

Alice nel Paese delle Meraviglie

Alice nel Paese delle Meraviglie, viaggio semiserio nella fisica quantistica ,quattordicesimo giorno di agosto infuocato 2026.

Auguri a chi avrà il coraggio di leggerlo! Essendo io un medico e non un fisico, mi sono documentato, per quanto mi fosse possibile comprendere, sulla fisica quantistica, scoprendo un mondo nuovo, interessante e, effettivamente, ostico, ma estremamente attuale. E, proprio entrando in questo mondo, mi è venuta in mente la sindrome di Alice nel Paese delle Meraviglie, una particolare condizione medica nella quale la percezione delle dimensioni, delle forme, delle distanze o persino del trascorrere del tempo può risultare profondamente alterata. Naturalmente non voglio stabilire alcun rapporto scientifico tra questa sindrome e la fisica quantistica: il riferimento è soltanto una metafora, ma mi sembra particolarmente centrata. Perché, passando dalla realtà che conosciamo ogni giorno a quella degli atomi e degli elettroni sembra davvero di entrare in un altro “Paese delle Meraviglie”, dove le nostre abituali certezze cominciano a vacillare e la natura si comporta in modi che, a prima vista, sembrano quasi incredibili. Pensiamo ai computer quantistici, che per alcune architetture devono lavorare a temperature prossime allo zero assoluto, cioè circa $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, e che, per determinate applicazioni, possono offrire prestazioni potenzialmente enormemente superiori rispetto ai computer tradizionali. Cercherò quindi di raccontare agli amici radioamatori (poi ognuno potrà approfondire, se lo riterrà opportuno, l'argomento)ciò che ho capito, scusandomi fin d'ora per eventuali imprecisioni e anche per la stesura, effettuata a più riprese, in questo arido agosto. Quando un radioamatore preme il microfono succede una cosa apparentemente semplice: qualcuno parla, qualcun altro ascolta e, nel mezzo, speriamo che l'antenna faccia il suo dovere senza combinare guai. Ma vediamo cosa succede veramente quando trasmettiamo, per esempio, a 145 MHz. Il trasmettitore genera un segnale elettrico che oscilla 145 milioni di volte al secondo. Le cariche elettriche nell'antenna oscillano e producono un campo elettrico e un campo magnetico che, variando continuamente, si propagano nello spazio. Questa è l'onda elettromagnetica, cioè la nostra onda radio. A 145 MHz la lunghezza d'onda è di circa due metri. E qui possiamo immaginare il radioamatore che guarda soddissatto la propria antenna e pensa: «Bene, adesso vai e portami un bel collegamento».Quando

arriva all'antenna ricevente, il campo elettromagnetico interagisce con le cariche elettriche presenti nel metallo e genera un piccolo segnale elettrico. Il ricevitore lo amplifica, lo elabora e, alla fine, possiamo ascoltare la voce dell'altro radioamatore. Semplice, no. Questa è la spiegazione della radiotecnica ed è perfettamente corretta. Ma possiamo fare una domanda un po' più birichina: che cosa succede dentro questa onda. Ed ecco che arriva la fisica quantistica, detta anche meccanica quantistica, cioè la teoria fisica che descrive il comportamento della materia e della radiazione alle scale microscopiche, come quelle degli atomi, degli elettroni. Qui il radioamatore comincia a guardare con sospetto il fisico, che gli dice: "Sì, l'onda c'è, ma la storia è un po' più complicata". E il radioamatore: "Complicata quanto". A questo punto, prima ancora che il fisico finisca la frase, potrebbe comparire una curiosa sindrome medica detta della testa che esplode, una condizione reale e generalmente benigna nella quale, soprattutto durante l'addormentamento o il risveglio, una persona può percepire improvvisamente un rumore fortissimo, come un'esplosione, un colpo o uno scoppio, pur non essendoci alcun suono esterno. Naturalmente qui la usiamo soltanto come metafora. Perché quando il fisico comincia a parlare di quantizzazione, sovrapposizione, probabilità e stati quantistici, la tentazione del radioamatore potrebbe essere quella di esclamare: "Professore, non so se è esplosa la testa o se è semplicemente saltato il mio ultimo neurone". A questa scala così piccola, le regole della fisica classica non sono più sufficienti per descrivere ciò che accade. L'energia del campo elettromagnetico è quantizzata, cioè può essere scambiata in quantità discrete chiamate QUANTI. Nel caso del campo elettromagnetico, il QUANTO si chiama FOTONE. Il FOTONE però, non è una piccola cosa che parte dall'antenna. Non è un pezzetto di radioonda, non è un elettrone e non è un atomo. È il QUANTO del campo elettromagnetico, privo di carica elettrica e di massa. Possiamo quindi descrivere la stessa trasmissione in due modi complementari: dal punto di vista del radioamatore abbiamo un'onda elettromagnetica che si propaga nello spazio; dal punto di vista quantistico abbiamo un campo elettromagnetico quantizzato, i cui QUANTI sono i FOTONI. Non sono due fenomeni diversi: è lo stesso fenomeno descritto attraverso due linguaggi differenti. Un singolo FOTONE a 145 MHz possiede un'energia incredibilmente piccola. Un normale trasmettitore, però, produce un numero enorme di FOTONI, così grande che, nella nostra esperienza quotidiana, il campo elettromagnetico ci appare perfettamente continuo. È un po' come una spiaggia: non vediamo i singoli granelli di sabbia, ma sappiamo che ci sono. La lunghezza d'onda descrive il modo in cui il campo varia nello spazio; il

FOTONE è invece il QUANTO del campo elettromagnetico. Ciò che descriviamo classicamente come propagazione dell'onda elettromagnetica, nella descrizione quantistica, corrisponde allo stato del campo e ai suoi QUANTI i FOTONI . Lo stesso principio vale per HF, VHF, UHF, microonde, infrarossi, luce visibile, ultravioletti e raggi X. Cambia la frequenza e, di conseguenza, cambia l'energia di ciascun FOTONE ,ma il FOTONE rimane sempre il QUANTO del campo elettromagnetico. E quando trasmettiamo la voce,La voce entra nel microfono, viene trasformata in un segnale elettrico e il trasmettitore modifica l'onda radio attraverso la modulazione.

L'informazione è contenuta nel modo in cui il campo elettromagnetico varia nel tempo e, nella descrizione quantistica, nello stato complessivo del campo. E qui potremmo introdurre un'altra curiosa condizione medica :la sindrome della mano aliena. È una rara sindrome neurologica nella quale una persona può avere la sensazione che una propria mano compia movimenti autonomi, apparentemente indipendenti dalla propria volontà cosciente. Anche in questo caso, naturalmente, nessun rapporto scientifico con la fisica quantistica: è soltanto una piccola licenza scherzosa. Perché il radioamatore, dopo aver scoperto che dietro al suo innocente microfono ci sono campi elettromagnetici, FOTONI e quantizzazione, potrebbe arrivare a un dubbio inquietante:”Ma quella mano che continua a premere il microfono per fare il quinto QSO consecutivo... è veramente la mia”. E forse, a quel punto, sarebbe meglio spegnere la radio e andare a prendere un caffè. In definitiva, quando premiamo il microfono abbiamo cariche elettriche che oscillano, campi elettrici e magnetici che si propagano, un'onda radio che attraversa lo spazio e, scendendo al livello più profondo della descrizione della natura, un CAMPO ELETTROMAGNETICO QUANTIZZATO i cui QUANTI sono i FOTONI . Insomma, dietro a un innocente «CQ CQ» c'è niente meno che la fisica quantistica. E forse, dopo averlo scoperto, guarderemo e tratteremo la nostra radio con un po' più di rispetto. Naturalmente, la mia relazione non pretende di essere esaustiva. Tuttavia, proprio perché si tratta di un argomento tanto affascinante quanto insolito per noi radioamatori, spero possa essere uno stimolo per chi vorrà approfondirlo ulteriormente, avventurandosi nel meraviglioso e, per certi versi, sorprendente mondo della fisica quantistica. Un mondo nel quale le nostre abituali certezze lasciano spazio alla probabilità, che ne diventa una delle vere protagoniste. E così, in questo quattordicesimo giorno di agosto infuocato, dopo aver attraversato antenne, onde, fotoni, quanti, teste che esplodono , mani che sembrano avere una volontà propria e Alice nel paese delle meraviglie ,possiamo finalmente tornare alla nostra amata fisica di tutti i giorni. Almeno finché

qualcuno non ci chiederà: “Ma secondo te, il fotone sa dove sta andando”. A quel punto, amici miei, io mi arrendo. Buon Ferragosto e buoni collegamenti a tutti. dr. Giovan Battista Calabrò (IW2NJY)