

Gli scienziati, i teologi e la teoria del multiverso

■ Ugo Amaldi

Le più recenti acquisizioni della fisica e dell'astrofisica lasciano intatta una domanda che non è scientifica: perché l'universo è così accuratamente predisposto alla nostra esistenza? Le diverse posizioni di credenti, atei e agnostici.

La storia dell'universo, da un centesimo di miliardesimo di secondo dopo il Big Bang fino alla formazione del nostro pianeta, è molto ben descritta dalle leggi scoperte dai fisici delle particelle, studiando il mondo atomico e subatomico, e dagli astrofisici, che si occupano di stelle e galassie.

Per interpretare decine di migliaia di esperimenti – partendo dall'osservazione che la massa e l'energia si trasformano una nell'altra e, quindi, sono aspetti diversi di una stessa grandezza fisica che possiamo chiamare semplicemente “massenergia” – sono state costruite due teorie matematiche. La “relatività generale” descrive come le massenergie curvano lo spazio-tempo e come lo spazio-tempo curvo guida il moto delle massenergie e il “modello standard”, che si fonda sulla fisica quantistica, descrive le interazioni tra i venticinque tipi di particelle fondamentali oggi note.

Nelle equazioni di queste due teorie compaiono una trentina di grandezze fisiche (come la velocità della luce, l'intensità dell'attrazione gravitazionale, l'intensità della forza elettrica, la massa dell'elettrone...) che devono essere misurate sperimentalmente per poter descrivere con grande precisione la storia e la struttura dell'universo. A queste grandezze è stato dato il nome di *costanti naturali*.

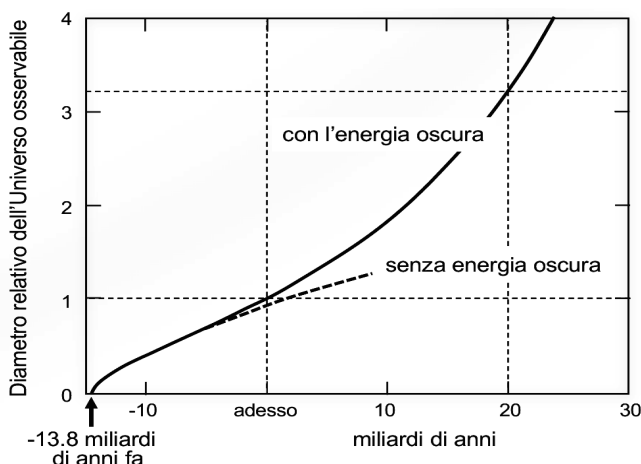
Ugo Amaldi, membro dell'Accademia nazionale delle scienze oltre che di vari comitati scientifici di enti internazionali, per molti anni ha lavorato al Cern di Ginevra. Ha a lungo insegnato all'Università Statale di Milano. Nel 1995 ha ricevuto l'International Prize Bruno Pontecorvo per i suoi contributi allo studio delle interazioni deboli e dell'unificazione delle forze. Nel 2012 è stato insignito del Premio internazionale Medaglia d'oro per la cultura cattolica.

Molte di queste costanti naturali hanno valori numerici a priori molto improbabili ma perfettamente adattati al mondo in cui viviamo. Per questo i fisici dicono che queste costanti appaiono “aggiustate finemente” (*fine-tuned* in inglese) affinché l’universo sia “fertile” – un aggettivo molto usato da George Coyne – cioè generatore accogliente di vita e, quindi, di pensiero autocosciente.

■ “Aggiustamento fine” dell’energia oscura

Fra tutte le costanti naturali che sono “aggiustate finemente” ve n’è una che lo è in grado veramente sconvolgente. Si tratta della causa della *forza repulsiva* dello spazio, anche completamente vuoto di massa-energia, chiamata dai fisici *energia oscura*, che da circa 5 miliardi di anni causa un’accelerazione dell’espansione dell’universo. Senza di essa l’espansione dell’universo – iniziata 13,8 miliardi di anni fa con il Big Bang – diventerebbe sempre più lenta a causa della *forza attrattiva* gravitazionale tra le massenergie che costituiscono i 100 miliardi di galassie. Come è mostrato nella figura 1, tra 20 miliardi di anni a causa dell’energia oscura l’universo osservabile sarà tre volte più grande di adesso.

Figura 1



L'energia oscura misurata dagli astrofisici è molto piccola in quanto corrisponde, mediata su tutto l'universo, alla massa di 4 protoni per ogni metro cubo di spazio. Essa ha origine in una proprietà fondamentale del modello standard: in fisica quantistica lo spazio vuoto non è inerte ma è un continuo pullulare di particelle e antiparticelle, che compaiono per un tempo brevissimo e immediatamente scompaiono in un fenomeno che è detto "fluttuazione quantistica del vuoto". Il fenomeno più frequente è la comparsa dal vuoto (cioè nello spazio vuotato di ogni materia ed energia) di un elettrone (elettricamente negativo) e di un antielettrone (elettricamente positivo) che subito si annichilano scomparendo. Lo stesso fenomeno accade anche per tutte le altre particelle note, come i quark, che sono i costituenti dei protoni e dei neutroni, e i loro antiquark.

Poiché il "vuoto" dei fisici non è il "nulla" dei filosofi e dei teologi, il modello standard permette di calcolare i 25 contributi all'energia oscura che vengono dai diversi tipi di particelle conosciute. Si ottengono così alcuni valori positivi e negativi, tutti enormemente più grandi del valore misurato. Più precisamente, questi valori corrispondono a numeri di protoni per metro cubo che sono per alcune particelle a un 1 seguito da 60 zeri e per altre a un 1 seguito da 120 zeri!

Da qui nasce la domanda che tormenta fisici e astrofisici: com'è possibile che, sommando 25 numeri così grandi, alcuni positivi e altri negativi, avvengano *cancellazioni* tanto precise che riducono a circa 4 una somma che di per sé dovrebbe essere grande come un 1 seguito da molte decine di zeri? Quest'aggiustamento finissimo dell'energia oscura è veramente sorprendente perché, se questa somma valesse 50 protoni per metro cubo, invece che 4, l'espansione cosmica sarebbe stata tanto violenta sin dal Big Bang da impedire la formazione delle stelle e, quindi, dei pianeti e della vita.

Per sottolineare l'effetto dirompente che ebbe la scoperta dell'aggiustamento fine di molte costanti naturali basta ricordare cosa scrisse Fred Hoyle (1915-2001) – un inventivo astronomo inglese ben noto anche come scrittore di romanzi di fantascienza – che settant'anni fa fece il primo passo su questa oramai lunga strada: «La lista di proprietà, apparentemente eventi accidentali di natura non-biologica, senza le quali la vita basata sul carbonio – e quindi la vita umana – non potrebbe esistere, è lunga e impressionante»; e anche: «Il mio ateismo fu grandemente scosso da queste scoperte».

■ Vuoto fisico e nulla metafisico

L'uomo di fede non si meraviglia: Dio – origine di un universo fertile predisposto alla comparsa di organismi autocoscienti – ha “scelto” valori delle costanti naturali, e in particolare dell'energia oscura, a ciò favorevoli. Ma chi vuole affermare il proprio ateismo si trova confrontato con una domanda difficile: come può essere sorto dal nulla proprio questo nostro universo, caratterizzato da valori tanto speciali delle costanti che misuriamo con gli esperimenti di fisica e astrofisica fatti sulla Terra e dalla Terra?

È utile suddividere questa domanda in due parti: come possono i fisici parlare di un universo che sorge dal “nulla”? Perché nel nostro universo le costanti naturali hanno valori tanto finemente aggiustati per il sorgere e lo sviluppo della vita?

La fisica quantistica, su cui si basa il modello standard, offre una risposta alla prima domanda. Infatti, come ho detto, essa prevede che coppie particella-antiparticella compaiano nel vuoto per poi immediatamente scomparire. Questo fenomeno è conseguenza di uno dei capisaldi della fisica quantistica, il principio di indeterminazione di Heisenberg, che è alla base del modello standard: un sistema fisico può prendere “in prestito” energia dal nulla purché la sua restituzione – e cioè il ristabilimento della validità del principio di conservazione dell'energia – avvenga in un tempo che è tanto più breve quanto maggiore è lo sbilanciamento energetico. Dato che massa ed energia sono equivalenti, la comparsa di una coppia elettrone-antielettrone, con le loro masse, corrisponde a un tale sbilanciamento energetico e, per questo, le due particelle annichilano quasi immediatamente cosicché, anche nello spazio assolutamente vuoto di materia, le fluttuazioni quantistiche sono ovunque e continue, ma di brevissima durata, e il vuoto fisico non è il nulla.

Simile era la situazione al momento del Big Bang. Una *fluttuazione quantistica del vuoto*, con la comparsa dell'enorme quantità di massenergia dell'intero universo, è concepibile perché questa massenergia è contenuta in un piccolissimo volume ed è quindi soggetta a intensissime forze attrattive gravitazionali. Poiché la massenergia è *positiva* e l'energia gravitazionale è *negativa*, un tale universo può avere energia totale *nulla* e sorgere dal vuoto senza bisogno di un apporto energetico esterno.

Per spiegare perché le massenergie, che si attraggono gravitazionalmente, hanno energia negativa si pensi a due stelle che, inizialmente lontanissime e ferme, hanno grandi masse ma energia nulla. Abbandonate a se stesse le due stelle accelerano l'una verso l'altra a causa della reciproca attrazione gravitazionale e, giunte vicine, hanno le stesse masse ma un'enorme energia positiva dovuta al movimento. Poiché, per la conservazione dell'energia, l'energia non si crea e non si distrugge, l'energia è ancora nulla e quest'energia *positiva* di movimento non può che essere compensata da un'eguale ma opposta energia *negativa* dovuta alle molto maggiori forze d'attrazione gravitazionale tra le due stelle, ora vicine.

Tornando all'iniziale fluttuazione quantistica del vuoto, poiché l'energia gravitazionale è negativa, se la somma della massaenergia (positiva) e dell'energia gravitazionale (negativa) vale esattamente zero, secondo il principio d'indeterminazione la fluttuazione dura nel tempo e l'universo può iniziare a espandersi spinto dalla rapidissima inflazione.

Nel 2010 Stephen Hawking e Leonard Mlodinow, nel loro notissimo libro *Il grande disegno*, scrissero queste frasi: «Sulla scala dell'intero universo, l'energia positiva della materia può essere bilanciata dall'energia gravitazionale negativa cosicché non vi è alcuna restrizione sulla creazione di un intero universo. Poiché esiste una legge come la gravità, l'universo può essersi e si è creato da solo, dal nulla. La creazione spontanea è la ragione per cui c'è qualcosa invece del nulla, il motivo per cui esiste l'universo, per cui noi esistiamo».

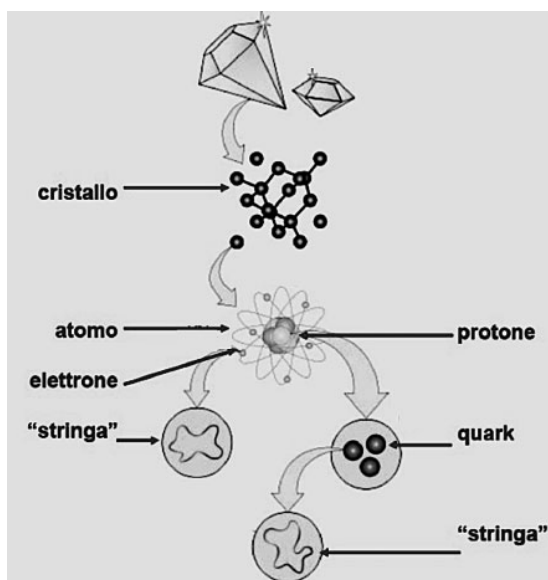
■ Il multiverso e le due trascendenze

Torniamo alla seconda parte della domanda: perché nel nostro universo le costanti naturali hanno valori tanto finemente aggiustati per il sorgere e lo svilupparsi della vita? La risposta accettata dalla maggioranza dei grandi fisici contemporanei, come Stephen Hawking, è che il nostro universo non è che uno di una varietà enorme, forse infinita, di universi – detti collettivamente “multiverso” – diversi l'uno dall'altro perché caratterizzati da leggi fisiche diverse.

Per farsene un'immagine si può pensare alla formazione di bolle di vapore in un recipiente pieno d'acqua. Alcune bollicine nascono e poi si contraggono scomparendo, mentre altre sopravvivono cre-

scendo di diametro a ritmo accelerato, come tanti universi generati da fluttuazioni quantistiche del vuoto. Ovviamente esseri autocoscienti, che studiano la natura e si pongono le stesse nostre domande fondamentali, non possono che esistere in uno di quei pochissimi universi che sono caratterizzati da costanti naturali adatte a sostenere la nascita e lo sviluppo di forme di vita autocosciente, magari non basate sulla chimica del carbonio.

Figura 2



I fisici hanno addirittura a disposizione alcuni schemi teorici, come la cosiddetta teoria delle "stringhe" quantistiche – o, meglio, delle "corde" quantistiche – che si prestano a descrivere un multiverso anziché un solo universo. Come è semplicisticamente rappresentato nella figura 2, in questa teoria le particelle del modello standard non sono puntiformi; esse vanno pensate come infinitesimi anellini che possono vibrare in modi diversi, così come una corda di violino può emettere note diverse. Ogni modo di oscillazione appare come una particella diversa: in un caso un elettrone, in un altro un quark.

La teoria delle corde quantistiche – che, nonostante tutte le ricerche fatte al Large Hadron Collider del Cern, non ha alcuna conferma

sperimentale – possiede un numero sterminato di soluzioni possibili e prevede famiglie di particelle completamente diverse che interagiscono nei modi più svariati; essa è, quindi, adatta a fornire una cornice teorica al concetto di cosmo come multiverso.

Studiando la natura con i rigorosi metodi della razionalità scientifica, si è giunti alla conclusione che molte costanti naturali hanno valori numerici aggiustati tanto finemente da permettere il sorgere della vita basata sul carbonio. Questo fatto sorprendente induce a uscire dai confini ben limitati della conoscenza scientifica, *trascendendoli*, e a porsi una domanda che non è scientifica: perché l'universo, nel quale ci interroghiamo, è così accuratamente predisposto alla nostra esistenza?

Per chi non sceglie di fare un passo di *trascendenza verticale* credendo in Dio, origine del cosmo, vi sono oggi due sole possibilità:

1. Il cosmo, con l'aggiustamento fine delle costanti, esiste per caso.
2. Il cosmo, con l'aggiustamento fine delle costanti, è un multiverso i cui universi hanno, presumibilmente, origine spontanea nel vuoto quantistico.

Scegliendo la prima possibilità il discorso è chiuso ma non certo in modo soddisfacente. Con la seconda si afferma che tutto è natura e che la natura è multiverso. Questa particolare forma di *trascendenza orizzontale* porta a una visione naturalistica che può chiamarsi *naturalismo del multiverso* ed è adottata dalla maggior parte dei fisici e degli astrofisici.

Alcuni scienziati atei e/o agnostici, però, non sono soddisfatti da questa risposta perché è difficile pensare che le fluttuazioni quantistiche, che ne sarebbero l'origine, possano manifestarsi in assenza di una qualche struttura pre-ordinata. Questo concetto è stato così espresso da Paul Davies, astrofisico e grande divulgatore: «La teoria del multiverso toglie all'ipotesi del disegno intelligente la terra sotto i piedi, ma non è una spiegazione completa dell'esistenza. Per iniziare ci deve essere un meccanismo fisico in grado di dare origine a tutti quegli universi diversi e di dotarli di leggi fisiche diverse. Questo processo richiede proprie leggi che possiamo chiamare meta-leggi. Da dove vengono? Il problema è stato semplicemente spostato dalle leggi dell'universo alle meta-leggi del multiverso».

Concludendo, gli agnostici e gli atei o tacciono oppure devono scegliere il naturalismo del multiverso. Questa scelta è oggi metafisica (nel vero senso della parola) e non fisica, perché non abbiamo dati

sperimentali per corroborarla, e richiede una certa dose di fede non molto diversa dalla fede in Dio. Tuttavia non è detta l'ultima parola. Infatti, alcuni fisici teorici hanno formulato ipotesi sul modo in cui, in un multiverso con caratteristiche speciali, si potrebbero avere conseguenze sperimentalmente osservabili nel *nostro* universo. Non è, quindi, escluso che, in un futuro magari lontano, si possa eseguire qui sulla Terra un esperimento di fisica che dia un risultato in accordo con una delle conseguenze ricavate da un tale modello di multiverso elevandolo, almeno parzialmente, allo status d'ipotesi scientifica.

Se ciò accadesse, chi professa una fede religiosa potrà sempre mantenere la sua scelta affermando che Dio ha creato un multiverso, e non un "semplice" universo, con la grandiosità che – seguendo il vescovo Nicola Cusano che aveva descritto un universo "interminato" e senza centro – gli riconosceva Giordano Bruno scrivendo: «Così si magnifica l'eccellenza di Dio, si manifesta la grandezza dell'imperio suo: non si glorifica in uno, ma in Soli innumerevoli; non in una terra, in un mondo, ma in duecentomila, dico in infiniti».