

FISICAST

per  
**SxT**

**Che cos'è lo Spazio**

di

Gianluca Li Causi



## **Che cos'è lo Spazio**

*Gianluca Li Causi*

### **Abstract:**

**Percepiamo lo spazio come "ciò che contiene tutte le cose", ma per la fisica lo spazio è molto di più che una pura impressione psicologica. In questa puntata proviamo a spiegare "che cos'è lo spazio", proponendo un modo evocativo di rappresentarlo, che ci mostra dov'è che nasce il concetto di spazio, come possa essere finito o infinito, piatto o distorto, come possano esistere spazi paralleli e cosa siano le dimensioni spaziali.**

### **INIZIO**

**Tutti i giorni abbiamo a che fare con lo spazio, che sia quello angusto di una cantina, o quello interminabile di un lungo viaggio; ma che cos'è lo spazio? Lo chiediamo a Gianluca Li Causi, ricercatore dell'Istituto Nazionale di Astrofisica.**

**Q: Che cos'è lo spazio? Possiamo dire che sia "il contenitore di tutte le cose"?**

A: Sì e no. Sin dall'infanzia impariamo tutti a percepire lo spazio come ciò che ci separa da un oggetto: "questo giocattolo posso toccarlo, quello laggiù no, per farlo devo muovermi", e questa esperienza crea nella nostra mente la rappresentazione dello spazio che tu dici, quella di un "contenitore". Questo modo di vedere lo spazio è largamente condiviso, anche perché si adatta molto bene alla realtà quotidiana; tuttavia nell'ultimo secolo la fisica ci ha mostrato un volto dello spazio completamente differente!

I filosofi si sono interrogati per secoli su cosa sia lo spazio; in particolare è famosa la disputa tra Newton e Leibniz, nel diciassettesimo secolo.

Secondo Newton lo spazio ha un'esistenza concreta e indipendente dalla presenza o meno di oggetti, e in effetti questa è la percezione che ci viene naturale: per esempio, se ti dico di pensare a un Universo completamente vuoto, probabilmente non ti viene di pensare al buio assoluto del "nulla", ma a uno spazio concreto e preesistente pronto a contenere qualcosa; anzi probabilmente ti ci immagini già dentro a guardarlo, galleggiando nel vuoto un po' come fanno gli astronauti fuori dalla Terra... non è così?

**Q: Beh, sì. Credo che ce lo immaginiamo un po' tutti in questo modo...**

A: E anche Newton. Ma Leibniz fu più profondo e affermò, opponendosi esplicitamente a Newton, che "lo spazio è soltanto una relazione tra gli oggetti": in altre parole, secondo Leibniz, non sono gli oggetti a esistere "nello" spazio, ma al contrario lo spazio esiste poiché esistono gli oggetti!

**Q: Come come? Vuoi dire che se non ci fossero oggetti non esisterebbe neanche lo spazio?**

A: Esattamente. Per Leibniz lo spazio è una relazione tra gli oggetti, così come la "famiglia" è una relazione tra le persone: la "famiglia" non può esistere senza le persone che la compongono e così, allo stesso modo, lo "spazio" non può esistere senza gli oggetti che contiene.

Ovviamente "famiglia" e "spazio" non sono oggetti concreti, sono concetti astratti, ma nonostante questo sono perfettamente reali: la famiglia esiste di certo e conosci bene le sue conseguenze concrete nella società, e per lo spazio è lo stesso, esiste e come ti farò vedere ha conseguenze estremamente concrete nel mondo in cui viviamo.

**Q: Sembra che Leibniz ti piaccia di più, ma sono due visioni diametralmente opposte: come fisico non potresti pensare a un esperimento per stabilire chi dei due ha ragione, Newton o Leibniz?**

A: In effetti Newton ne propose uno, il famoso "esperimento del secchio rotante": se fai ruotare, su se stesso, un secchio pieno d'acqua anche l'acqua dopo un po' comincerà a ruotare, finché avrà la stessa velocità del secchio e la sua superficie si incurverà per effetto della forza centrifuga. Ora, se d'un tratto fermi il secchio, vedi che la superficie dell'acqua rimane lo stesso incurvata, poiché l'acqua continua a girare e perciò ad esser soggetta alla forza centrifuga.

Per Newton questo fatto dimostra che la forza centrifuga non deriva dalla relazione tra l'acqua e il secchio, ma dal fatto che l'acqua ruota rispetto allo spazio stesso, che quindi deve esistere per conto suo, indipendentemente dalle relazioni tra gli oggetti.

Il fisico Ernst Mach nell'800 contrappose un esperimento più concettuale, che possiamo chiamare "esperimento dello spazio vuoto": prova a pensare a un Universo ipotetico costituito dal solo secchio pieno d'acqua, un "nulla assoluto" in cui non ci sia nient'altro, nemmeno tu che guardi naturalmente! In questo mondo un secchio ruotato non sarebbe diverso da un secchio non ruotato; lo stesso concetto di "rotazione" non avrebbe senso poiché non potresti trovare alcun riferimento per dire se sta ruotando oppure no.

Ma se non c'è nulla che ruota non c'è nemmeno alcuna forza centrifuga e così la superficie dell'acqua resta in piano! Non si può dire quindi che l'acqua ruoti "rispetto allo spazio stesso", non ha senso, perciò l'esperimento di Newton non dimostra l'esistenza di uno spazio assoluto.

Finalmente, nel secolo scorso, la Teoria della Relatività Generale di Einstein, confermata in pieno dagli esperimenti, diede la spiegazione definitiva dando ragione a Mach e a Leibniz: la forza centrifuga che incurva la superficie dell'acqua c'è perché tutti i corpi dell'Universo sono in relazione gravitazionale tra loro.

### **Q: Ma come possono delle relazioni tra oggetti creare uno spazio?**

A: Prova a pensare alla maniera di Mach a un Universo semplificato, come hai fatto prima col secchio, ma ancora più semplice e costituito unicamente di una pallina puntiforme e nient'altro: in questo universo non c'è nulla che tu possa usare per definire un'estensione e neppure un riferimento per definire una posizione. Vedi tu stessa che qui lo spazio semplicemente non esiste, a parte quel singolo punto.

Ora fai la stessa cosa con tre palline, invece di una sola: qui le relazioni tra i tre punti danno vita a uno spazio, quello di tutti i possibili triangoli, anche se è uno spazio molto semplice e che ancora ha poco a che fare con quello che conosciamo.

Se ora crei il tuo Universo non con tre, ma con parecchie palline puoi definire distanze, angoli e altri concetti geometrici scegliendo un certo numero di palline come riferimento. In tal modo hai creato uno spazio simile al nostro.

Lo spazio perciò è anche per la fisica un insieme di relazioni tra un certo numero, non troppo piccolo, di cose. (3 secondi di musica)

### **Q: Se dunque lo spazio è legato ai corpi presenti nell'Universo a un certo punto dovrà terminare, laddove si trovano le galassie più lontane ai confini dell'Universo... o potrebbe anche essere infinito?**

A: Beh, l'infinito è un pensiero che imbarazza chiunque si ponga a pensarlo, perfino i fisici e i matematici.

A tutti è chiaro che i numeri sono infiniti, visto che a qualsiasi numero puoi sempre aggiungere 1 per fare un numero più grande; altra cosa è pensare che l'Universo reale sia infinito, ma la cosmologia ci dice che entrambe le soluzioni, finito o infinito, sono possibili.

Se lo spazio è infinito contiene infinita materia, se invece la quantità di materia è finita allora anche lo spazio ha un volume finito, ma può avere diverse forme, una delle quali è il cosiddetto "Universo chiuso", finito ma senza un confine.

Un esempio che ben conosci è la superficie della Terra, che ha un'estensione finita, ma non ha alcun bordo e il motivo è ovvio: è una sfera, cioè una superficie curva che si richiude su se stessa.

In uno spazio come questo la geometria è diversa dalla geometria piana che ci hanno insegnato a scuola, chiamata "geometria euclidea", in cui se due rette sono parallele in un punto lo sono sempre e non si incrociano mai: su una sfera due "rette" inizialmente parallele, come due meridiani all'equatore, si incrociano ai due poli.

**Q: Ma se lo spazio fosse curvo come avviene per la sfera, cosa ci sarebbe "fuori" dalla sfera? Un altro spazio?**

A: No, attenta, la frase "curvatura dello spazio", così usata nei documentari scientifici e nei film di fantascienza, è corretta solo nel gergo matematico e non corrisponde al significato comune, che evoca l'analogia con un foglio a 2 dimensioni che si incurva in uno spazio a 3 dimensioni.

È meglio se usiamo le parole "deformazione" o "distorsione", al posto di "curvatura", il cui significato comune rende più correttamente il concetto matematico.

Una superficie ha sempre 2 dimensioni, sia che sia piana sia che abbia una "deformazione sferica", senza bisogno di essere piegata in una terza dimensione.

In altre parole la deformazione di uno spazio è una proprietà dello spazio, non di come viene visualizzato: se fossi un essere bi-dimensionale non avresti modo di distinguere se lo spazio in cui ti trovi sia la superficie di una sfera tridimensionale, oppure un planisfero, dove il bordo destro è lo stesso luogo del bordo sinistro.

**Q: Perché no? La sfera ha una geometria curva, mentre il planisfero è piatto: potrei verificarlo con le rette parallele, no?**

A: Sì, e verifichereesti che entrambi hanno geometria sferica! Infatti non devi vedere i meridiani del planisfero come tracce curve su un foglio piatto, ma come linee dritte nella geometria sferica che il planisfero rappresenta: le relazioni geografiche, e quindi geometriche, tra i punti del planisfero sono quindi identiche a quelle tra i punti su una sfera. Per esempio anche sul planisfero non ci sono confini: come essere bi-dimensionale potresti attraversare l'ultimo meridiano sul bordo destro del planisfero e

ritrovarti a rientrare sul suo bordo sinistro, senza incontrare alcun limite. Contano solo le relazioni che ci sono tra i punti: puoi rappresentarle su una sfera o su un foglio piatto, o perfino scriverne solo una formula matematica: il tuo spazio è in quelle relazioni, non in come le hai rappresentate!

**Q: Comincio a capire, ora mi dirai che la stessa cosa può accadere a uno spazio tridimensionale come il nostro!**

A: È così. Immagina di trovarti in un mondo di fantasia, un Paese delle Meraviglie dove avvengono cose impossibili, ad esempio poter allungare indefinitamente il braccio come se fossi Mister Fantastic: l'Uomo Gomma dei Fantastici 4.

In questo sogno allunghi il braccio destro dritto verso l'infinito davanti a te, finché a un certo punto senti di aver toccato qualcosa laggiù in fondo all'Universo, quando nello stesso istante ti senti toccare la schiena.

Ovviamente ti volti a vedere chi sia, e ti accorgi con gran sorpresa che è proprio il tuo braccio, che vedi arrivare dalle profondità dello spazio dietro di te.

Ma ancora di più ti meravigli quando afferrì quella mano con la sinistra, e ti senti stringere la destra laggiù in fondo all'Universo che hai davanti!

Ecco, questo è uno spazio a 3 dimensioni con "geometria di tipo sferico".

Vedi chiaramente che non c'è nulla di "sferico", o di "curvo", in tutto ciò che ti sta attorno: è soltanto uno spazio "strano", potremmo dire "deformato", in cui punti apparentemente lontani hanno una relazione di prossimità tra di loro, diversamente dalla geometria euclidea.

In questo mondo, quando corri in avanti sempre in linea retta, dopo un po' ti ritrovi a passare per lo stesso punto di partenza!

Perciò non è uno spazio infinito, ma ha un volume finito, e nonostante questo non c'è nessun bordo, come ti è evidente: questo spazio contiene ogni luogo di quel mondo immaginario.

Perciò, per rispondere alla tua domanda: no, non esiste alcun "fuori". (3 secondi musica)

**Q: Incredibile, ma ancora non capisco che cosa ha a che fare tutto questo col mondo reale: mi sembra pura fantasia!**

A: Posso capirti... ma quello che ho descritto aiutandomi con l'immaginazione, è in realtà esattamente lo spazio che troveresti sul bordo di un "buco nero", anche se ai più appare come un oggetto di fantasia.

La Teoria della Relatività Generale di Einstein ci mostra che la forza di gravità non è altro che una distorsione dello spazio molto simile a quella descritta: è un effetto presente anche attorno alla Terra e così reale che i navigatori satellitari non funzionerebbero se non ne tenessero conto!

Un buco nero ha una gravità enormemente maggiore di quella terrestre, tanto che la luce stessa non è abbastanza veloce da uscirne fuori, da cui il nome di "buco nero". Questa forte gravità distorce lo spazio a tal punto che un raggio di luce che partisse dal suo bordo e viaggiasse, nota bene, sempre in linea retta, si ritroverebbe a passare nuovamente da dove è partito, proprio come nel nostro Paese delle Meraviglie, dove guardando avanti con un binocolo ti saresti vista la schiena!

E ti dirò di più: gli astronomi osservano quotidianamente le distorsioni dello spazio nel nostro Universo, per esempio attorno agli ammassi di galassie, la cui gravità deforma lo spazio in un modo ben visibile sulle immagini delle galassie retrostanti.

La fisica ci spiega anche come mai, nel quotidiano, sperimentiamo uno spazio piano, ed è per due ragioni: la prima è che siamo troppo piccoli per percepire le distorsioni create da ammassi di galassie e buchi neri; la seconda è che siamo troppo grandi per percepire le distorsioni ancora più estreme prodotte dai fenomeni quantistici, su una scala molto più piccola di un nucleo atomico, detta scala di Plank, alla quale lo spazio si deforma continuamente intrecciandosi in grovigli inimmaginabili.

**Q: Ma se lo spazio, come mi hai spiegato, non è qualcosa di fisicamente tangibile, cos'è che viene deformato?**

A: Ho descritto lo spazio come un'insieme di relazioni tra gli oggetti che esistono nell'Universo: in uno spazio distorto sono queste relazioni a essere modificate, rispetto a quelle a cui siamo abituati nello spazio euclideo.

Comprendere lo spazio in questo modo ti permette anche di capire il senso delle teorie sugli "universi paralleli", il cosiddetto "Multiverso", di cui tanto si sente parlare.

Magari non ci hai mai pensato, ma il cinema di fantascienza, i racconti fantasy e i videogiochi ci mostrano gli spazi più strani ogni volta che un personaggio varca una porta magica e si ritrova in altro posto, se non perfino in un altro mondo.

Basta che immagini di stare dentro in un videogioco, in una stanza con due porte, una davanti a te e una dietro di te e che se esci da una porta rientri nella stessa stanza dalla porta opposta, un po' come nel planisfero di prima.

Sei quindi in uno spazio chiuso, dove quelle che vedi non sono altro che le due facce della stessa unica porta; vedi chiaramente che attorno a te non può esistere altro che la stanza e che il tuo intero Universo è dentro quello spazio.

Adesso non ti sarà difficile immaginare che possano esistere altre stanze similmente chiuse in se stesse, altri "universi paralleli", anche se la loro esistenza non avrebbe alcuna relazione con lo spazio in cui ti trovi.

Queste stanze, nota bene, non si troverebbero in alcun luogo, ne' dentro ne' fuori dal tuo spazio: semplicemente esisterebbero ognuna nel proprio spazio, creato dalle relazioni tra i propri oggetti, e ognuno di questi spazi avrebbe la propria forma, finita o infinita, e perfino potrebbe avere un numero diverso di dimensioni.

**Q: A proposito di dimensioni, permettimi un'ultima domanda: perché il nostro spazio è tridimensionale? Potrebbe essere diverso?**

A: Sì, uno spazio può avere qualunque dimensione, persino infinite dimensioni. Dire che uno spazio ha due dimensioni, come una superficie, vuol dire che servono due coordinate per localizzarne un punto.

Il nostro Universo ha 3 dimensioni perché le relazioni che osserviamo si descrivono con tre coordinate: larghezza, altezza e profondità.

Non sappiamo il motivo di questo numero, potremmo averne solo due come nel racconto di Edwin Abbott "Flatlandia", in cui esseri bidimensionali vivono una vita sociale non molto diversa dalla nostra nello spazio di un piano.

Ma potremmo averne anche più di tre, come ipotizzato da alcune teorie ancora in fase speculativa, che prevedono uno spazio a 10 dimensioni a una scala molto più piccola di una particella elementare!

Anche in tal caso non cercare di visualizzarti le impossibili direzioni in cui potrebbero estendersi la quarta, la quinta o la decima dimensione: immagina solo lo spazio che conosci, in cui semplicemente le relazioni tra le cose sono diverse.

**FINE**