

LE SCOPERTE • LE INVENZIONI

STEPHEN W. HAWKING

LA TEORIA DEL TUTTO

ORIGINE E DESTINO
DELL'UNIVERSO

BUR
Rizzoli

Stephen W. Hawking

La teoria del tutto

Origine e destino dell'universo

Proprietà letteraria riservata
© 1996 by Dove Audio, Inc.
© 2002 by New Millennium Press
First published under the title *The Cambridge Lectures: Life Works*
© 2003 RCS Libri S.p.A., Milano

ISBN 978-88-17-07976-1

Titolo originale dell'opera:
The Theory of Everything. The Origin and Fate of the Universe

Traduzione di Daniele Didero

Prima edizione Rizzoli 2003
Prima edizione BUR 2004
Prima edizione BUR Scienza gennaio 2015

Seguici su:

Twitter: @BUR_Rizzoli

www.bur.eu

Facebook: BUR Rizzoli

Introduzione

In questa serie di lezioni cercherò di presentare un quadro di ciò che riteniamo essere la storia dell'universo, dal big bang ai buchi neri. Nella prima lezione prenderò brevemente in esame le concezioni dell'universo che sono state sostenute in passato per poi vedere come siamo giunti alla nostra immagine attuale; in altre parole, mi soffermerò su ciò che potremmo indicare come la storia della storia dell'universo.

Nella seconda lezione spiegherò come sia la teoria della gravità di Newton sia quella di Einstein ci portano a concludere che l'universo non può essere una realtà immobile; esso, cioè, si trova necessariamente in uno stato di espansione oppure di contrazione. Ciò implica, a sua volta, che dev'esserci stato un tempo – tra i dieci e i venti miliardi di anni fa – in cui la densità dell'universo aveva un valore infinito: il cosiddetto «big bang», col quale sarebbe iniziata la storia dell'universo.

Nella terza lezione parlerò dei buchi neri, che si formano quando una stella dalla massa sufficientemente grande – o anche un corpo astronomico di dimensioni maggiori – collassa su se stessa, sotto la propria forza di attrazione gravitazionale. Stando alla teoria della relatività generale formulata da Einstein, chiunque fosse abbastanza folle da cadere in un buco nero sarebbe perduto per sempre. Non sarebbe cioè

più possibile, per lui, uscirne; la sua storia si concluderebbe definitivamente in questo evento. Tuttavia, dobbiamo tenere presente che la relatività generale è una teoria classica: essa, cioè, non tiene conto del principio di indeterminazione della meccanica quantistica.

Nella quarta lezione descriverò come, in base alla meccanica quantistica, è possibile che un buco nero emetta radiazioni energetiche. I buchi neri, detto in altri termini, non sono poi così neri come li si dipinge.

Nella quinta lezione applicherò i principi della meccanica quantistica al big bang e alle origini dell'universo. Giungeremo così all'idea secondo la quale lo spazio e il tempo, pur avendo un'estensione finita, possono essere privi di un confine, di un margine esterno che li delimiti; un po' come la superficie della Terra, ma con due dimensioni in più.

Nella sesta lezione mostrerò come questa nuova proposta di interpretazione dei limiti dello spazio-tempo sia in grado di spiegare perché il passato – nonostante la simmetria che contraddistingue le leggi della fisica – sia così palesemente diverso dal futuro.

In ultimo, nella settima lezione, presenterò i nostri sforzi di trovare una teoria unificata che includa, in un'unica spiegazione coerente, la meccanica quantistica, la forza di gravità e le altre interazioni di cui parla la fisica. Se riusciremo a raggiungerla, potremo realmente comprendere l'universo e la posizione che in esso occupiamo.

La teoria del tutto

Prima lezione

Idee sull'universo

Già nel 340 a.C., nel suo trattato *De caelo*, Aristotele riuscì ad avanzare due validi argomenti a sostegno della tesi per cui la Terra è sferica e non piatta. In primo luogo, egli comprese che le eclissi di Luna sono causate dall'interposizione della Terra fra il Sole e la Luna stessa. L'ombra proiettata dalla Terra sulla Luna, notava Aristotele, è sempre di forma circolare, e ciò implica la sfericità della Terra; se infatti la Terra fosse un disco piatto, la sua ombra sulla Luna avrebbe una forma allungata ed ellittica, a meno che le eclissi non si verificassero sempre nei momenti in cui il Sole è direttamente perpendicolare al centro del disco terrestre.

In secondo luogo, i greci sapevano, grazie ai loro viaggi, che nelle regioni meridionali la Stella Polare è più bassa, sulla linea dell'orizzonte, di quanto non lo sia quando ci si trova più a nord. Basandosi sulla differenza nella posizione apparente della Stella Polare in Egitto e in Grecia, Aristotele citava anche una stima sulla misura della circonferenza terrestre: *400.000 stadia*. Non sappiamo con precisione quanto fosse lungo uno *stadium*, ma possiamo ipotizzare che corrispondesse a circa 180 metri; la stima fornita da Aristotele, quindi, sarebbe all'incirca il doppio di quella oggi accettata.

I greci conoscevano inoltre un terzo argomento a so-

stegno della tesi della sfericità della Terra: quello per cui, quando una nave si sta avvicinando, all'orizzonte si scorgono dapprima le vele, e solo in un secondo momento lo scafo. Aristotele pensava che la Terra fosse immobile e che il Sole, la Luna, i pianeti e le stelle si muovessero intorno a essa seguendo orbite circolari; questo perché, per ragioni di carattere mistico, era convinto che la Terra fosse il centro dell'universo e che il moto circolare fosse quello più perfetto.

Quest'idea venne poi elaborata da Tolomeo che, nel II secolo d.C., la sviluppò in un modello cosmologico completo. La Terra stava immobile al centro dell'universo, circondata da otto sfere cave che portavano con sé, nel loro movimento circolare, la Luna, il Sole, le stelle e i cinque pianeti allora conosciuti: Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno. Per rendere conto dei percorsi, assai complicati, che i pianeti seguono nella volta celeste, Tolomeo postulava poi che essi, a loro volta, si muovessero lungo dei cerchi più piccoli, legati alle loro rispettive sfere. La sfera più esterna portava con sé le cosiddette stelle fisse, così chiamate perché, pur ruotando tutte lungo la volta celeste, mantengono sempre la stessa posizione l'una rispetto all'altra. Nessuno si preoccupò mai troppo di chiarire che cosa ci fosse oltre quest'ultima sfera; in ogni caso, qualunque cosa ci fosse, non faceva senz'altro parte dell'universo che gli uomini potevano osservare.

In base al modello elaborato da Tolomeo era possibile predire, con ragionevole accuratezza, le posizioni dei diversi astri nella volta celeste. Per poterlo fare correttamente, però, Tolomeo aveva dovuto assumere che la Luna seguisse un percorso in base al quale, in alcuni momenti, si trovava a essere due volte più vicina alla Terra che in altri momenti; di conseguenza, in alcuni periodi essa sarebbe dovuta appa-

rire due volte più grande del solito. Lo stesso Tolomeo era consapevole di questo grave inconveniente; ciononostante, il suo modello venne generalmente, anche se non universalmente, accettato. Esso fu adottato dalla Chiesa cristiana come l'immagine dell'universo in accordo con le Scritture. Aveva il grande vantaggio di lasciare, oltre la sfera delle stelle fisse, un sacco di spazio per il paradiso e l'inferno.

Nel 1514, tuttavia, un canonico e astronomo polacco, Niccolò Copernico, presentò un modello molto più semplice. In un primo momento, temendo di essere accusato di eresia, Copernico pubblicò il proprio modello sotto la copertura dell'anonimato. Egli sosteneva che la Terra e i pianeti si muovevano lungo orbite circolari attorno al Sole, immobile al centro dell'universo. Purtroppo per Copernico, ci volle quasi un secolo prima che le sue idee venissero prese sul serio. Due astronomi – il tedesco Johannes Keplero e Galileo Galilei – iniziarono quindi a sostenere pubblicamente la teoria copernicana, nonostante il fatto che le orbite da essa predette non corrispondessero del tutto a quelle realmente osservate. Per la teoria aristotelico-tolomaica, l'ora della condanna giunse nel 1609, quando Galileo iniziò a osservare il cielo notturno con uno strumento che era appena stato inventato: il telescopio.

Osservando Giove, Galileo scoprì che questo pianeta era accompagnato da diversi piccoli satelliti, o lune, che gli orbitavano attorno. Ciò implicava che non tutti i corpi celesti dovevano per forza orbitare direttamente intorno alla Terra, come avevano invece sostenuto Aristotele e Tolomeo. Naturalmente, era ancora possibile ritenere che la Terra fosse immobile al centro dell'universo e che le lune di Giove, nella loro orbita intorno a essa, seguissero percorsi estremamente complicati, tali da dare all'osservatore terre-