugualmente davanti ai suoi occhi” (Pierre S. Laplace [1748-1827])

In altre parole tutto, uomo compreso, è privo di qualsiasi libertà. Tutto ciò che accade non essendo altro che conseguenza diretta di cause precedenti senza alcuna possibilità di scelta.

Il risultato è sotto gli occhi di tutti. I vecchi valori della fede sono stati abbandonati e vengono considerati intralci per una moltitudine di persone affaccendate solo nella competizione e nel tentativo di primeggiare: dopo tutto non si tratta forse di realismo scientifico? In quanto creature biologiche, il nostro solo valore non è forse la sopravvivenza?

I dogmi su cui si basa la scienza classica, materialista, sono:

- **Il determinismo causale.** In altre parole il mondo è determinato come una macchina ad orologeria. Ogni movimento o cambiamento di qualsiasi oggetto è determinato dalle condizioni iniziali dell’oggetto stesso (posizione e velocità) e dalle forze materiali che agiscono su di esso.
- **Continuità.** È una conseguenza del determinismo causale: tutte le dinamiche, tutti i mutamenti sono continui.
- **Località.** Tutte le cause ed i loro effetti sono *locali*. In altre parole si propagano nello spazio con velocità finita in una quantità di tempo finita. La velocità massima possibile fu trovata da Einstein ed è pari alla velocità della luce.
- **Oggettività forte.** Il mondo materiale è indipendente dalla coscienza, cioè da noi (dagli osservatori).
- **Riduzionismo materialistico.** Ogni cosa è composta di materia e dei suoi correlati e ogni fenomeno ha un’origine materiale.
- **Effetti secondari.** Tutti i fenomeni soggettivi, inclusa la coscienza, sono effetti secondari delle interazioni materiali sottostanti. Si va dal basso all’alto, partendo dalle particelle elementari della materia secondo, una semplice gerarchia: le particelle elementari formano gli atomi, gli atomi formano le molecole, le molecole formano le cellule viventi, le cellule (i neuroni) formano il cervello. Ad ogni livello entrano in gioco nuovi fenomeni: la vita al livello cellulare e la coscienza al livello cerebrale. In realtà sono però *epifenomeni* (epi= "secondario") riducibili alle particelle elementari e alle loro interazioni.

Da notare che nessuna di queste ipotesi è dimostrabile (sono per l'appunto dogmi religiosi). Alcuni di questi dogmi sfidano addirittura il buon senso: è innegabile che abbiamo esperienze soggettive, che siamo coscienti e, di certo, giureremmo di avere il libero arbitrio.

Viene quindi da chiedersi, perchè persone intelligenti prendono sul serio dottrine simili?

Una risposta può essere che con un diverso approccio sarebbe difficile mandare avanti i programmi di ricerca, spesso materialistici e poco significativi che formano la gran parte della ricerca accademica, governativa ed industriale.

Una seconda risposta viene dal fatto che la scienza ha sostituito la religione. Ha quindi sacerdoti, dogmi e riti da cui è molto difficile uscire. Il livello di *bigottismo*, molto vicino all'inquisizione di una volta, risulta in tutta la sua evidenza nel comportamento di alcuni professori ai tempi della programmata visita del Papa all'università 'La Sapienza' di Roma nel 2008. Tutto è partito dalla lettera del prof. Marcello Cini, co-fonatore del quotidiano 'Il Manifesto' e professore di fisica teorica all'Università la Sapienza. Alla sua lettera ha fatto seguito la lettera di altri 67 *cervelloni* schierati fieramente nelle sue oscurantistiche posizioni degne della Santa Inquisizione.

Riporto qui la risposta a questo articolo ricevuta sul Forum italiano di Ubuntu:

"E ti pareva che non si arrivava allo spiritismo?"

Beh, se le cose stanno così ti lascio nel tuo mondo dei folletti e non mi disturbo nemmeno a leggere gli articoli che hai postato. Sicuramente sono svarioni di spiritisti oppure sono cose che hai interpretato come ti pareva ad uso e consumo del tuo spiritismo."

La frase è di un certo fortran77 che si definisce fisico ricercatore ed è, se ce ne fosse stato bisogno, la riprova di una mentalità ottusa e dogmatica diffusa tra molti ricercatori.

26.2 La fisica quantica demolisce il materialismo

Abbiamo visto i pilastri su cui si poggia la fisica classica '*materialista*'.

Vediamo ora come la fisica quantica ha dimostrato come alcuni di questi pilastri siano del tutto falsi e ha sollevato seri dubbi sulla validità dei rimanenti.

- **Oltre il determinismo: incertezza, probabilità e possibilità.** Il fisico Max Born fu il primo a interpretare gli oggetti quantici come onde di probabilità. La probabilità di trovare l'oggetto in un determinato stato attuale è data dal quadrato della loro ampiezza d'onda (il valore massimo del disturbo d'onda). Se misuriamo l'onda di possibilità di un elettrone ("*pacchetto d'onda*") a volte troviamo l'elettrone in una posizione, a volte in un'altra. Dopo un gran numero di esperimenti le probabilità di trovare l'elettrone in varie posizioni si distribuisce nella familiare sagoma di una curva a campana.

Cosa significa il fatto che il comportamento degli elettroni è probabilistico, che

noi possiamo solo indicare la possibilità che l'elettrone si trovi in un punto o in un altro, ma non la sua esatta posizione? Se non possiamo prevedere le cose in modo definito, dov'è il determinismo?

Il determinismo sta fuori dalla finestra.

Werner Heisenberg ha chiarito l'incertezza del mondo fisico con la formula del principio di indeterminatezza: non è possibile misurare con precisione nello stesso momento sia la posizione, sia la velocità di un oggetto quantico. Questa legge quantica ha trovato conferma in moltissimi esperimenti.

Perché è importante il principio di indeterminazione?

Esso rivela che non possiamo determinare sia la posizione sia il momento (velocità) simultaneamente con precisione. Perciò non possiamo determinare gli agognati valori iniziali del determinismo newtoniano: la posizione iniziale e la velocità iniziale. E senza precisi valori iniziali, è impossibile prevedere le traiettorie di oggetti in movimento, anche se disponiamo di un'accurata conoscenza delle forze causali (anche se le leggi newtoniane rimanessero vere).

Una volta che il determinismo è caduto, nessuno sforzo lo può rimettere in piedi; l'indeterminatezza prevale.

Consideriamo ora la costante h di Plank. Il principio di indeterminatezza chiarisce che h fissa una scala di natura, la scala di grandezza normale degli effetti quantici. La dimensione ridotta di h fa sì che in quasi tutti gli oggetti macroscopici gli effetti quantici - l'indeterminatezza e la natura probabilistica dell'onda - siano nascosti. Di fatto l'onda di possibilità di un oggetto macroscopico si diffonde sì tra le misurazioni, ma si diffonde molto lentamente, così lentamente che si può valutare solo su scale temporali comparabili con l'età del nostro universo (quindici miliardi di anni).

Comunque anche gli oggetti macroscopici sono onde di possibilità quantiche. E si espandono. Recentemente, grazie all'accuratezza nelle misurazioni resa possibile oggi dalla tecnologia al laser, un apparecchio di una tonnellata fu visto espandersi in breve tempo di un centomillesimo di miliardo di millimetro.

E con questo il primo pilastro della fisica classica è demolito.

- **Oltre la continuità: i salti quantistici.** La continuità appartiene al senso comune e di fatto è necessaria alla scienza. L'ipotesi della continuità rende possibile, infatti, studiare la fisica in modo matematico, oggettivo e logico.

Ma la fisica quantistica ha ridotto in poltiglia la dottrina della continuità. Max

Plank affermò che lo scambio energetico non avviene in modo continuo, ma per mezzo di impulsi finiti. Chiamò *quantum* la più piccola quantità di energia che può essere scambiata fra due corpi. Il fisico danese Niels Bohr sviluppò un modello di atomo in cui è evidente l'idea del movimento discontinuo. L'atomo è stabile perchè gli elettroni non emettono luce in modo continuo, ma solo quando saltano da un'orbita più alta ad una più bassa. Se si trovano nell'orbita più bassa, non ci sono ulteriori orbite in cui saltare e allora l'atomo è stabile.

Perchè la teoria potesse funzionare Bohr dovette assumere che le orbite sono gli unici luoghi in cui l'elettrone si può trovare. E allora come fa a passare da un'orbita ad un'altra, se non può esistere nello spazio intermedio? Semplice: sparisce da un'orbita per ricomparire in un'altra senza mai passare per lo spazio in mezzo. Più di dieci anni dopo la fisica quantica mise in evidenza che la capacità degli elettroni di compiere il salto quantico deriva dalla loro natura ondulatoria: gli elettroni sono onde di possibilità. Quando non è sottoposto ad osservazione, l'elettrone, a causa della sua interazione col campo elettromagnetico, diventa una sovrapposizione d'essere su due o più orbite alla volta, sia pure come possibilità. Quando lo osserviamo, la sua possibilità di trovarsi in due o più luoghi diventa attualità e allora l'elettrone, in quel momento, si trova in un determinato punto e nel contempo viene emesso un quanto di luce. Questo collasso dell'onda di possibilità dell'elettrone nell'elettrone attuale che noi vediamo ha luogo istantaneamente. È discontinuo; non vi è collasso localizzato nello spazio in termini di velocità finita in un tempo finito.

James Frank e Gustav Hertz misero a punto una verifica sperimentale dell'esistenza dell'energia atomica in forma di livelli discontinui di energia e constatarono che all'elettrone non è concesso di attingere energia fra questi valori discreti.

L'esistenza di una discontinuità spaziale nel salto quantico dell'elettrone si evidenzia al massimo nel fenomeno del tunnel quantico o della penetrazione della barriera, che si osserva per esempio nei transistor, vale a dire la capacità dell'elettrone di saltare oltre una barriera energeticamente impenetrabile (in linguaggio classico). Il quanto ha questa capacità: sparisce da un lato della barriera e riappare dall'altro lato, non passando mai attraverso la barriera stessa.

E con questo il secondo pilastro della fisica classica è demolito.

- **Oltre la località: la non-località quantica e la trascendenza.** Secondo la fisica classica niente nello spazio e nel tempo si muove ad una velocità maggiore di quella della luce. Pertanto si assume che tutto ciò che ha un influsso debba essere locale e impiegare una certa quantità di tempo per viaggiare attraverso una certa quantità di spazio.

Ma la fisica quantistica contraddice il principio di località. Nella fisica quanti-

stica il collasso discontinuo di un'onda estesa di possibilità è istantaneo e quindi non locale. All'inizio questo sembrò essere solo teoria: come verificare empiricamente che un oggetto ha una reale dimensione ad ampio raggio nell'ambito delle possibilità, ma collassa all'istante in un preciso punto di attualità non appena viene misurato? Grazie al lavoro dei fisici David Bohm e John Bell è possibile concepire sistemi quantici non localmente correlati. Parti di questi sistemi possono muoversi a grande distanza l'una dall'altra sotto forma di possibilità; e quando misurandola, facciamo collassare una parte, l'altra parte istantaneamente collassa in uno stato che tradisce la sua segreta correlazione non locale.

E con questo il terzo pilastro della fisica classica è demolito.

In questo collasso non locale non è necessario scorgere una violazione alla teoria einsteiniana della relatività. L'onda di possibilità è situata in una potenzialità trascendente, in un dominio che trascende spazio e tempo. L'influsso non locale è un influsso trascendente: influenza la realtà manifesta, ma non implica segnali nello spazio-tempo.

Riguardo al mondo trascendente, una delle *Upanishad* afferma: "*È all'interno di tutto questo; è all'esterno di tutto questo.*".

È possibile?

Certo che sì, una volta compresa la trascendenza come non locale nei termini della fisica quantistica.

Il fisico Alain Aspect e i suoi collaboratori che hanno verificato empiricamente la correlazione non locale fra oggetti quantici (1982) sono stati i primi a delineare ciò che oggi salutiamo come una metafisica sperimentale. Non solo hanno dimostrato la non località, ma hanno anche confermato l'esistenza di un dominio trascendente della realtà che sta oltre il dominio materiale dello spazio-tempo.

Tutto ciò è in diretta contraddizione con l'ipotesi di un unico mondo materiale del realismo materialistico, e dà un chiaro sostegno all'idea della trascendenza presente in tutte le tradizioni spirituali.

26.3 Oggettività, materialismo ed epifenomicità

Così, grazie alla fisica quantica, disponiamo di una verifica sperimentale diretta che la continuità, il determinismo e il principio di località non tengono. Per falsificare gli altri pilastri del realismo materialista - l'obiettività, il monismo materialista e

l'epifenomenicità - la fisica quantistica offre molte suggestioni, ma non certezze (per ora).

È questo il motivo per cui, almeno in parte, per alcune persone il realismo materialistico è ancora un "ismo" valido.

Il mondo è indipendente da noi? Oppure ciò che vediamo dipende in qualche misura da noi stessi, dalle nostre scelte? Il fisico Niels Bohr, ci ha aiutato a vedere che rivestiamo un ruolo fondamentale nel modellare la realtà.

Gli oggetti quantici sono in potenza onde trascendenti, ma collassano come particelle localizzate quando sono osservati. Come possiamo verificare empiricamente la loro natura di onde trascendenti? È facile, dice Bohr, e propone quello che divenne l'esperimento di Aspect. Come già visto la natura ondulatoria e la natura corpuscolare degli oggetti quantici sono complementari: la natura ondulatoria è trascendente e la natura corpuscolare immanente. Sono complementari anche in senso empirico: con un dato assetto sperimentale, possiamo misurarne solo la natura di onda o quella di particella.

Il Buddhismo Zen drammatizza la natura fundamentalmente complementare della realtà. "Un cane ha natura di Buddha?". A volte un maestro Zen risponderà di sì; altre volte, lo stesso maestro scuoterà la testa e dirà di no.

"L'elettrone è un'onda?". "Sì", risponde Bohr, "se lo osservi con uno strumento misuratore di onde". "L'elettrone è un'onda?". "No" risponde Bohr, "se lo osservi con uno strumento misuratore di particelle".

"Un cane ha natura di Buddha?"

I più astuti maestri Zen rispondono dicendo "Mu", né sì, né no. Dipende da come lo si guarda. Scegliete voi la realtà, secondo come la guardate.

La realtà è indipendente da come la si osserva? Come può essere? Siete voi, decidendo l'assetto sperimentale, a scegliere il modo con cui l'elettrone si rivelerà.

La natura dell'elettrone è indipendente da voi, come vorrebbe la dottrina dell'oggettività forte? No. Non è così semplice.

Questo non è l'unico contesto in cui la coscienza sceglie la realtà. Passando attraverso uno schermo a doppia fenditura, l'elettrone ha elevate probabilità di arrivare a ciascuna delle frange luminose. Su un grande numero di eventi, tutte le posizioni delle frange luminose saranno occupate.

Ma a quale frangia luminosa un singolo elettrone arriverà in seguito a una particolare misurazione quantica? Il matematico [John Von Neumann](#) affermò che la questione ha una sola risposta ragionevole: la coscienza sceglie - noi scegliamo - il punto in cui un elettrone si manifesterà in un determinato evento (Von Neumann, 1955).

Dove va a finire l'oggettività forte in fisica, se la coscienza è essenziale nel determinare le manifestazioni della realtà?

E se la coscienza ha il potere causale di scegliere la realtà materiale, può essere ancora considerata un epifenomeno (fenomeno secondario) della materia?

Considerate ancora una volta la semplice immagine gerarchica della coscienza che ci offrono i materialisti: le particelle elementari formano gli atomi, gli atomi formano le

molecole, le molecole formano le cellule, le cellule formano il cervello, il cervello forma la coscienza, una catena causale verso l'alto dall'inizio alla fine.

Il problema con questo modello è che tutti i livelli della gerarchia, dalle particelle elementari su su fino al cervello, secondo la fisica quantica rimangono sempre onde di possibilità. La catena causale dal basso verso l'alto può solo produrre possibilità. È necessaria la coscienza per fare collassare la possibilità in attualità mediante un processo causale che va, dobbiamo ammetterlo, dall'alto verso il basso.

La coscienza non potrebbe agire in questo modo se essa stessa fosse materiale, se essa fosse costituita da possibilità quantiche.

In questo modo non viene messa in dubbio solo l'oggettività; infatti, se la coscienza è immateriale, tutto il monismo materialista è in discussione, perché vorrebbe dire che non *tutte* le cose si trovano nel regno della materia.

E l'epifenomenicità è anch'essa incerta, se la coscienza non è un prodotto del cervello.

27 Intervista a Amit Goswami

Mettendo in ordine le prove ricavate da moderne ricerche nei campi della psicologia cognitiva, della biologia, della parapsicologia e della fisica quantica, e con un occhio di riguardo per le antiche tradizioni mistiche del mondo, Amit Goswami sta gettando le basi per un nuovo paradigma che definisce "*Idealismo monista*": secondo quest'ultimo è la consapevolezza, non la materia, il fondamento di tutto ciò che esiste.

Prima di continuare a leggere, fermati e chiudi gli occhi per un istante. Adesso poniti la seguente domanda: nell'istante in cui i tuoi occhi erano chiusi, il mondo ha continuato a esistere anche se non ne eri consapevole? Come lo sai? Se ti sembra uno di quei rompicapo senza risposta che il professore di filosofia utilizzava per stimolare la tua immaginazione filosofica, potresti essere sorpreso di scoprire che esistono degli scienziati, all'interno di università di tutto rispetto, che credono di aver trovato la risposta. E la loro risposta, che tu ci creda o meno, è «*No*».

Adesso considera qualcosa di ancora più sconcertante. Immagina, per un momento, l'intera storia dell'universo. Secondo tutti i dati che gli scienziati sono riusciti a raccogliere, esso si è formato grazie a un'esplosione avvenuta circa quindici miliardi di anni fa, punto d'inizio di una danza cosmica di luce ed energia che continua fino ai giorni nostri. Ora immagina la storia del pianeta Terra. Una nuvola informe di cenere emerge da quella primordiale palla di fuoco, si condensa lentamente in una sfera solida, trova la sua strada nell'orbita gravitazionale intorno al sole e grazie a una complessa interazione di luce e gas produce, dopo miliardi di anni, un'atmosfera e una biosfera capaci non solo di creare la vita, ma anche di sostenerla e moltiplicarla.

Ora immagina che nessuno dei fatti succitati sia mai avvenuto. Considera, invece, la possibilità che l'intera storia sia esistita solo come un potenziale astratto – un sogno cosmico tra infiniti altri sogni cosmici – fino a quando, in quel sogno, la vita si è in qualche modo evoluta portando alla nascita del primo essere senziente conscio. In quell'istante, unicamente grazie all'osservazione conscia di quell'individuo, l'intero universo (inclusa tutta la storia che ha portato a quel momento) è venuto improvvisamente alla luce. Fino a quel momento, nulla era mai davvero successo. In quell'istante, sono avvenuti quindici miliardi di anni. Se tutto ciò non ti sembra nulla di più che la trama di un romanzo fantascientifico o una versione secolare di uno dei grandi miti mondiali sulla creazione, reggiti forte: secondo il fisico Amit Goswami, la succitata descrizione è una spiegazione scientificamente fattibile del modo in cui l'universo si è formato.

Goswami è convinto, insieme a molti altri, che l'universo, per esistere, richieda un essere senziente conscio che ne sia consapevole. Senza un osservatore, egli sostiene, l'universo esiste solo in potenza. E, come si dice tra i fisici inglesi, Goswami ha fatto i suoi

conti. Mettendo in ordine le prove ricavate da moderne ricerche nei campi della psicologia cognitiva, della biologia, della parapsicologia e della fisica quantica, e con un occhio di riguardo per le antiche tradizioni mistiche del mondo, egli sta gettando le basi per un nuovo paradigma che definisce “Idealismo monista”: secondo quest’ultimo è la consapevolezza, non la materia, il fondamento di tutto ciò che esiste.

Professore di Fisica all’Università dell’Oregon e membro dell’Istituto di Scienza Teoretica nella stessa università, Goswami è uno di quegli scienziati ribelli, sempre più numerosi, che in anni recenti si è addentrato nel campo della spiritualità per trovare una spiegazione ai risultati apparentemente incomprensibili dei propri esperimenti, oltre che per avere la conferma delle proprie intuizioni sull’esistenza di una dimensione spirituale. Il punto di arrivo del lavoro di Goswami è il libro *The Self-Aware Universe: How Consciousness Creates the Material World*. Partendo da un’interpretazione dei dati sperimentali della fisica quantica (la fisica delle particelle elementari), il libro lega tra loro una miriade di scoperte e teorie provenienti da campi diversi come l’intelligenza artificiale, l’astronomia e il misticismo indù, nel tentativo di dimostrare che le scoperte della scienza moderna sono in perfetta sintonia con le più profonde verità mistiche.

Secondo Goswami, la fisica quantica (così come molte altre scienze moderne) sta dimostrando che l’unità essenziale di tutta la realtà è un fatto sperimentalmente verificabile. Poiché pensa che questa conferma scientifica della dimensione spirituale contiene delle implicazioni enormi, egli si dedica con passione a spiegare la sua teoria al maggior numero possibile di persone; il suo intento è cercare di provocare quello che ritiene un indispensabile mutamento di paradigma. La sua opinione è che, siccome ora la scienza è in grado di confermare il misticismo, molto di ciò che prima richiedeva un atto di fede adesso può essere empiricamente dimostrato; quindi, il paradigma materialista che ha dominato il pensiero scientifico e filosofico per più di duecento anni può finalmente essere messo in discussione.

Intervistare Amit Goswami è stata un’esperienza avvincente e intellettualmente stimolante. Mentre lo sentivo parlare delle molte idee con cui sembrava a suo agio, ho dovuto mettere da parte il mio scetticismo al punto di ritrovarmi a prendere in considerazione cose che, fino a quel momento, ritenevo inconcepibili (Goswami è anche un grande appassionato di fantascienza: il suo primo libro, *The Cosmic Dancers*, era uno sguardo sulla fantascienza dato con gli occhi di uno scienziato).

Che si accettino o meno alcune delle sue teorie più esoteriche, la creatività e la passione che Goswami mette nella sua ricerca meritano rispetto. Chiaramente, Goswami è disposto a correre rischi per le sue idee e condivide con entusiasmo le sue ricerche con un pubblico mondiale. Discute per esteso, in conferenze e in altri forum, le sensazionali scoperte della nuova scienza e le loro implicazioni, non solo per la scienza stessa, ma anche per la società nel suo insieme. In India, il suo paese di nascita, è attivamente impegnato in un movimento in costante crescita volto a colmare la distanza tra la scienza e la spiritualità, attraverso il quale spera di creare una facoltà universitaria in “*studi sulla consapevolezza*”, basata sulla premessa che la consapevolezza è il fondamento di tutti gli esseri.

Goswami è considerato, da alcuni, un pioniere nel suo campo. Cercando di mettere in ginocchio il realismo materialista e di integrare tutti i campi della conoscenza in un singolo paradigma unificato, egli cerca di aprire la strada per una nuova visione olistica nella quale lo spirito ha la precedenza. Di fatto, per quello che ne sappiamo, Goswami è l'unico scienziato del nuovo paradigma che abbia preso una chiara posizione contro quel relativismo tanto popolare tra i pensatori della new age. In un'epoca in cui il declino dei valori umani e l'erosione di qualsiasi significato ha raggiunto una scala endemica, è difficile immaginare qualcosa di più importante.

Tuttavia, per quanto sia importante e prezioso il lavoro che Goswami sembra svolgere, alla fine nutriamo molti dubbi sul fatto che esso condurrà davvero a quel tipo di trasformazione che egli auspica. Pensatori come Huston Smith ed E. F. Schumacher hanno evidenziato quella che secondo loro è l'arroganza, o l'ingenuità, degli scienziati che credono di poter espandere il campo della loro disciplina per includere o spiegare in qualche modo la dimensione spirituale della vita. Questi critici suggeriscono che il tentativo stesso di fornire validità scientifica alla spiritualità sia un prodotto dei medesimi istinti materialisti che si vorrebbero sradicare, e che quindi, in ultima analisi, il risultato sia soltanto la riduzione dello spirito, di Dio e del trascendente a meri oggetti di interesse scientifico.

La scienza è in grado di dimostrare la realtà della dimensione trascendente della vita? O renderebbe un servizio migliore al potenziale spirituale della razza umana riconoscendo i limiti del proprio campo di indagine? La seguente intervista ci pone di fronte a queste domande.

Craig Hamilton: *Nel suo libro *The Self-Aware Universe* lei parla della necessità di un mutamento di paradigma. Può dire qualcosa sul modo in cui concepisce tale mutamento? Da dove, e verso quale direzione?*

Amit Goswami: L'attuale concezione del mondo considera ogni cosa composta di materia. Tutto può essere ridotto alle particelle elementari della materia, ai suoi componenti essenziali o mattoni fondamentali. E la causa sorge dalle interazioni di questi mattoni fondamentali o particelle elementari; le particelle elementari compongono gli atomi, gli atomi le molecole, le molecole le cellule e le cellule il cervello. Ma dall'inizio alla fine, la causa fondamentale è sempre l'interazione tra le particelle elementari. La credenza è che tutte le cause procedono dalle particelle elementari. Questa è ciò che definiamo "causalità ascensionale". In questa concezione, quello che gli esseri umani – tu e io – considerano il loro libero arbitrio, in realtà non esiste. È solo un epifenomeno o un fenomeno secondario, secondario al potere causale della materia. E qualsiasi potere causale che apparentemente siamo in grado di esercitare sulla materia è solo un'illusione. Questo è il paradigma corrente.

Ebbene, il punto di vista opposto è che tutto comincia dalla consapevolezza. Cioè, la consapevolezza è il fondamento di ogni essere. In tale concezione, la consapevolezza impone la "causalità discendente". In altre parole, il nostro libero arbitrio è reale. Quando agiamo nel mondo, stiamo davvero agendo con potere causale. Questa concezione non nega che anche la materia abbia potere causale – ovvero che esista un potere causale

dalle particelle elementari diretto verso l'alto, cioè una causalità ascendente – ma aggiunge che esiste una causalità discendente. Essa si rivela nella nostra creatività, nelle scelte del nostro libero arbitrio o quando prendiamo decisioni morali. In tali occasioni, siamo di fatto testimoni della causalità discensionale operata dalla consapevolezza.

Craig Hamilton: *Nel suo libro, lei fa riferimento a questo nuovo paradigma come all'«idealismo monista». Inoltre, suggerisce che la scienza sembra star fornendo la dimostrazione di ciò che i mistici hanno sempre detto nel corso della storia. Ovvero, lei sostiene che le attuali scoperte della scienza sembrano parallele all'essenza degli eterni insegnamenti spirituali.*

Amit Goswami: Esse sono l'insegnamento spirituale; non sono semplicemente parallele. L'idea che la consapevolezza è il fondamento dell'essere è la base di tutte le tradizioni spirituali, così come dell'idealismo monista, anche se gli ho dato un nome un po' diverso. La ragione della scelta di questo nome è che, in occidente, esiste una filosofia chiamata "idealismo", opposta a quella del "realismo materiale", secondo la quale solo la materia è reale. L'idealismo afferma: «No, la consapevolezza è l'unica realtà». Ma in occidente quel genere di idealismo di solito ha significato qualcosa che era, in realtà, un dualismo: ovvero, la consapevolezza e la materia sono separate. Quindi, con l'espressione "idealismo monista" ho voluto rendere chiaro che non intendo la forma dualistica dell'idealismo occidentale, bensì un idealismo monista, che in occidente è esistito, ma solo nelle tradizioni spirituali esoteriche. Al contrario, in oriente questa è la corrente principale della filosofia. Nel buddismo, nell'induismo (dove viene chiamata vedanta) o nel taoismo, questa è la filosofia di tutti. Ma in occidente questa è una tradizione molto esoterica, conosciuta e condivisa solo da filosofi molto avveduti, che hanno investigato davvero a fondo la natura della realtà.

Craig Hamilton: *Sta dicendo che la scienza moderna, da un punto di vista completamente diverso – senza presumere nulla sull'esistenza di una dimensione spirituale della vita – è "passata dal retro", per così dire, e ora si trova d'accordo con questa concezione, grazie alle sue scoperte?*

Amit Goswami: Giusto. Ma non è stato qualcosa di totalmente inaspettato. Sin dai suoi inizi, la fisica quantica – che vide la luce nell'anno 1900 e si sviluppò pienamente nel 1925, con la scoperta delle equazioni della meccanica quantica – ci ha fatto capire che la visione del mondo sarebbe potuta cambiare. I fisici devoti al materialismo si sono divertiti a paragonare la visione del mondo classica a quella quantica. Naturalmente, non si spingevano al punto di abbandonare l'idea secondo cui esiste solo la causalità ascensionale e la materia è sopra ogni cosa, ma resta il fatto che hanno scorto nella fisica quantica il potenziale per un grande mutamento di paradigma. Poi ciò che avvenne fu che, a partire dal 1982, sono cominciati ad arrivare i risultati dagli esperimenti di laboratorio. Quello fu l'anno in cui, in Francia, Alain Aspect e i suoi collaboratori condussero il fondamentale esperimento che dimostrò definitivamente la verità delle nozioni spirituali, in particolare quella della trascendenza. Devo specificare di cosa trattava l'esperimento di Aspect?

Craig Hamilton: *Sì, per favore.*

Amit Goswami: Per dare un po' il quadro della situazione, bisogna dire che da molti anni la fisica quantica stava dando indicazioni sull'esistenza di altri livelli di realtà, oltre a quello materiale. Tutto cominciò quando si ipotizzò che gli oggetti quantici – gli oggetti nella fisica quantica – fossero onde potenziali. Ebbene, all'inizio la gente pensò: «Oh, sono come onde normali». Ma molto presto si scoprì che no, non sono onde nello spazio e nel tempo. Non è assolutamente possibile definirle onde nello spazio e nel tempo. Hanno proprietà che non combaciano con quelle delle onde comuni. Quindi, si cominciò a riconoscerle come onde in potenza, onde potenziali, e il potenziale venne riconosciuto come trascendente, in qualche modo oltre la materia.

Ma il fatto che esiste un potenziale trascendente non fu molto chiaro per diverso tempo. Poi, l'esperimento di Aspect dimostrò che non si tratta solo di teoria, esiste davvero un potenziale trascendente; gli oggetti hanno davvero delle connessioni al di là dello spazio e del tempo. Fuori dallo spazio e dal tempo! Ciò che avviene in questo esperimento è che un atomo emette due quanti di luce, chiamati fotoni, in direzioni opposte. In qualche modo questi fotoni influenzano l'uno il comportamento dell'altro, a distanza, senza scambiarsi alcun segnale attraverso lo spazio. Si noti: si influenzano reciprocamente senza scambiarsi segnali nello spazio.

Ebbene, molto tempo fa Einstein ha dimostrato che due oggetti non possono mai influenzarsi istantaneamente nello spazio e nel tempo, perché ogni cosa deve viaggiare con un limite massimo di velocità, e tale limite è la velocità della luce. Quindi, qualsiasi influsso deve viaggiare, se viaggia attraverso lo spazio, impiegando un tempo finito. Questa viene chiamata l'idea della "località". Si ritiene che ogni segnale sia locale, nel senso che deve impiegare un tempo finito per viaggiare attraverso lo spazio. Ciononostante, i fotoni di Aspect – i fotoni emessi dall'atomo nell'esperimento di Aspect – si influenzano reciprocamente, a distanza, senza scambiarsi segnali, perché lo stanno facendo istantaneamente; ovvero, lo stanno facendo a una velocità superiore a quella della luce. Dunque, ne consegue che l'influsso non ha potuto viaggiare attraverso lo spazio. Piuttosto, esso deve appartenere a una sfera della realtà che dobbiamo riconoscere come la sfera trascendente della realtà.

Craig Hamilton: *Affascinante. La maggior parte dei fisici è d'accordo con questa interpretazione dell'esperimento?*

Amit Goswami: Beh, i fisici devono essere d'accordo con questa interpretazione dell'esperimento. Naturalmente, molte volte essi assumono il seguente punto di vista, dicendo: «Sì, certo, gli esperimenti. Ma questa relazione tra le particelle in realtà non è importante. Non dobbiamo considerare le conseguenze di questa sfera trascendente... Se mai può essere interpretata in questo modo». In altre parole, cercano di minimizzare l'impatto di ciò, aggrappandosi ancora all'idea che la materia viene sopra ogni altra cosa.

Me dentro di sé sanno come stanno le cose, in quanto è ormai dimostrato. Si racconta che nel 1984 o nel 1985, al raduno dell'American Physical Society (cui ero presente) si udì un fisico dire a un collega che, dopo l'esperimento di Aspect, chiunque non avesse creduto che nel mondo vi fosse qualcosa di davvero strano, avrebbe dovuto avere la testa dura come un sasso.

Craig Hamilton: *Quindi, lei sta dicendo che, dal suo punto di vista (condiviso da molti altri), è in qualche modo ovvio che bisogna introdurre l'idea di una dimensione trascendente per dare una spiegazione convincente a tutto ciò.*

Amit Goswami: Sì, lo è. Henry Stapp, fisico dell'Università della California a Berkeley, lo dice esplicitamente in un suo saggio del 1977: le cose all'esterno dello spazio e del tempo influenzano quelle al loro interno. È semplicemente fuori questione che questo avvenga nel regno della fisica quantica, dove si ha a che fare con entità quantiche. Naturalmente, il punto cruciale, la cosa sorprendente è che abbiamo sempre a che fare con oggetti quantici, perché la fisica quantica è la fisica di tutti gli oggetti. Che sia submicroscopica o macroscopica, la fisica quantica è l'unica che abbiamo. Anche se è più evidente nei fotoni, negli elettroni, negli oggetti submicroscopici, crediamo che tutta la realtà, la realtà manifesta, la materia, sia governata dalle stesse leggi. E se è così, questo esperimento ci sta dicendo che dovremmo cambiare la nostra visione del mondo, perché anche noi siamo oggetti quantici.

Craig Hamilton: *Queste sono scoperte affascinanti, che hanno ispirato molte persone. Diversi libri hanno già cercato di stabilire un legame tra la fisica e il misticismo. Il Tao della fisica di Fritjof Capra e La danza dei maestri wu li di Gary Zukav hanno raggiunto moltissime persone. Pure, lei racconta nel suo libro di aver avuto la sensazione che qualcosa non fosse ancora stato esplorato, e che quel qualcosa rappresenta il suo contributo originale a tutto ciò. Può spiegare quali sono le differenze tra quello che lei sta facendo adesso e ciò che in quest'area era già stato fatto?*

Amit Goswami: Sono contento che lei mi abbia posto questa domanda. È una cosa che va chiarita, e cercherò di essere il più esauriente possibile. I primi lavori, come Il Tao della fisica, sono stati molto importanti per la storia della scienza. Tuttavia essi, anziché favorire la dimensione spirituale degli esseri umani, si reggevano tutti, fondamentalmente, sulla visione materialista del mondo. In altre parole, non sfidavano il punto di vista materialista secondo cui ogni cosa è composta di materia. Tale concezione non è mai stata posta in discussione da nessuno di questi primi libri. In realtà, il mio libro è stato il primo che l'ha sfidata apertamente, restando però sempre fondato su una rigorosa spiegazione in termini scientifici. In altre parole, l'idea che la consapevolezza sia il fondamento dell'essere è esistita, naturalmente, nella psicologia, per esempio nella psicologia transpersonale. Ma al di fuori di quest'ultima, nessuna tradizione scientifica e nessuno scienziato l'hanno percepita con altrettanta chiarezza.

La mia fortuna è stata riconoscerla all'interno della fisica quantica, ovvero scoprire che tutti i paradossi di quest'ultima potevano essere risolti accettando la consapevolezza come il fondamento dell'essere. Questo è stato il mio contributo originale. Ovviamente, ciò ha la capacità di mutare l'intero paradigma, perché ora possiamo davvero integrare la scienza con la spiritualità. In altre parole, con Capra e Zukav – anche se i loro libri sono ottimi – non avviene un mutamento di paradigma, non c'è un'autentica riconciliazione tra la scienza e la spiritualità, perché essi sono rimasti fedeli a un paradigma fondamentalmente materialista. Infatti, se in ultima analisi ogni cosa è materiale, ogni potere causale deve provenire dalla materia. La consapevolezza e la spiritualità vengono

riconosciute, ma solo come epifenomeni causali o secondari. E una consapevolezza epifenomenica non va molto bene. Voglio dire, essa non sta facendo niente. Dunque, anche se questi libri riconoscono la nostra spiritualità, quest'ultima alla fin fine proviene da una sorta di interazione materiale.

Però questa non è la spiritualità di cui ha parlato Gesù; non è la spiritualità che colmava di estasi i mistici orientali; non è la spiritualità che un mistico riconosce quando dice: «Adesso so cos'è la realtà, e questa conoscenza elimina per sempre tutta l'infelicità. Questo è l'infinito, questa è la gioia, questa è la consapevolezza». Questo genere di affermazione esuberante fatta dai mistici non sarebbe possibile sulla base di una consapevolezza epifenomenica. È ammissibile solo quando si riconosce il fondamento dell'essere stesso, quando si riconosce direttamente che l'Uno è il Tutto.

Ebbene, un essere umano epifenomenico non avrebbe alcuna conoscenza di questo tipo. Non avrebbe senso sapere di essere il Tutto. Dunque, questo è ciò che sto sostenendo. Finché la scienza continua a basarsi sul punto di vista materialista, per quanto cerchi di spiegare le esperienze spirituali in termini di chimica del cervello, di fenomeni paralleli o altro ancora, non stai davvero rinunciando al vecchio paradigma. Stai abbandonando il vecchio paradigma e riconciliandoti pienamente con la spiritualità solo quando basi la scienza sull'essenziale nozione spirituale che la consapevolezza è il fondamento di tutto l'essere. Questo è ciò che ho fatto nel mio libro, ma è solo l'inizio. Esistono già altri libri che stanno riconoscendo questo fatto.

Craig Hamilton: *Quindi esistono persone che stanno corroborando la sua idea?*

Amit Goswami: Esistono persone che stanno uscendo allo scoperto riconoscendo la stessa cosa, cioè che questo punto di vista è il modo corretto di spiegare la fisica quantica e anche di sviluppare la scienza in futuro. In altre parole, la scienza attuale non solo ha portato a dei paradossi quantici, ma si è anche rivelata inadeguata a spiegare fenomeni paradossali e anomali come la parapsicologia, il paranormale e – perfino – la creatività. Anche problemi tradizionali come la percezione o l'evoluzione biologica contengono diversi punti oscuri che queste teorie materialiste non spiegano. Per darle un esempio, nella biologia esiste quella che viene chiamata la teoria degli equilibri punteggiati. Ciò vuol dire che l'evoluzione non è solo lenta, come pensava Darwin, ma che esistono delle epoche in cui essa è veloce, definite “segni di punteggiatura”. Tuttavia, la biologia tradizionale non ha alcuna spiegazione per ciò.

Se invece fondiamo la scienza sulla base della consapevolezza, sul primato della consapevolezza, possiamo scorgere in questo fenomeno la creatività, l'autentica creatività della consapevolezza. In altre parole, possiamo vedere davvero che la consapevolezza sta operando creativamente perfino nella biologia, nell'evoluzione delle specie. E quindi, ora possiamo riempire con idee essenzialmente spirituali (tipo la consapevolezza come creatrice del mondo) questi spazi vuoti che la biologia convenzionale non riesce a colmare.

Craig Hamilton: *Questo riporta alla mente il sottotitolo del suo libro, Come la consapevolezza crea il mondo materiale. Si tratta, ovviamente, di un'idea piuttosto radicale. Potrebbe spiegare un po' più concretamente in che modo ciò avviene davvero, secondo lei?*

Amit Goswami: In realtà, è la cosa più facile da spiegare, perché nella fisica quantica, come ho detto prima, gli oggetti non sono considerati entità definite, secondo la nostra abitudine. Newton ci ha insegnato che gli oggetti sono entità definite, visibili in ogni istante e in movimento lungo traiettorie definite. La fisica quantica non dipinge affatto gli oggetti in questo modo. Nella fisica quantica gli oggetti sono visti come potenzialità, onde di possibilità. Giusto? Quindi sorge la domanda: cosa trasforma la possibilità in attualità? Infatti, quando vediamo, vediamo solo eventi in atto. Essi cominciano con noi. Quando vedi una sedia, vedi una sedia in atto, non in potenza.

Craig Hamilton: *Giusto... Almeno lo spero.*

Amit Goswami: Tutti lo speriamo. Ebbene, questo si chiama il “paradosso della misurazione quantica”. È un paradosso, perché chi siamo noi per operare questa trasformazione? Dopo tutto, nel paradigma materialista, non abbiamo alcun potere causale. Non siamo altro che il cervello, composto di atomi e particelle elementari. Quindi, come fa un cervello composto di atomi e particelle elementari a tramutare un’onda potenziale, se lui stesso è un’onda potenziale? Lui stesso è composto delle onde potenziali degli atomi e delle particelle elementari, quindi non può trasformare la propria onda potenziale in qualcosa di attuale. Questo viene definito un paradosso. Ora, nella nuova concezione, la consapevolezza è il fondamento dell’essere. Quindi, chi converte ciò che è potenziale in attuale? La consapevolezza, perché essa non ubbidisce alla fisica quantica. La consapevolezza non è fatta di materia; è trascendente. Vede il mutamento di paradigma, qui? Il modo in cui è possibile affermare che la consapevolezza crea il mondo materiale? Il mondo materiale della fisica quantica è solo una possibilità. È la consapevolezza, grazie alla conversione della possibilità in attualità, a creare ciò che vediamo manifesto. In altre parole, la consapevolezza crea il mondo manifesto.

Craig Hamilton: *A essere sinceri, la prima volta che ho letto il sottotitolo del suo libro pensavo che si trattasse di una metafora. Ma dopo aver letto il libro, e discutendone ora, mi sto convincendo che lei lo intende in modo molto più letterale di quanto credevo. Un passaggio del suo libro che mi ha lasciato letteralmente interdetto è dove afferma che, secondo la sua interpretazione, l'intero universo fisico è esistito sotto forma di infinite potenzialità in evoluzione fino a quando, a un certo punto, è emersa la possibilità di un essere senziente conscio; in quel momento, istantaneamente, tutto l'universo conosciuto è venuto alla luce, inclusi i quindici miliardi di anni che hanno portato a tale istante. Vuole dire davvero questo?*

Amit Goswami: È quello che intendo, alla lettera. Questo è ciò che la fisica quantica richiede. In realtà, nella fisica quantica questa viene chiamata “scelta ritardata”. E io ho aggiunto a tale concetto quello dell’«autoreferenza». Di fatto, il concetto della scelta ritardata è molto antico. Si deve a un fisico famosissimo di nome John Wheeler. Ma secondo me Wheeler non considerò correttamente l’insieme della questione. Lasciò da parte l’autoreferenza. Sorge sempre la domanda: «Si pensa che l’universo esista da quindici miliardi di anni, ma se è necessaria la consapevolezza per convertire la possibilità in attualità, come è possibile che l’universo sia esistito tanto a lungo?». Infatti, in quella primitiva sfera incandescente che si suppone abbia creato l’universo – il big bang – non

esistevano né la consapevolezza né gli esseri senzienti, biologici, a base di carbonio. Ma questo nuovo modo di considerare le cose afferma che l'universo è rimasto in potenza fino alla misurazione quantica autoreferenziale. Questo è il nuovo concetto. Lo sguardo di un osservatore è essenziale per manifestare la possibilità in attualità, e quindi solo quando un osservatore guarda, ogni cosa diventa manifesta, incluso il tempo. Per cui l'intero passato, da questo punto di vista, diventa manifesto nell'istante stesso in cui il primo essere senziente guarda.

Si scopre che questa idea, in modo molto ingegnoso e sottile, è esistita in astrologia e in cosmologia sotto forma del principio definito "antropico". Cioè, tra gli astronomi (ma anche tra i cosmologi) si è fatta strada l'idea che l'universo abbia un fine. Esso sembra così orientato verso un fine, esistono talmente tante coincidenze, che sembra molto probabile che stia facendo qualcosa intenzionalmente, cioè si stia sviluppando in modo tale da far nascere, a un certo punto, un essere senziente.

Craig Hamilton: *Dunque, lei ha la sensazione che esista una certa intenzionalità nel modo in cui l'universo si sta evolvendo; cioè che, in un certo senso, arriva a compimento in noi, esseri umani?*

Amit Goswami: Beh, gli esseri umani possono non esserne il fine, ma certamente ne sono il primo risultato, perché qui è presente la possibilità della creatività manifesta, la creatività nell'essere senziente stesso. Gli animali sono certamente senzienti, ma non creativi nel senso in cui lo siamo noi. Quindi, gli esseri umani in questo momento sembrano certamente un'epitome, anche se potrebbe non trattarsi dell'epitome finale. Penso che abbiamo una lunga strada da fare e che molta evoluzione debba ancora accadere.

28 Conclusioni

“E’ stato nel nome della scienza che le fondamenta trascendentali dei valori umani si sono via via erose, lasciando gli USA e le nazioni progredite prive di una guida che non sia la crescita a tutti i costi e che ci ha condotti all’attuale crisi sociale ed ecologica. Così, quando la ricerca in ambito psichico sfida, come sta facendo, il paradigma scientifico dominante, in realtà affronta anche il paradigma sociale dominante. Se questo paradigma, collegato al fenomeno della ricerca psichica, diventerà dominante, ci sposteremo da un orientamento finalizzato allo sviluppo materiale a quello di una società basata sull’apprendimento e su una programmazione guidata da un’etica ecologica e auto-evolutiva; lo sviluppo di una scienza volta all’esplorazione delle esperienze soggettive; l’emergere di nuove forme istituzionali in cui gli individui potranno ricercare l’auto-realizzazione su basi di legittimità radicalmente nuove; l’adozione di una politica della piena occupazione, basata sul bisogno umano di una realizzazione nel lavoro; l’assunzione dell’educazione come processo vitale intimamente collegato al lavoro. Questo impedirebbe di andare incontro alle richieste di un sistema economico intossicato dal proprio stesso sviluppo”. (Willis W. Barman, direttore del Centro per gli studi di Politica Sociale all’Istituto Stanford).

Quanto risulta dalla fisica quantica è in contrasto evidente con la nostra esperienza e la nostra logica.

Occorre quindi fermarsi un attimo e cercare di ragionarci sopra in modo da trovare una spiegazione.

Mentre i cosiddetti ‘paradossi’ della fisica quantica non si possono mettere in dubbio essendo il risultato di innumerevoli esperimenti, le teorie che abbiamo visto sono solo tentativi razionali per inquadrare le esperienze entro la fisica conosciuta. Come tali, queste teorie, possono essere smentite in qualsiasi momento qualora se ne trovino di più complete oppure una nuova esperienza le metta in crisi.

Sono, nella migliore delle ipotesi, teorie molto complicate che si basano su calcoli e concetti matematici difficilmente comprensibili dai profani.

Quello che qui vorrei tentare è ben lontano da una teoria di questo tipo. Vuole essere un semplice ragionamento comprensibile, senza particolari competenze e senza pretesa di essere giusto e/o definitivo. Una semplice occasione per pensarci.

Partiamo quindi dai fatti.

Il paradosso più difficile da accettare è l'esperienza che dimostra la non-realtà della materia.

E qui è bene intenderci subito.

La non-realtà della materia non significa affatto che il mondo che noi vediamo non esista, o che le leggi della fisica classica non siano più rispettate.

Significa piuttosto che esiste una realtà più profonda che ha un'importanza ed un peso ben più forte. Significa che il mondo che noi vediamo è influenzato da noi (che ne facciamo parte) e quindi non è identico a quello visto da qualcun altro (sempre che qualcun altro esista). Ed in questo senso non è (non può essere) reale se si dà alla parola reale il suo giusto significato.

Tutto ciò mi ricorda il sogno. Infatti nel sogno ciò che sperimentiamo ci appare reale esattamente come quando siamo svegli. Ma reale non è.

Se preferite, assomiglia ad un gran gioco. Già oggi esistono situazioni tridimensionali in cui è possibile immergersi completamente. ([NTT e il quanto 3D magico](#)).

Sogno o gioco se ne possono comunque trarre alcune conclusioni:

- far del male agli altri, siano essi uomini, animali, piante o minerali, significa solo far del male a se stessi.
- esiste solo il '*qui ed ora*'. Passato e futuro sono privi di senso.

Tornando alla 'teoria' (se si può chiamarla così), a me piace pensare che in realtà *stiamo* sognando. Sempre naturalmente che anche voi esistiate e non siate invece solo parte del mio sogno.

29 Indice generale e analitico

Indice

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Delle varie teorie sull'inizio dell'Universo, ne cito due: | 4 |
| 2 | La rivoluzione della fisica quantica porta in sè conseguenze inimmaginabili. | 6 |
| 3 | Consideriamo un esperimento ancora più incredibile di quello di Aspect. | 8 |
| 4 | La fisica quantica è ben diversa da un'utopia. | 11 |
| 5 | L'elettrone semplicemente non esiste. | 13 |
| 6 | La teoria di Bohm, quando fu formulata, venne presa in scarsissima considerazione per due motivi: | 14 |
| 7 | Le teorie dei mille mondi | 15 |
| 8 | Etere - Esperimento di Michelson-Morley | 16 |
| 9 | Il vuoto è pieno ed il pieno è vuoto | 17 |
| 10 | Il vuoto (quantico) | 20 |
| 11 | Collasso d'onda | 21 |
| 12 | Bohm | 22 |
| 13 | Interpretazioni | 26 |
| 14 | Dell'immortalità | 28 |
| 15 | La coscienza quantica | 30 |
| | 15.1 Il modello da Frantappiè | 30 |
| | 15.2 Modello di Bohm | 31 |
| | 15.3 Modello di Roger Penrose e Stuart Hameroff | 32 |
| | 15.4 Modello di Karl Pribram | 32 |
| 16 | Karl Pribram | 34 |
| 17 | L'interpretazione di Copenhagen | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 18 Entanglement | 38 |
| 19 Teletrasporto quantico | 40 |
| 20 L'esperimento di Mandel | 42 |
| 21 L'elettrone esiste o non esiste? | 46 |
| 22 Il tempo | 48 |
| 22.1 Premesse | 48 |
| 22.2 Microcosmo e macrocosmo: simmetria ed asimmetria del tempo | 49 |
| 22.3 L'esperimento EPR | 50 |
| 22.4 Conclusioni | 51 |
| 22.5 Tempo, spazio, velocità della luce, materia ed energia | 52 |
| 23 Trasmissione informazioni a velocità superiore a quella della luce | 55 |
| 23.1 Neutrini | 55 |
| 23.2 Micro-quasar galattici | 55 |
| 23.3 Onde evanescenti e " <i>tunnelling photons</i> " | 56 |
| 23.4 Soluzioni " <i>localizzate</i> ", superluminali e no, delle equazioni d'onda: e " <i>X-shaped waves</i> " e le " <i>Frozen Waves</i> " | 57 |
| 24 Causalità e determinismo | 60 |
| 25 Retrocausalità | 61 |
| 26 Fisica classica e Fisica quantica | 66 |
| 26.1 I fondamenti del materialismo | 66 |
| 26.2 La fisica quantica demolisce il materialismo | 68 |
| 26.3 Oggettività, materialismo ed epifenomicità | 71 |
| 27 Intervista a Amit Goswami | 74 |
| 28 Conclusioni | 83 |
| 29 Indice generale e analitico | 85 |

Indice analitico

- Aharanov, 24
Angela, 11, 40
Anokhin, 64
Aspect, 6, 11, 24, 38, 40, 50, 71
- Barman, 83
Bell, 2, 23, 24, 49, 71
Berkeley, 42
Bierman, 61–63
Big Bang, 4
Bohm, 6, 14, 22–27, 30–32, 34, 71
Bohr, 2, 9, 22, 23, 26, 30, 36, 61, 70, 72
Bondi, 30
Born, 26, 60, 68
Broglie, 9, 26
Buddha, 72
Buddhismo, 72
- Cantalupi, 13
Cathie, 53, 54
Chiao, 14, 26, 37, 56
Churchland, 30
Cicap, 11, 40
Cini, 68
contrazioni di Lorentz, 53
Copernico, 49
Corbucci, 51
Culberston, 30
- d’Espagnat, 25, 60
Dalibard, 24
Damasio, 30
Darwin, 47
Dennet, 30
Deutsch, 47
di Grazia, 64
Dirac, 50, 61
- Dunne, 61
- Eccles, 30
Eddington, 49
effetto Aharanov-Bohm, 24
effetto Casimir, 20
Effetto Zenone, 45
Einstein, 2, 6, 16, 18, 38, 44, 48, 50, 51, 54, 63, 65, 67
EPR, 50, 51
equazione d’onda di Schrödinger, 21, 26, 29, 30, 56
equazione di Helmholtz, 56
equazione di Klein-Gordon, 31
ERP, 2
esperimento di Aspect, 11, 40, 72
esperimento di Mandel, 42, 45, 46, 61, 63
esperimento di Michelson e Morley, 16
esperimento di Wheeler, 9, 15
Everett III, 15, 47
- Feynman, 49
Floyd, 35
fMRI, 61
Frank, 70
Frantappiè, 30, 31, 61
Frautschi, 49
Froelich, 30
- Galilei, 49
Galileo, 48, 49, 66
Gisin, 51
Gordon, 30
Goswami, 66, 74–82
Grover, 29
- Hameroff, 30–32

- Hamilton, 76–82
Hawking, 47
Heisenberg, 20, 26, 36, 46, 50, 69
Herbert, 30
Hertz, 70
Horgan, 10, 42
Hu, 30
- Jahn, 61
James, 61
Joop, 63
Josephson, 25
- Keplero, 66
King, 30, 31, 62
Klein, 30
Krishnamurti, 6, 14
Kwiat, 45
- Laplace, 67
legge di Fitzgerald-Lorentz, 16
Lockwood, 30
Lokta, 30
- Mandel, 42, 45, 61
Marshall, 30
Maya, 64
Mc Carthy, 14
Michelson, 16
Modello non Standard della Fisica, 50
Modello Standard della Fisica, 50
Morley, 16
Morsiani, 54
Mugnai, 58
- Neumann, 72
Newton, 48, 66
Nielsen, 63
Nimtz, 56
Ninomya, 63
- operatore di Alembert, 30, 31
- Pagels, 2, 18
Parrkhomtchouck, 61
Pauli, 36, 51
- PEAR, 61
Penrose, 25, 30–32
Pietsch, 34
Pitkaenen, 30
Plank, 69, 70
Poli, 48
Pribram, 7, 14, 25, 30–34, 63, 64
principio di esclusione di Pauli, 51
principio di indeterminazione di Heisenberg, 17, 20, 29, 51
PRP, 61
- Rached et al., 59
Radin, 61
Ranfagni, 56, 58
REG, 62
Ricciardi, 30
Rig Veda, 4
Roger, 24
Rubbia, 53
Ruggeri, 58
- Saari et al., 58
Sant'Agostino, 4
Schlick, 60
Schmidt, 62, 63
Schrödinger, 9, 15, 21, 26, 29, 46, 56
Schumacher, 76
Shimony, 24
Shufflebrain, 34
Smith, 76
Smolin, 24
Stapp, 29, 30
Steinberg, 56
- Talbot, 25
Taylor, 49
Tegmark, 29
teletrasporto, 40
teoria di Bohm, 14
teoria di Copenaghen, 14
Todeschini, 52, 53
trasformazioni di Lorentz, 48
Tressoldi, 61
Tyron, 18

Indice analitico

Umezawa, 30
Upanishad, 71

Veda, 4
Vitiello, 30
Von Neumann, 72

Waismann, 60
Walker, 30, 63
Walzer, 62
Weinfurter, 45
Wheeler, 9, 49

Yasue, 30

Zeilinger, 45
Zen, 72
Zucarelli, 34
Zurek, 47