

LE SCOPERTE • LE INVENZIONI

# STEPHEN W. HAWKING

LE MIE  
RISPOSTE  
ALLE GRANDI  
DOMANDE

BUR  
Rizzoli

**STEPHEN W. HAWKING**

**LE MIE RISPOSTE  
ALLE GRANDI DOMANDE**

**BUR**  
Rizzoli

LE SCOPERTE • LE INVENZIONI

Nota dell'editore originale

Stephen Hawking veniva spesso interrogato da scienziati, imprenditori dell'industria tecnologica, uomini d'affari, leader politici e gente comune, curiosi di conoscere i suoi pensieri riguardo alle «grandi domande» dei nostri tempi. Lui ha conservato le risposte in un enorme archivio personale, dal quale attingere per discorsi, interviste e saggi. È da quell'archivio che nasce questo libro, al quale avevamo già iniziato a lavorare prima della sua morte. È stato completato grazie alla collaborazione dei suoi colleghi accademici, della sua famiglia e della Stephen Hawking Estate. Una percentuale dei diritti sarà devoluta in beneficenza.

Publicato per

**BUR**  
Rizzoli

da Mondadori Libri S.p.A.

Proprietà letteraria riservata

© 2018 by Spacetime Publications Limited

© 2018 by Kip S. Thorne per l'introduzione

© Andre Pattenden per la fotografia di Stephen Hawking da adulto

All rights reserved

© 2018 Mondadori Libri S.p.A., Milano

ISBN 978-88-17-14257-1

Titolo originale dell'opera:

*Brief Answers to The Big Questions*

Traduzione di Daniele Didero

Prima edizione Rizzoli: 2018

Prima edizione BUR Le Scoperte – Le Invenzioni: ottobre 2019

Realizzazione editoriale: Studio editoriale Littera, Rescaldina (MI)

*Seguici su:*

[www.rizzolilibri.it](http://www.rizzolilibri.it)

 [RizzoliLibri](https://www.facebook.com/RizzoliLibri)

 [@BUR\\_Rizzoli](https://twitter.com/BUR_Rizzoli)

 [@rizzolilibri](https://www.instagram.com/rizzolilibri)

**LE MIE RISPOSTE  
ALLE GRANDI DOMANDE**



## Introduzione

*del professor Kip S. Thorne*

Incontrai per la prima volta Stephen Hawking a Londra nel 1965, durante un convegno sulla relatività generale e la gravitazione. Stephen era un dottorando dell'Università di Cambridge, mentre io avevo appena completato i miei studi a Princeton. Tra i convenuti girava voce che Stephen avesse sviluppato una convincente argomentazione con cui mostrava che il nostro universo *deve* essere nato in un momento preciso del passato: che non può, quindi, essere infinitamente vecchio.

Così, per ascoltare il suo intervento, mi infilai, insieme a un altro centinaio di persone, in una stanza pensata per accoglierne quaranta. Lui camminava appoggiandosi a un bastone e le sue parole erano un po' biascicate, ma per il resto mostrava solo qualche leggero segno della malattia del motoneurone che gli era stata diagnosticata appena due anni prima. La sua mente non ne era minimamente sfiorata. I suoi lucidi ragionamenti si basavano sulle equazioni della relatività generale di Einstein, sulle osservazioni astronomiche dell'espansione dell'universo e su alcuni semplici assunti che sembravano molto probabilmente veri; inoltre, ricorrevano ad alcune nuove tecniche matematiche da poco messe a punto dal matematico, fisico e cosmologo britannico Roger Penrose. Combinando tutti questi elementi in modi intelligenti, stringenti e rigorosi,

Stephen aveva dedotto la sua tesi: il nostro universo deve aver avuto inizio in una qualche sorta di stato singolare, più o meno dieci miliardi di anni fa. (Nel corso del decennio successivo, Stephen e Roger, unendo le forze, avrebbero dimostrato in modo ancora più persuasivo l'esistenza di questa singolarità all'inizio del tempo, così come avrebbero provato che nel cuore di ogni buco nero c'è una singolarità dove il tempo ha fine.)

Al termine del suo intervento ero impressionato: non solo per le argomentazioni esposte e la conclusione a cui portavano, ma anche – e soprattutto – per il suo intuito e la sua creatività. Andai quindi a cercarlo e passai un'ora a discutere in privato con lui: fu l'inizio di un'amicizia che ci ha legati per tutta la vita, un'amicizia basata non solo sui nostri comuni interessi scientifici ma anche su una forte simpatia reciproca e sulla straordinaria capacità di comprenderci a vicenda come esseri umani. Ben presto ci saremmo ritrovati a trascorrere più tempo parlando delle nostre vite, dei nostri amori e magari anche della morte anziché di scienza, anche se quest'ultima costituiva comunque una parte fondamentale del rapporto che avevamo instaurato.

Nel settembre del 1973 accompagnai Stephen e sua moglie Jane in Russia, a Mosca. Nonostante la Guerra fredda, dal 1968 ci andavo ogni due anni e mi fermavo in città per circa un mese, collaborando alle ricerche portate avanti dai membri di un gruppo guidato da Jakov Borisovič Zel'dovič, un geniale astrofisico che era anche stato uno dei padri della bomba all'idrogeno sovietica. Per via dei segreti nucleari di cui era a conoscenza, Zel'dovič non aveva il permesso di recarsi in America o in Europa occidentale. Desiderava molto discutere con Stephen, ma non poteva venire a trovarlo: così fummo noi ad andare da lui.

A Mosca, Stephen entusiasmò Zel'dovič e centinaia di altri scienziati con le sue tesi, imparando a propria volta qualcosa. Il momento più memorabile fu il pomeriggio che io e lui trascorremmo insieme a Zel'dovič e al suo dottorando Alexej Starobinskij nell'albergo dove alloggiava Stephen, il Rossija. Zel'dovič ci spiegò in termini intuitivi un'importante scoperta che aveva fatto, e Starobinskij ce la espose in termini matematici.

Per far ruotare un buco nero occorre energia, ma questo lo sapevamo già. Un buco nero, ci spiegarono i russi, può usare la propria energia di rotazione per creare delle particelle, che quindi volano via portando con sé l'energia di rotazione: questa era per noi un'informazione nuova e sorprendente, ma non troppo sorprendente. Quando un oggetto possiede un'energia di movimento, la natura trova, in genere, un sistema per estrarla. Eravamo già al corrente di altri modi per estrarre l'energia di rotazione di un buco nero; questa era soltanto un'altra possibilità, per quanto inattesa.

Ora, il grande valore di simili conversazioni è che possono stimolare il pensiero, spingendolo a prendere nuove direzioni. Fu così per Stephen, che rimuginò per diversi mesi sulla scoperta di Zel'dovič e Starobinskij, analizzandola da ogni angolatura e punto di vista, finché un giorno non arrivò a un'intuizione davvero sovversiva: anche dopo che ha smesso di ruotare, il buco nero può continuare a emettere particelle. È in grado di irradiare, e di fatto irradia, come se fosse caldo, come il Sole, sebbene non sia rovente ma appena tiepido. Quanto più il buco è massivo, tanto più la sua temperatura è bassa. Un buco di massa solare ha una temperatura di 0,00000006 gradi Kelvin, ossia 0,06 milionesimi di grado sopra lo zero assoluto. La formula per calcolare questa temperatura è

oggi scolpita sulla lapide di Stephen nell'abbazia di Westminster, a Londra, dove le sue ceneri sono conservate tra quelle di Isaac Newton e di Charles Darwin.

Questa «temperatura di Hawking» di un buco nero e la sua «radiazione di Hawking» (come sarebbero poi state chiamate) furono una scoperta radicale, forse la più importante fatta nel campo della fisica teorica nella seconda metà del Ventesimo secolo. Ci svelarono le profonde connessioni tra la relatività generale (buchi neri), la termodinamica (la fisica del calore) e la fisica quantistica (la creazione di particelle dove prima non ce n'erano). Questa scoperta, per esempio, condusse Stephen alla dimostrazione che un buco nero ha un'entropia, il che vuol dire che da qualche parte, dentro o intorno al buco nero, c'è un'enorme quantità di casualità. Dedusse che la quantità di entropia (il logaritmo della quantità di casualità del buco nero) è proporzionale all'area della superficie del buco. La formula di Stephen per l'entropia è scolpita sulla sua lapide commemorativa al Gonville and Caius College di Cambridge, dove lavorava.

Negli ultimi quarantacinque anni, Stephen e centinaia di altri fisici si sono sforzati di comprendere la precisa natura della casualità di un buco nero. È una domanda che continua a far nascere nuove intuizioni sul matrimonio tra la teoria quantistica e la relatività generale, vale a dire sulle leggi, ancora poco comprese, della gravità quantistica.

Nell'autunno del 1974, Stephen portò i suoi dottorandi e la sua famiglia (la moglie Jane e i loro due figli Robert e Lucy) a Pasadena, in California, per un anno, in modo che lui e i suoi studenti potessero immergersi nella tempeste intellettuale della mia università, il Caltech, e unirsi temporaneamente al mio gruppo di ricerca. Fu un anno

glorioso, al culmine di quella che sarebbe stata definita «l'età dell'oro della ricerca sui buchi neri».

In quel periodo, Stephen, i suoi allievi e alcuni dei miei si impegnarono per comprendere più in profondità i buchi neri, un lavoro a cui in parte collaborai anch'io. Ma la presenza di Stephen e il suo ruolo di leader nel nostro gruppo di ricerca congiunto mi diedero il tempo di dedicarmi a un nuovo oggetto di studio a cui avevo iniziato a pensare da qualche anno: le onde gravitazionali.

Ci sono solo due tipi di onde che possono viaggiare nell'universo portandoci informazioni sulle cose più lontane: quelle elettromagnetiche (che includono la luce, i raggi X, i raggi gamma, le microonde e le onde radio) e quelle gravitazionali.

Le onde elettromagnetiche consistono di forze elettriche e magnetiche oscillanti che viaggiano alla velocità della luce. Quando si scontrano con particelle cariche, come gli elettroni di un'antenna radio o televisiva, le scuotono avanti e indietro, depositando al loro interno le informazioni che trasportano e che quindi possono essere amplificate e trasmesse a un altoparlante o a uno schermo televisivo, di modo che gli uomini le possano comprendere.

Le onde gravitazionali, stando ad Einstein, consistono in una curvatura spaziale oscillatoria, ossia in un'oscillante distendersi e comprimersi dello spazio. Nel 1972, il fisico del MIT – il Massachusetts Institute of Technology – Rainer «Rai» Weiss aveva inventato un rivelatore di onde gravitazionali, nel quale due specchi appesi agli angoli e le estremità di un tubo a vuoto spinto disposto a forma di L vengono separati lungo un braccio della L dalla distensione dello spazio e spinti l'uno verso l'altro lungo l'altro braccio dalla compressione dello spazio. Weiss propose di