



Angelo Bassi: La realtà è una grande onda

La fisica quantistica, come sapete bene voi che mi seguite, ha rivoluzionato il modo in cui conosciamo il mondo da un secolo a questa parte. È una nuova fisica complicata che nemmeno i fisici hanno capito fino in fondo perché è piena di paradossi, eppure grazie alla conoscenza di come funzionano le particelle subatomiche l'umanità si è evoluta e oggi la meccanica quantistica ci prospetta scenari che sembrano fantascienza ma saranno a breve realtà: dal teletrasporto di fotoni, ai computer quantistici e alle reti di comunicazioni che non sono violabili dagli hacker.

Sono molto orgoglioso di dirvi che in questo numero esploreremo le frontiere della meccanica quantistica e lo faremo con un fisico italiano che il "New York Times" ha definito "Il fisico ribelle che tenta di mettere a posto la meccanica quantistica". Lui è Angelo Bassi, ha 48 anni, insegna all'università di Trieste, coordina diversi progetti di ricerca europei, e per gli addetti ai lavori potrebbe riuscire dove persino Einstein aveva fallito, spiegare i fondamenti di questa fisica misteriosa. Lui ci aprirà il campo delle infinite possibilità della conoscenza, ma per tutti noi sarà ancora più affascinante sentire quanto si allarga il nostro campo personale in un mondo in cui tutto è possibile, anche oltre la fantasia.

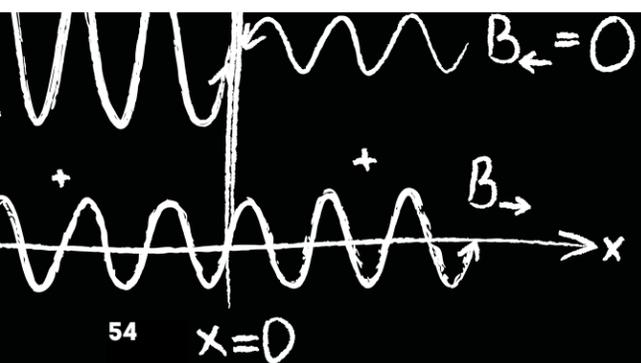


Il famoso esperimento del gatto vivo e morto. Lo vedremo più avanti...

Bene. Dopo la scomparsa di questi giganti della fisica il dibattito si è assopito, ma non si è risolto. In anni più recenti si è ripreso a discutere sul significato della misura, che, come abbiamo visto, è il punto di contatto e di traduzione tra i due mondi, micro e macro. La misura fondamentalmente è un'interazione fra sistemi fisici, al pari di tutte le altre. Anche il fatto che io e lei stiamo parlando è un'interazione, ma perché non è una misura? Perché certe situazioni, che chiamiamo misure, hanno un ruolo così particolare da far passare da un mondo quantistico a uno classico? Siamo noi osservatori che decidiamo arbitrariamente quali interazioni sono misure. Quindi siamo noi a decidere il passaggio dal micro al macro? Tutte queste domande portano a dire che la teoria ha un problema. Sono state proposte diverse soluzioni ma nessuna è stata ancora accettata dalla maggioranza della comunità scientifica come "la" soluzione definitiva.



Anche il fatto che io e lei stiamo parlando è un'interazione, ma perché non è una misura? Siamo noi osservatori che decidiamo arbitrariamente quali interazioni sono misure. Quindi siamo noi a decidere il passaggio dal micro al macro?



Handwritten mathematical notes on a black background. Includes: $\sigma_x \sigma_p \geq \frac{\hbar}{2}$, $\psi(x) = A e^{ikx} + B e^{-ikx}$, $H_n(x) = (-1)^n e^{x^2} \frac{d}{dx} e^{-x^2}$, $U(t) = \exp\left(\frac{-iHt}{\hbar}\right)$, $P(a, b) = \int d\lambda$, and $\frac{1}{(\pi \hbar)^3} \exp\left[-\alpha^2 \left(x - \frac{pt}{m}\right)^2\right]$. There are also diagrams of waves and a grid.

E se le chiedessi di accennare ai nostri lettori quali sono le soluzioni proposte al problema della incompletezza della meccanica quantistica?

Semplifico al massimo citandone due. La prima è la cosiddetta "meccanica di Bohm", in realtà vecchia quanto la fisica quantistica. In questa teoria le particelle non sono indeterminabili e sovrapponibili, ma sono ben localizzate nello spazio e si muovono lungo traiettorie ben definite. Le particelle si muoverebbero sotto l'influsso dell'onda quantistica, pensiamo all'immagine del mare e di un surfista per capirci. Quando misuriamo, è come se modificassimo l'onda, come se mettessimo un ostacolo di cui il surfista (cioè le particelle) sente la turbolenza e a quel punto diventa imprevedibile sapere dove andrà. L'altra teoria vede le onde quantistiche non come le onde del mare che guidano il surfista. In questo caso è il surfista ad essere un'onda. Tutto è fatto di onde. Più precisamente, le equazioni che governano questa teoria prevedono che, quando abbiamo pochi atomi-onda, essi tendono a sparpagliarsi come un pongo liquido; quando andiamo alla scala macroscopica con miliardi di atomi-onda, lo sparpagliamento si riduce, come se il pongo si solidificasse. In questa visione gli atomi sono un po' sciolti, ma quando interagiscono diventano via via più rigidi e acquistano la consistenza dura che la materia ha nel mondo macroscopico. Come vede, queste due visioni tentano di superare il dualismo fra il micromondo quantistico e il macromondo classico. Entrambi i mondi sono descritti in maniera unitaria, e sono solo due aspetti diversi della stessa realtà. Al momento non abbiamo ancora esperimenti che permettano di discriminare fra le due visioni e capire qual è la più corretta.



Tutto è fatto di onde. Quando abbiamo pochi atomi-onda, essi tendono a sparpagliarsi come un pongo liquido; quando andiamo alla scala macroscopica con miliardi di atomi-onda, lo sparpagliamento si riduce, come se il pongo si solidificasse.





Alla luce di quello che ha detto, può sembrare una battuta quando si dice “seguire il flusso” ma forse no. Torniamo adesso al famosissimo esperimento del premio Nobel Erwin Schrödinger. I lettori ne avranno sentito parlare perché io lo cito spesso. Ma visto che lei ha una grande chiarezza ce lo vuole spiegare bene? Ma soprattutto, perché è così importante ancora oggi?

Certamente. Comincio con lo spiegare il paradosso così come lo enunciò Schrödinger nel 1935 con l'intento di screditare il nucleo della meccanica quantistica. Supponiamo di avere una scatola all'interno della quale mettiamo questa catena di oggetti: una sostanza radioattiva, un rilevatore di radiazioni che è collegato a un martelletto che a sua volta può colpire una fiala di veleno. Aggiungiamo a tutto ciò un gatto vivo e chiudiamo la scatola. A questo punto si aprono due scenari. Se avviene il decadimento radioattivo il contatore lo registra, fa scattare il martelletto che rompe la fiala e il veleno uccide il gatto. Se invece la sostanza radioattiva non decade, non succede nulla e il gatto resta vivo. La presenza del gatto in questo esperimento mentale, non è solo un elemento che drammatizza, ma serve anche a far vedere che le proprietà quantistiche dovrebbero avere conseguenze nel mondo macroscopico. Qual è il punto? In base alle leggi della meccanica quantistica non c'è un istante in cui la sostanza decade.



Non si può dire dopo quanto tempo questo avviene. Dopo un certo istante la sostanza può essere decaduta e non decaduta. Allo stesso modo tutti gli atomi che compongono il contatore, il martelletto, la fiala e il gatto, si trovano teoricamente nella stessa sovrapposizione.

In base alla meccanica quantistica, finché la scatola resta chiusa il suo contenuto si trova nella sovrapposizione di uno stato e l'altro, e noi non possiamo sapere se il gatto è vivo o morto. Solo quando apriamo la scatola e compiamo una misura, determineremo uno dei due stati, come discusso prima. Come si può reagire a questo paradosso? In due modi. O si accetta questo stato di cose della teoria, e cioè che non possiamo dire che una realtà esiste finché non la vediamo, cioè la facciamo collassare. Ma il prezzo da pagare è alto. Ad esempio, anche lei con cui sto parlando, dal punto di vista della meccanica quantistica è un insieme di atomi, e finché non la vedo e interagiamo, anche lei ha un'esistenza vaga. Lei può dire lo stesso di me. Naturalmente questo ci sembra inaccettabile, e allora si deve convenire che la teoria ha qualcosa che non va, cioè diventa incoerente nello spiegare il passaggio dal micro al macro mondo. E a questo stanno cercando di ovviare le teorie a cui accennavo prima.

“

I problemi aperti della fisica ci dicono che siamo come in una barca che sta navigando in alto mare senza vedere l'orizzonte, senza avere chiara la rotta. E questa è la bellezza della vita: l'essere indeterminata, con pochi elementi preordinati, dove ogni piccola decisione contribuisce a definirla meglio. Galleggiamo su questa “meravigliosa inquietudine” che ci rende padroni di tutte le possibilità.

”



Prima di proseguire con la scienza pura, vorrei farle una domanda più esistenziale. Il fatto che le particelle possono essere e non essere, apre degli scenari concettuali immensi che arrivano persino al Multiverso, cioè l'ipotesi che esistano tanti universi con realtà parallele in cui ognuno di noi può vivere una realtà piuttosto che un'altra. Io invece volevo chiedere all'Angelo Bassi uomo, prima che scienziato: sapendo che la nostra vita si regge su questa indeterminazione, lei come vive ogni istante della sua vita e le sue scelte? Questo campo di possibilità del libero arbitrio, in cui ogni più piccola decisione può modificare il nostro destino, la inquieta o la fa sentire padrone della sua vita?

Io ho un atteggiamento molto semplice di fronte alla natura. Credo nella sua definitezza e semplicità, e non mi turbano i paradossi della meccanica quantistica. Per me questa teoria offre una descrizione approssimata della realtà. L'indefinitezza quantistica è un problema della teoria; la natura ha una sua esistenza "serena" ed è in attesa che noi cerchiamo di capirla meglio. C'è però un lato affascinante in tutto questo: non capire può essere frustrante ma ha qualcosa di molto positivo, ci ricorda che ci sono un mondo e un futuro aperto davanti a noi. I problemi aperti della fisica ci dicono che siamo come in una barca che sta navigando in alto mare senza vedere l'orizzonte, senza avere chiara la rotta. E questa è la bellezza della vita: l'essere indeterminata, con pochi elementi preordinati, dove ogni piccola decisione contribuisce a definirla meglio. Galleggiamo su questa "meravigliosa inquietudine" che ci rende padroni di tutte le possibilità.

“

I sistemi quantistici sono fatti così: se nessuno li guarda si comportano in un modo, se vengono osservati si comportano in un altro.

”

C'è da dire che pur con tutte le sue stranezze, la meccanica quantistica funziona, ed è alla base di moltissima tecnologia odierna, mentre per il futuro sembrano esserci prospettive da fantascienza. Si legge che il teletrasporto di singoli fotoni è già realtà, anche se pensare di ottenere un teletrasporto di interi esseri umani con miliardi di cellule come in Star Trek è effettivamente troppo. E ormai il tema del computer quantistico è nella bocca di tutti. Ci spiega cosa sono queste due tecnologie e perché rivoluzioneranno il nostro futuro?

È vero, la meccanica quantistica avrà ricadute notevoli nel futuro della elaborazione dei dati e delle comunicazioni. Partiamo dal computer quantistico. Per spiegarlo torniamo all'immagine dell'onda e del surfista di prima. Se il surfista sull'oceano incontra uno scoglio, può andare da una parte o dall'altra per evitarlo. Invece l'onda ha proprietà diverse dalla materia solida, si spezza in due e poi si ricongiunge.



Nel ricongiungersi crea delle "figure di interferenza", cioè un agitarsi di zone più alte dove le onde si sommano, e zone più basse dove si sottraggono. Che significano questi alti e bassi nel caso dell'elaborazione delle informazioni di un computer? Corrispondono alla maggiore o minore probabilità dell'esito corretto di un calcolo. Se io sono il surfista - fuor di metafora, il modo classico di calcolare per un computer - di fronte a uno scoglio - cioè un calcolo, un problema - posso andare o a destra o a sinistra, posso seguire solo una strada alla volta per risolvere il problema. Ma l'onda non evita lo scoglio, lo avvolge, e così esplora tutte le possibilità in maniera da massimizzare con gli alti - le onde che si intersecano - l'esito corretto di un calcolo e minimizzare con i bassi gli esiti scorretti. Si può dimostrare che questo modo "ondoso" di fare i calcoli con un computer quantistico in certi casi è più efficace di qualunque calcolo classico. Per il teletrasporto, la parte che desta più scalpore mediaticamente è che una realtà piccolissima come lo stato di una particella può essere spostato istantaneamente da un punto all'altro. Però l'aspetto più importante è questo: il trasferimento a distanza e quasi istantaneo d'informazione non può essere disturbato da nessuno. E se pensiamo alle comunicazioni sicure si capisce la rilevanza. E perché nessuno può turbare lo scambio d'informazione quantistica fra me e lei, ad esempio? Perché se lo facesse, noi ce ne accergeremmo subito e potremmo interrompere la comunicazione. I sistemi quantistici sono fatti così: se nessuno li guarda si comportano in un modo, se vengono osservati si comportano in un altro.

“

Remare non è complicato, ma farlo bene, in modo fluido e pulito è un altro discorso; bisogna essere disciplinati e avere forza di volontà, come per avere successo nella vita.

”

Salutiamoci con una metafora sportiva. So che lei ama e pratica il canottaggio nelle acque del golfo di Trieste. Qual è il traguardo verso cui sta remando? E la disciplina sportiva la aiuta nella ricerca scientifica?

Direi che è il contrario, sono una persona disciplinata nel lavoro e quindi applico il rigore dello scienziato al canottaggio. Remare non è complicato, ma farlo bene, in modo fluido e pulito è un altro discorso; bisogna essere disciplinati e avere forza di volontà, come per avere successo nella vita. Quanto ai miei traguardi futuri, da un lato voglio continuare a studiare i modelli matematici su cui lavoro per correggere le incongruenze della fisica quantistica, e al tempo stesso dare spazio e mezzi ai giovani del mio gruppo affinché possano seguire la loro passione per la fisica. E questa per me è la più grande soddisfazione.