

La nascita del tempo e dello spazio, qui e altrove

Dal non-luogo del non-tempo all'origine dell'universo da una casuale fluttuazione del vuoto



Guido Tonelli

Fisico
Università di Pisa

A cura di
Luciano De Fiore

Dipartimento
di filosofia,
Sapienza
Università di Roma



Il nostro concetto di tempo – quello che usiamo nella vita di tutti i giorni – è di fatto superato dalla scienza moderna.

S secondo Aristotele (Fisica, Δ 11, 219b 1-2) il tempo è la misura del movimento nella prospettiva del prima e del poi. Ancora oggi misuriamo il tempo con orologi che hanno un movimento periodico. Come si sposa questo tempo della esperienza quotidiana con lo spazio-tempo della fisica che sembra non avere vettorialità?

L'orologio non è altro che uno strumento che confronta la durata di un fenomeno con il periodo di un'oscillazione. Il principio è molto semplice: si utilizzano processi materiali che si ripetono periodicamente e si misura il tempo attribuendo al fenomeno osservato una durata che sarà un multiplo o un sottomultiplo del periodo di queste oscillazioni. Ancora oggi adottiamo questo approccio piuttosto tradizionale. In fondo cambia poco se le oscillazioni sono quelle di sistemi atomici super-freddi, di un pendolo fisico o il moto di un pianeta intorno al Sole. Quello che fa la differenza col passato è la precisione di misurazione, che oggi è di gran lunga superiore. L'incredibile accuratezza degli strumenti di misura più moderni ci ha permesso di verificare che il tempo dipende in realtà dalla velocità e dalla posizione. Gli stessi fenomeni misurati in posti diversi, o in sistemi di riferimento che si muovono con velocità molto diverse fra loro, producono risultati differenti. È il tempo plastico teorizzato dalla fisica a partire dalle due relatività, la speciale e quella generale, che verificiamo quotidianamente con le osservazioni nel mondo delle particelle elementari e in quello delle grandi strutture cosmiche. Per essere precisi si dovrebbe quindi parlare di spazio-tempo. Non esiste un tempo globale, il tempo è una grandezza locale, che si può definire cioè solo per una particolare posizione spaziale e in un dato sistema.

La filosofia del novecento è stata quasi ossessionata dalla questione del tempo – fino a Bergson, alla questione della coscienza interna del tempo, e poi a Husserl e Heidegger... In che misura il tempo della memoria, il tempo proustiano, quello dei ricordi, ha un'incidenza nella vita e nella ricerca di un fisico contemporaneo?

Ci sono due aspetti. Un primo aspetto è legato all'operazione stessa di misurazione del

tempo che viene effettuata dallo scienziato nel modo più obiettivo e razionale possibile, cercando cioè di non introdurre elementi soggettivi che potrebbero alterare la misura. Altra cosa è la percezione del tempo che deriva dalla nostra mente. Non abbiamo ancora capito esattamente come funzioni, ma sappiamo per certo che si tratta di una percezione molto plastica, variabile, forse ancor più del tempo fluido della fisica. Sappiamo per esempio che gli attimi di una tragedia misurabili in secondi diventano talvolta dei lunghi minuti nell'immaginario di chi la vive. Diverso invece è il senso del tempo per il prigioniero che segna sul muro il passare dei giorni: in cella le settimane sembrano giorni, come se si creasse un'assoluta discrepanza tra il reale passaggio del tempo e la percezione del fluire del giorno e della notte. Cosa produce queste differenti percezioni è un tema importante che merita di essere studiato.

A volte, il cinema s'incarica di dar conto di questa complessità dello spazio-tempo. Come vede esperimenti come *Interstellar*, in cui visivamente e narrativamente si cerca di far comprendere le distorsioni estreme dello spazio-tempo, come la deformazione gravitazionale che fa scorrere il tempo più lentamente laddove la gravità è più intensa?

Positivamente, senza alcun dubbio. Salvo alcuni dettagli, il film è costruito particolarmente bene – non a caso il consulente scientifico è stato Kip Thorne, uno dei cosmologi più famosi al mondo, fra l'altro premiato col Nobel per la scoperta delle onde gravitazionali. *Interstellar* raffigura il fenomeno, ben conosciuto sul piano scientifico, del diverso fluire del tempo in luoghi con diverso potenziale gravitazionale: i protagonisti del film visitano un pianeta extra-solare che orbita attorno a un buco nero gigantesco dove il tempo passa molto più lentamente che sulla Terra. Infatti, secondo la teoria della relatività generale, il secondo o l'anno che si misura sulla Terra è diverso dal secondo o dall'anno misurato vicino a un grande pianeta. Quando il cinema riesce a rappresentare in maniera così efficace questo concetto da un lato fa volare la fantasia dello spettatore, dall'altro realizza un'operazione di vera educazione scientifica. In realtà ci indica quanto il nostro concetto di tempo – quello

che usiamo nella vita di tutti i giorni – sia di fatto superato dalla scienza moderna.

Nei suoi scritti emerge una sorta di precarietà cosmica che coinvolge gli individui così come l'universo. La nascita dello spazio-tempo è coinvolta in questa origine imperfetta delle cose?

L'idea scientifica della fragilità del nostro universo è frutto di una osservazione piuttosto recente. Quando nel 2012 siamo riusciti a rivelare per la prima volta il bosone di Higgs con gli esperimenti condotti al Large hadron collider del Cern, ci siamo posti subito il problema. La scoperta ha permesso di far luce sul meccanismo stesso con cui questa particella così speciale fornisce la massa alle particelle elementari: in termini tecnici lo chiamiamo "rottura di simmetria dovuta al vuoto elettrodebole". Questo meccanismo gioca un ruolo cruciale nell'aggregazione della materia del nostro universo in forme stabili. Se il meccanismo, di colpo, si inceppasse, questa organizzazione non sarebbe più possibile. Da sempre siamo abituati a considerare le rocce, i pianeti, le stelle e il Sole come oggetti persistenti che hanno miliardi di anni, e quindi di eterni nella nostra scala temporale. Quella notte dei tempi conosciamo invece la nostra fragilità: sappiamo di essere caduchi e che possiamo romperci con un nonnulla, mentre abbiamo attribuito all'universo materiale che ci circonda e ci sovrasta in un modo così imponente caratteristiche di eternità e immutabilità. Ed ecco che quando abbiamo cercato di capire le caratteristiche di questo vuoto elettrodebole, con nostra grande sorpresa, abbiamo scoperto che la sua stabilità non è assoluta: oggi scopriamo che quel meccanismo così cruciale potrebbe in realtà rompersi e fare svanire, in un attimo, l'intera impalcatura materiale che ci circonda. Il bosone di Higgs, che si è installato di colpo, subito dopo il big bang, ha dato una massa alle particelle primordiali e così facendo ha spinto l'universo a prendere quella forma meravigliosa che conosciamo – e siamo molto contenti che questo sia avvenuto; peraltro se la materia non avesse preso forme così persistenti da formare galassie, pianeti, animali, fino agli esseri umani, non saremmo qui a fare questa chiacchierata. Ma questa impalcatura con cui il bosone di Higgs tiene in ordine il nostro universo materiale è intrinsecamente fragile e potrebbe rompersi di colpo.

A mio avviso, tutto questo è particolarmente intrigante dal punto di vista scientifico oltre che filosofico: scopriamo che la nostra precarietà e fragilità, di cui ci siamo così tanto vergognati e abbiamo vissuto con un senso di inferiorità, è in realtà un tratto comune a tutte le cose materiali, dalla più infima alla più maestosa. Nessuna forma materiale è stabile all'infinito, neppure l'universo intero; non solo tutto prima o poi finirà, ma potrebbe rompersi in qualunque momento.



Veniamo a come voi “filosofi quantistici” concepite oggi la scienza. La natura non precede il pensiero della natura: per chi volesse continuare a ragionare in termini di una corrispondenza tra realtà e intelletto, come dicevano gli Scolastici, è complicato da accettare.

In quantistica, la realtà, inconoscibile, cede il posto alla probabilità.

Il fenomeno coincide invece con il pensiero del fenomeno stesso: l'evento si determina insieme alla percezione stessa dell'evento. Come se non vi fosse una natura analizzata da un pensiero, ex post. Tutto si fa nell'esperienza.

Quindi ogni fenomeno o evento diviene “storico”, dal momento che coincide con la sua stessa genesi, data proprio dall'incontro – diciamo così – col pensiero che lo coglie. È così?

Considero francamente ingenua l'idea, peraltro molto diffusa, che la scienza investighi la realtà per rimuovere il velo che la nasconde; vedere l'indagine scientifica come una specie di danza dei sette veli di Salomè che ci porta alla nuda verità è piuttosto grossolano. Realtà e verità sono concetti spuri sui quali, come scienziato, avrei molto da obiettare. In ogni caso non è questo il mio modo di interpretare la scienza. Alla fine non siamo altro che scimmie antropomorfe che, per avere un vantaggio evolutivo, si sono costruite una propria idea del mondo. L'abbiamo fatto con l'arte, la religione e la filosofia; e la scienza moderna non è altro che uno degli strumenti più efficaci. L'approccio scientifico sviluppato da Galilei è estremamente sofisticato perché è capace di fornire previsioni e perché è continuamente alla ricerca di discrepanze per fare crollare le “verità” accettate fino a quel momento. Noi scienziati facciamo di tutto per inglobare anche le osservazioni più minute in una nuova visione, più completa e sofisticata, e questo ci ha permesso di far avanzare enormemente la nostra conoscenza di noi stessi e dell'ambiente che ci circonda.

Tuttavia non dobbiamo mai dimenticare che siamo corpi materiali che interagiscono con altri corpi materiali. Affermare che l'intera realtà crollerebbe nel momento in cui ne perdessimo la percezione – se, per esempio, un grande asteroide colpisse la Terra e mettesse fine a ogni forma di vita – è un atto di arroganza. Di sicuro sparirebbe, con noi, anche la nostra visione del mondo, ma intanto chi ci garantisce che non ci siano altri “osservatori”? Ancora non abbiamo trovato prove inconfutabili, ma la probabilità che nell'universo si siano sviluppate altre forme di vita è assai elevata. Affermare che “nel momento in cui noi non osserviamo più, le osservazioni non sono più possibili, quindi la realtà e l'osservazione vengono a coincidere” può suonare come un atto di presunzione. È un'extrapolazione che personalmente non mi sento di fare.

Continuiamo con l'ipotesi che un asteroide colpisca nuovamente il nostro pianeta, come quando si è arrivati alla fine dei dinosauri, e che tutto sparisca: si dovrebbe parlare di una catastrofe che riguarda questo spazio-tempo, cioè il nostro universo, o anche gli altri eventuali universi coesistenti?

Teniamo presente che il nostro sistema solare è una entità minuscola: nell'universo intero si contano circa 100 miliardi di galassie e nella nostra sola galassia 200 miliardi di stelle simili al Sole. Quindi la probabilità che esistano miliardi di sistemi solari e grandi quantità di pianeti situati nelle fasce abitabili è molto elevata. Quotidianamente si osservano nello spazio catastrofi cosmiche che interessano intere galassie, miliardi di stelle che vengono investite da enormi getti d'energia, potenti lampi gamma o altre forme di radiazione. Se una di queste catastrofi coinvolgesse il nostro pianeta o addirittura il nostro intero sistema solare, la faccenda sarebbe certamente molto grave per noi terrestri, ma del tutto insignificante sulla scala dell'universo e anche in quella della nostra galassia. Se anche sparisse

il nostro sistema solare e persino la nostra intera galassia, il resto dell'universo non se ne accorgerebbe. Come si diceva poco fa, non possiamo nemmeno escludere una catastrofe di portata globale che coinvolga l'intero universo tale da compromettere il vuoto elettrodebole: ciò porterebbe a una “transizione di fase”, un termine elegante che noi fisici usiamo per definire la rottura di simmetria con la trasformazione della materia in un'immane bolla di pura energia. L'universo potrebbe continuare a vivere anche in questa forma per miliardi di anni, ma non avremmo più né la Cappella Sistina, né le pesche che ora cominciano a maturare... Tutto questo sparirebbe. Se partiamo dal presupposto che il nostro amato angolino di spazio-tempo sia nato da una fluttuazione del vuoto non c'è motivo di pensare che questo stesso meccanismo non abbia dato origine a una moltitudine di altri universi. Secondo questa ipotesi, cosiddetta dei multiversi, il nostro sarebbe uno di una lunga schiera di universi con caratteristiche cosmologiche diverse l'uno dall'altro. Non abbiamo, per ora, alcuna prova scientifica che questa teoria sia corretta, pertanto si tratta ancora di una semplice congettura, e tuttavia risulta piuttosto plausibile e personalmente la considero molto intrigante.

Si può immaginare un non spazio-tempo? Sbaglio o voi quantistici immaginate anche il vuoto come una sorta di probabilità, che come il gatto di Schrödinger vivo e morto allo stesso tempo, può accadere o può non accadere?

Sì, è immaginabile l'esistenza di un non spazio-tempo. È quello che chiamiamo “stato di vuoto”, cioè un'entità fisica con un'energia minima che per le leggi della meccanica quantistica non può essere sempre nulla. Lo stato di vuoto fluttua intorno a un'energia nulla, saltando da un'energia positiva a una negativa e così via. A essere nulla è la media dell'energia. La nascita dell'universo sarebbe frutto di una fluttuazione quantistica del vuoto che, per motivi ancora poco chiari, ma riteniamo del tutto casuali, ha scatenato l'inflazione cosmica e il big bang. In altre parole, una delle tante infinitesime fluttuazioni che si creano nello stato di vuoto anziché richiudersi immediatamente si sarebbe improvvisamente espansa a una velocità spaventosa, assumendo dimensioni enormi. Dal vuoto si sarebbe originato lo spazio-tempo e insieme a questo la materia visto che lo spazio-tempo implica energia negativa dovuta alla gravità. Quindi è come se attraverso il meccanismo dell'inflazione dal vuoto nascessero insieme spazio-tempo, materia ed energia. Per tornare alla domanda, lo stato di non spazio-tempo non sarebbe altro che lo stato di vuoto.

Ed è per questo che assume così importanza la ricerca sulle onde gravitazionali primordiali...

Certamente. Le onde gravitazionali primordiali sono sottili increspature dello spazio-tempo previste dalla relatività generale che possono spiegarci esattamente il meccanismo dell'inflazione cosmica. Ma sono così deboli e infinitesimali che non si è ancora riusciti a rivelarle. Nel momento in cui con strumenti di rivelazione sempre più sensibili saremo in grado di catturarle, ci racconteranno l'origine stessa dell'universo. Quel giorno potremo ascoltare in diretta il racconto della nostra nascita. ▣

Se anche sparisse il nostro sistema solare e persino la nostra intera galassia, il resto dell'universo non se ne accorgerebbe.

