

» INTERVISTA



MECCANICA QUANTISTICA VS RELATIVITÀ GENERALE

Intervista a Roger Penrose, professore emerito dell'Università di Oxford, vincitore con Stephen Hawking del Premio Wolf per la fisica, nel 1988, per la formulazione dei teoremi sulle singolarità di Penrose-Hawking

Si è tenuta il 25 settembre 2019 all'Auditorium Bruno Touschek dei Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN la conferenza "Il collasso della funzione d'onda quale soluzione all'attrito tra Relatività Generale e Teoria Quantistica", di Sir Roger Penrose, professore emerito di matematica all'Università di Oxford. Nel corso del seminario, il professor Penrose ha illustrato la sua idea sulla possibilità di risolvere il conflitto tra Relatività Generale e Meccanica Quantistica.

Il seminario è stato organizzato nell'ambito del workshop "Is Quantum Theory exact? From quantum foundations to quantum applications" che si è svolto ai Laboratori Nazionali di Frascati tra il 23 e il 27 settembre 2019.

Roger Penrose è autore d'importanti contributi alla fisica matematica della relatività generale e della cosmologia. Ha ricevuto numerosi premi e riconoscimenti, tra cui, nel 1988, il Premio Wolf per la fisica assieme a Stephen Hawking per i teoremi sulle singolarità di Penrose-Hawking, la Medaglia Dirac (1989) e la Medaglia Einstein (1990). Gli abbiamo chiesto di spiegarci alcune delle idee fondanti del suo prolifico pensiero matematico.

Professor Penrose, su che cosa si basa la sua idea di conciliazione della Relatività Generale e della Meccanica Quantistica?

È opinione comune che si debba subordinare la Relatività Generale alle leggi della Meccanica Quantistica, con la motivazione che il piccolo compone il grande e che la meccanica quantistica è una teoria del piccolo, mentre la relatività generale è una teoria del grande. Io ho un'altra opinione: penso che sia la meccanica quantistica a dover essere corretta. Non è, infatti, una teoria pienamente coerente e penso che una sua rimodulazione debba chiamarsi Meccanica Quantistica Gravitazionale piuttosto che Gravitazione Quantistica: questo è in linea con gli esperimenti e con quegli aspetti della meccanica quantistica che devono ancora essere spiegati. Ci saranno esperimenti capaci di mostrare come modificare la Meccanica

» INTERVISTA

Quantistica per renderla coerente con la teoria della relatività generale di Einstein: sarà uno sviluppo importante nel futuro.

A suo parere, su che cosa si dovrebbe focalizzare la fisica sperimentale di base per contribuire al meglio a una più approfondita conoscenza dell'universo?

Uno degli ambiti in cui penso che la fisica sperimentale cambierà radicalmente la nostra visione delle cose è quello degli esperimenti in cui si osservano violazioni della Meccanica Quantistica standard. Un qualunque oggetto, che naturalmente potrebbe essere in questo o in quel luogo, secondo la Meccanica Quantistica potrebbe essere in questo e in quel luogo allo stesso tempo. A questo proposito, è noto l'esperimento mentale con il quale Schrödinger suggeriva che un gatto (in una scatola) potesse essere vivo e morto allo stesso tempo: è l'esperimento comunemente noto come "Il gatto di Schrödinger". Ora, fare questo esperimento con un gatto non è una buona idea, ma potremmo usare un oggetto molto piccolo. È possibile mettere l'oggetto in questo e in quel punto allo stesso tempo, o per farlo dobbiamo cambiare il nostro punto di vista sulla Meccanica Quantistica e, in definitiva sulla fisica nel suo insieme? Penso che gli esperimenti rilevanti che potranno essere fatti nel prossimo futuro siano proprio quelli che estendono la meccanica quantistica oltre i limiti che osserviamo oggi, mettendo in evidenza deviazioni dalla sua formulazione standard.

Lei ha ipotizzato che la Meccanica Quantistica è alla base, tra altre cose, dei meccanismi di funzionamento del cervello.

Io penso che l'esperienza cosciente non possa essere spiegata semplicemente con le idee classiche. Ma la mia idea è ancora più radicale: credo anche che non possa essere spiegata dalla Meccanica Quantistica come la comprendiamo attualmente e che debba intervenire piuttosto la Meccanica Quantistica nella sua versione modificata.

L'attuale Meccanica Quantistica prevede che sia possibile che un oggetto sia contemporaneamente in un luogo o in un altro e, a mio avviso, questo non può accadere per oggetti di grandi dimensioni. Io penso che il modo in cui opera il cervello cosciente (sto parlando ora dell'esperienza cosciente) non faccia semplicemente uso della Meccanica Quantistica, ma della sua versione estesa, modificata affinché le cose non rimangano in due stati contemporaneamente, ma diventino improvvisamente l'uno o l'altro. Abbiamo bisogno di una teoria per questo: un meccanismo chiamato "collasso della funzione d'onda". A mio avviso, quando avremo formulato una teoria di questo tipo potremo spiegare il funzionamento del cervello cosciente meglio di quanto sappiamo fare oggi.

» INTERVISTA

Il dibattito tra lei e Stephen Hawking ha dato un importante contributo alla teoria dei buchi neri. Come è nato?

Negli anni '60, erano stati osservati degli oggetti molto misteriosi, i quasar, che sembravano produrre molta energia. Erano molto piccoli e sembravano essere il risultato di quello che viene chiamato "collasso gravitazionale".

Il concetto di collasso gravitazionale non era ben compreso. All'epoca c'era una teoria secondo la quale quando un corpo collassa gravitazionalmente, inizia a ruotare per poi essere rigettato verso l'esterno. E non si sapeva se questo fosse vero. Neanche io lo sapevo. Per questo ho iniziato a lavorare alacremente a questo problema e ho capito che quando il collasso raggiunge un certo punto non c'è più ritorno, l'oggetto collassa definitivamente e forma quella che oggi chiamiamo singolarità, un buco nero: uno stato in cui la densità della curvatura dello spazio-tempo diventa infinita. Così ho scritto un teorema, che è stato pubblicato su *Physical Review Letters*, e ho tenuto un seminario al King's College, a Londra. La finzione cinematografica (*"The Theory of Everything"*, 2014, n.d.r.) sostiene che Stephen Hawking fosse presente, ma in realtà non c'era. Comunque, ho ripetuto il seminario a Cambridge e questa volta era presente Stephen Hawking.

Ho avuto modo di parlare privatamente con Stephen e con George Ellis e ho discusso con loro delle tecniche che avevo usato in questa dimostrazione sui buchi neri. Fu così che Hawking generalizzò in seguito questi argomenti, per applicarli al Big Bang e alla cosmologia nel suo insieme. Ne ha fatto uno sviluppo molto intelligente. In seguito, abbiamo sintetizzato il tutto in un teorema che, dopo diverse sue (di Hawking) pubblicazioni, abbiamo presentato alla Royal Society. La pubblicazione includeva la maggior parte dei risultati che avevamo sviluppato insieme: riguardava la cosmologia e, in particolare, le singolarità del Big Bang e del buco nero. Questa è stata la mia collaborazione con Stephen: accadeva alla fine degli anni '60.

Qual è la sua opinione sulla teoria di Stephen Hawking sui capelli dei buchi neri, proposta per risolvere il problema della perdita di informazione?

Il contributo fondamentale di Stephen Hawking alla teoria dei buchi neri è stato la scoperta teorica del fatto che i buchi neri irradiano. In precedenza si pensava che fossero completamente neri e che ogni cosa vi potesse solo cadere dentro. Hawking ha mostrato, con l'uso combinato della teoria dei campi quantistica, della meccanica quantistica e della relatività generale, che i buchi neri emettono una radiazione molto leggera, la radiazione di Hawking. È un concetto teorico molto importante. Il problema era tuttavia che tutta l'informazione sarebbe dovuta essere inghiottita dai buchi neri e Hawking, originariamente, era convinto che i buchi neri, effettivamente, inghiottissero l'informazione. Questo era quello che ci si aspettava: lo credevo io stesso, e ritenevo fosse la cosa corretta.

In seguito, in occasione di una scommessa che aveva fatto con altri, cambiò idea e decise che l'informazione

» INTERVISTA

non veniva distrutta e che, in qualche modo, dovesse riemergere. Io ero convinto che si stesse sbagliando e che la sua prima idea fosse quella corretta. Abbiamo avuto molte discussioni su questo argomento.

Qualcuno mi ha detto che a un certo punto ha cambiato di nuovo la sua opinione. Non ne sono sicuro. Certamente, nel suo successivo articolo con altri collaboratori ha sviluppato l'idea dei capelli morbidi (*soft hair*) ipotizzando che la radiazione potesse far riemergere in questo modo l'informazione. Io penso che fosse corretta la sua prima analisi e che l'informazione nei buchi neri si distrugga: è una visione in linea con il tipo di schema cosmologico che si è sviluppato in seguito.

È facile pensare che l'immaginazione abbia un ruolo importante nel suo lavoro. È così?

L'immaginazione è molto vitale in fisica. Quando lavoravo all'idea del collasso in un buco nero, ho cercato di immaginare come potesse essere trovarsi al suo interno mentre tutto mi collassava intorno e penso di essermi ispirato agli ottimi libri di George Gamow chiamati "Mr. Tompkins nel paese delle meraviglie" e "Mr. Tompkins esplora l'atomo".

Nel primo, Gamow immaginava che l'universo stesse collassando su stesso e che tutti i corpi convergessero verso l'interno. E così, immaginare come sarebbe potuto avvenire il collasso in un buco nero è stato importante per me, perché penso di aver capito che non poteva essere semplicemente un processo locale: le equazioni divergono solo localmente o il loro comportamento ha a che fare con la funzione globale? E quella fu una realizzazione importante per il teorema delle singolarità, che ho sviluppato con Stephen Hawking.

E questo è solo un esempio: l'immaginazione è in molti casi il luogo in cui si possono trovare le idee. Io immagino molto spesso in termini di figure geometriche. Penso visivamente: le idee sono immagini spaziali e possono essere molto rigorose. Le immagini non rappresentano solo una sensazione generale, in molti casi possono rappresentare in modo molto preciso le nostre intuizioni geometriche. Quindi l'immaginazione è molto importante, in tutte le sue forme: dall'immaginazione fisica all'immaginazione geometrica, fino all'immaginazione che ha a che fare con la logica.

Nella sua visione della matematica, gli enti matematici non sono pura creazione del pensiero ma hanno una realtà propria. Che cosa intende?

Dal mio punto di vista, gli enti matematici sono reali nel senso del mondo platonico delle cose. Ad esempio, il numero tre non è una cosa reale, è un concetto, è assoluto. Ma nella visione platonica c'è un mondo oggettivo, che non è semplicemente parte della nostra creazione: esiste indipendentemente da noi stessi. Non è il mondo della realtà fisica, ma il mondo della realtà matematica.

Se sono gli esseri coscienti a creare la matematica, è molto difficile credere che le leggi della fisica possano

» INTERVISTA

essere esistite prima degli esseri coscienti. Come si sarebbero potute creare? Ecco perché ritengo che debba esistere un mondo, il mondo delle idee di Platone, in cui le idee delle nozioni matematiche hanno una realtà propria. Non è il mondo della realtà fisica ma fa riferimento alla realtà fisica e all'esperienza cosciente. Sono portato a disegnare un'immagine in cui il mondo fisico, il mondo del pensiero e il mondo della matematica non siano uguali tra loro ma si colleghino l'uno all'altro in modo importante.

Lei è autore di libri divulgativi oggi molto popolari. Pensa che la diffusione della cultura scientifica sia un valore aggiunto per la scienza e la società?

Penso che sia molto importante cercare di rendere la scienza accessibile al grande pubblico. Questo è il motivo per cui ho scritto il mio primo libro popolare, "La mente nuova dell'Imperatore".

Una volta ho sentito alla radio Marvin Minsky e Edward Fredkin che parlavano di computer: sostenevano che i nostri computer sarebbero diventati sempre più intelligenti, molto più intelligenti di noi. Capivo la logica del ragionamento, ma non ero d'accordo sul fatto che siamo solo computer. Il mio disaccordo si basava su quanto avevo appreso durante un ciclo di seminari che avevo seguito da studente, a Cambridge, su argomenti che non avevano direttamente a che fare con quello di cui mi occupavo. Uno dei seminari era di logica matematica, ed era focalizzato sul teorema di Godel e sulle macchine di Turing, la base teorica di un computer moderno. Durante il seminario mi convinsi che ciò che capiamo con la nostra comprensione cosciente non è qualcosa di computazionale. Ho mantenuto questa convinzione per molto tempo senza pensare che fosse un'opinione particolarmente rilevante. Solo quando ho sentito Marvin Minsky e Edward Fredkin parlare dell'argomento, ho pensato: questo non è il mio punto di vista, c'è dell'altro, non è semplice calcolo. Ho deciso così di scrivere un libro che provasse a spiegare questioni di fisica che mi premevano particolarmente. E da ultimo volli provare a dimostrare che nella nostra comprensione cosciente stiamo facendo qualcosa di diverso da un computer. Fu così che il titolo del libro fu "La mente nuova dell'imperatore", riprendendo "I vestiti nuovi dell'imperatore", la famosa storia dell'imperatore che non ha i vestiti, ma che tutti ritengono vestito, perché pensano di doverlo credere. L'idea era questa: è ovvio che stiamo facendo qualcosa di diverso da un computer, ma la storia prevede che ci venga detto che siamo tutti computer e dobbiamo crederlo. ■