

I buchi neri e il paradosso dell'informazione | Andrea Russo | TEDxTreviso

Transcribed by [TurboScribe.ai](#). [Go Unlimited](#) to remove this message.

Buonasera, oggi voglio parlarvi del paradosso dell'informazione che è una questione che ha diviso la comunità dei fisici nell'ultimo secolo ma ha portato anche a intuizioni molto profonde su come funziona il nostro universo e vorrei dividerne qualcuna con voi. Bene, la prima cosa da fare però è capire cosa intendiamo noi fisici quando parliamo di paradosso. Vedete, un paradosso in fisica è quando due leggi che noi consideriamo ben testate e accertate sono in disaccordo sulla risposta a un quesito che noi poniamo che sostanzialmente vuol dire che non abbiamo idea di cosa stia accadendo.

Bene, quali sono queste due leggi nel nostro caso? Da una parte la Relatività Generale di Einstein che spiega la forza di gravità come la curvatura di un tessuto spazio-temporale che ci circonda. Dall'altra la Meccanica Quantistica. Ma procediamo con ordine.

Bene, dalla Relatività Generale voglio prendere il concetto di un buco nero. I buchi neri sono oggetti estremamente interessanti quindi iniziamo a vedere come si formano e cos'è un buco nero. Vedete, i buchi neri si formano tramite un processo chiamato collasso gravitazionale.

Quando una stella è in vita vive in una sorta di equilibrio. Da un lato la forza di gravità vuole comprimerla, dall'altro la fusione nucleare al suo interno cerca di farla esplodere. Ed è in equilibrio fino a che, ad un certo punto, finisce il carburante, il carburante che alimenta la fusione e inizia quindi a collassare.

Quando la stella è molto grossa, si parla di almeno due volte la massa del sole, gli strati più interni precipitano e formano questo oggetto chiamato appunto un buco nero. Ora, i buchi neri hanno tantissime proprietà interessanti ma a noi interessa quello che succede sul loro bordo, sul loro parte più esterna ecco, che ha questo nome, si chiama l'orizzonte degli eventi. È un nome molto altisonante ma ha un motivo.

Infatti, vedete, quando qualsiasi cosa, qualsiasi forma di massa o di energia attraversa l'orizzonte degli eventi rimane intrappolata per sempre nel buco nero. Il buco nero è una specie di pozzo gravitazionale. Ma l'orizzonte degli eventi fa di più.

Infatti, esso nasconde le proprietà del buco nero. Cosa intendo? Intendo che se noi osserviamo un buco nero, le uniche cose che possiamo capire sono la sua massa, dato da quanto è grosso, la sua carica elettrica, che però non ci interessa molto, e la velocità con cui ruota. Tutto il resto è celato.

Quindi l'orizzonte degli eventi è una specie di censore cosmico. Ma c'è di più. Vedete, per molto tempo pensavamo che i buchi neri fossero oggetti eterni.

Un giorno Stephen Hawking è arrivato e in modo molto elegante ha dimostrato che i buchi neri evaporano. Cosa intendo per evaporano? Intendo che col tempo, molto lentamente, emettono questa radiazione elettromagnetica. Questa radiazione si porta via l'energia del buco nero, si porta via la sua massa, e il buco nero rimpicciolisce, e rimpicciolisce sempre più velocemente, fino a svanire.

Ok, ora sappiamo quello che ci interessa dei buchi neri. Mettiamolo da parte un attimo. Abbiamo detto che i buchi neri evaporano, e i buchi neri agiscono come una specie di censura cosmica.

Tra l'altro noi fisici diciamo che i buchi neri non hanno peli, per questo motivo qua. Andiamo all'altra faccia del paradosso, l'informazione quantistica. L'informazione quantistica è un concetto che viene dalla branca della fisica chiamata appunto meccanica quantistica.

Ed è un concetto abbastanza astratto, un po' difficile da spiegare senza l'uso di formule. Quindi voglio portarvi degli esempi per cercare di farvi capire perché è molto importante. Immaginate gli atomi di carbonio.

Gli atomi di carbonio sono completamente identici tra di loro. Eppure noi sappiamo che possono formare oggetti estremamente diversi, dalle proprietà estremamente diverse, dai diamanti alla grafite che avete nelle matite, ma anche oggetti, scusate, materiali più moderni come il grafene, un superconduttore estremamente resistente. Ma se tutti questi materiali sono fatti dello stesso identico tipo di atomo, cos'è che li distingue, cos'è che gli dà le loro proprietà? Beh, il modo in cui questi atomi sono disposti tra di loro.

Vedete, questo è in un certo senso l'informazione quantistica. L'informazione quantistica è tutto l'insieme delle proprietà che dà a un sistema fisico appunto le sue caratteristiche. E perché ci interessa così tanto? Perché l'informazione quantistica ha una proprietà unica.

È indistruttibile. L'informazione quantistica, qualsiasi cosa noi facciamo al nostro sistema fisico, non può mai essere distrutta. Cosa vuol dire? Immaginate di avere un foglio di carta con un messaggio e di bruciarlo.

Tecnicamente è una situazione irrecuperabile, però dal punto di vista teorico, se voi riuscite a raccogliere tutte le molecole di gas e tutte le molecole di cenere in cui questo foglio era composto, potreste ricostruire sia il foglio che il messaggio. Questo per dire che una traccia dello stato di un sistema fisico rimane sempre durante le sue trasformazioni. E qui arriviamo alla chiave.

Abbiamo i due lati del paradosso. Qual è la domanda? La domanda che i fisici si sono posti è cosa succede all'informazione che cade dentro un buco nero? E perché questo è interessante? Immaginate di avere 50 kg di diamanti che vi avanzano e di buttarli dentro un buco nero. Poi di misurare questo buco nero e vedrete che effettivamente la sua massa è aumentata di 50 kg.

Ma per le proprietà che vi ho spiegato prima dell'orizzonte degli eventi, non potrete mai capire

se avete buttato dei diamanti, avete buttato della grafite, avete buttato della plastica, qualsiasi altra cosa. Per cui dove va a finire questa informazione? È questa domanda che ha spaccato la comunità dei fisici. Per molti anni, da una parte, i relativisti dicevano che l'informazione è persa, la meccanica quantistica va ripensata.

Dall'altra parte, i sostenitori della fisica quantistica invece dicevano che no, da qualche parte questa informazione deve finire, deve andare, non può svanire nel nulla. Bene, ora i dettagli della risoluzione del paradosso si stanno ancora decidendo, però abbiamo già capito molto molto di più su cosa succede effettivamente. Vedete, immaginate di essere sul bordo di uno stagno, uno stagno profondo, e di prendere un sasso e buttarlo dentro.

Mano a mano che il sasso affonda e scompare alla vostra vista, voi non potete più fare niente per misurarlo, perdete le informazioni al riguardo. Invece no, perché se voi poteste misurare la forma, l'ampiezza e la velocità con cui questo sasso ha creato delle increspature, se voi poteste misurare le increspature sull'acqua, sareste in grado di capire un sacco di informazioni su questa roccia che è caduta, potreste capire la sua forma, la velocità con cui è entrata, la sua massa, la sua energia. Ecco, in questo senso l'informazione del sasso viene dipinta sulla superficie dello stagno.

Ed è allo stesso modo che quando la materia e l'energia entrano in un buco nero, una traccia del loro passaggio rimane dipinta sull'orizzonte degli eventi. Dopodiché la radiazione, quando viene emessa e se ne va nell'universo, porta con sé questa informazione. L'informazione è quindi salva e viene restituita dal luogo in cui è venuta.

Bene, direte voi, abbiamo risolto il paradosso. Beh, in un certo senso sì, ma il punto è ancora più profondo. Vedete, i fisici si sono accorti che questo aveva delle conseguenze ancora più profonde.

Se prendete un buco nero, è un volume tridimensionale. Eppure, come vi ho appena spiegato, l'informazione di tutto ciò che contiene è scritta sulla sua superficie, che è un'area bidimensionale. Cosa vuol dire? Vuol dire che il buco nero funziona un po' come un ologramma.

Se avete presente quelle carte che alcuni di noi avevano da piccoli, sono immagini bidimensionali, eppure se le guardate viene proiettata un'immagine con una dimensione in più, che sembra in 3D. Ora, quella è un'illusione ottica, mentre io sto parlando di dati quantistici. Ma se i buchi neri funzionano come degli ologrammi, sono questi fisici, perché non potrebbe essere l'universo stesso che funziona come un ologramma? E se fosse che tutte le informazioni su tutto quello che succede all'interno del nostro universo non fosse altro che una immagine bidimensionale distantissima da noi? Beh, questo probabilmente non lo sapremo mai, però i fisici hanno costruito dei modelli simili, li chiamano modelli di gravità olografica, o universi in scatola.

E questo ha portato a grandissimi sviluppi, anzi, si è aperto un intero campo che studia questo genere di fenomeni. E di conseguenza, quello con cui voglio lasciarvi è un po' l'idea che come i

fisici che studiavano ed erano bloccati su questo paradosso dell'informazione, si sono poi resi conto che il nocciolo della questione era in realtà se l'universo è un ologramma oppure no. A volte anche noi, quando siamo bloccati su un problema, invece di continuare a buttarci energie, forse dovremmo chiederci se ci stiamo facendo la giusta domanda.

Grazie mille.

Transcribed by [TurboScribe.ai](#). [Go Unlimited](#) to remove this message.