

Richard A. Muller

Adesso



t

La nuova fisica del tempo

Rizzoli

Richard A. Muller

Adesso

La nuova fisica del tempo

Traduzione di Carlo Capararo e Daniele Didero

Rizzoli

Proprietà letteraria riservata. All rights reserved
© 2016 by Richard A. Muller
© 2016 Rizzoli Libri S.p.A. / Rizzoli, Milano

ISBN 978-88-17-09124-4

Titolo originale dell'opera:
NOW. THE PHYSICS OF TIME

Prima edizione: ottobre 2016

Adesso

Introduzione

Adesso – l'enigmatico, effimero momento che cambia il proprio significato in ogni istante – ha disorientato sacerdoti, filosofi e fisici, e per un buon motivo. La comprensione del concetto di *adesso* richiede la conoscenza della relatività, dell'entropia, della meccanica quantistica, dell'antimateria, dei viaggi a ritroso nel tempo, dell'*entanglement*, del Big Bang e dell'energia oscura. Soltanto *adesso* abbiamo a disposizione tutta la fisica per capire che cosa significhi *adesso*.

Il significato elusivo di questo termine ha costituito un grosso ostacolo nello sviluppo della fisica. Comprendiamo la dilatazione del tempo prodotta dalla velocità e dalla gravità, ne comprendiamo persino l'inversione prevista dalla teoria della relatività, eppure non abbiamo compiuto alcun progresso nei tentativi di spiegare gli aspetti più notevoli del tempo: il suo fluire e il significato di *adesso*. Il tavolo da disegno su cui tracciamo la nostra fisica, il cosiddetto diagramma dello spaziotempo, ignora queste problematiche e a volte, perversamente, i fisici considerano tale assenza come una forza e ne traggono la conclusione che il fluire del tempo sia un'illusione. È il contrario. Fintantoché il significato di *adesso* ci eluderà, i nostri progressi

nella comprensione del tempo – di questo aspetto chiave della realtà – rimarranno a un punto morto.

Lo scopo che mi propongo in questo libro è mettere insieme pezzi diversi della fisica fondamentale, assemblandoli come se fossero tessere di un puzzle fino a farne emergere un'immagine chiara dell'*adesso*. Affinché questa procedura funzioni, sarà anche necessario individuare e rimuovere quelle tessere che per sbaglio sono state inserite a forza in posizioni errate.

La grande varietà della fisica che risulta rilevante per il tema spiega perché il rompicapo abbia continuato a eluderci. La fisica non è semplice né lineare, così che, per causa di forza maggiore, il libro copre una quantità enorme di materiale, forse troppo per un unico volume. Sentitevi dunque liberi di saltare da un capitolo all'altro, usando l'indice per recuperare le idee fondamentali che potrebbe capitarvi di aver tralasciato. La storia che mi appresto a raccontare può anche essere pensata come un giallo, con un'accumulazione progressiva di indizi che conducono a una soluzione straordinaria.

Il mio background è perlopiù nell'ambito della fisica sperimentale, con la realizzazione e l'utilizzo di apparecchiature per misurare e in qualche caso scoprire verità fisiche in precedenza nascoste. Due dei miei progetti avevano un collegamento diretto con la nostra comprensione del tempo: un metodo per misurare il residuo di radiazione di microonde lasciato dal Big Bang e una determinazione precisa dell'espansione passata dell'universo, compresa la scoperta dell'energia oscura che sta accelerando quest'espansione. Ammetto di aver scritto alcuni articoli puramente teorici, ma l'ho fatto soprattutto quando i fondi per eseguire degli esperimenti erano scarsi, o quando pensavo che la teoria fosse eccessivamente fuori strada. Per quanto ne so, questo è il solo libro scritto specifica-

mente da un fisico impegnato a fondo in un lavoro sperimentale, e tenterò di far comprendere ai lettori le difficoltà e le frustrazioni che tale lavoro comporta.

Il percorso che conduce alla comprensione dell'*adesso* richiede cinque tappe, o parti.

Nella Parte I, *Strabiliente tempo*, inizierò analizzando alcune caratteristiche del tempo ormai ben stabilite eppure ancora sorprendenti, caratteristiche che furono scoperte in primo luogo da Albert Einstein. Non solo il tempo si dilata, si flette e inverte la propria direzione, ma questi comportamenti influiscono sulla nostra vita quotidiana. Il GPS, il sistema satellitare che ci impedisce di perdere la strada, dipende in maniera determinante dalle equazioni della relatività einsteiniana, da queste strane proprietà del tempo. È la relatività ad averci portato a concepire uno spaziotempo quadridimensionale. Il messaggio più importante della Parte I è che oggi comprendiamo indiscutibilmente molte cose del tempo e che il suo comportamento, sebbene non sia affatto semplice, è ben stabilito. Il ritmo del tempo dipende dalle condizioni locali della velocità e della gravità, e persino l'ordine degli eventi – quale sia avvenuto per primo – non è una verità universale. Inoltre, la teoria della relatività einsteiniana ci fornisce gran parte della struttura concettuale di cui abbiamo bisogno per comprendere il significato di *adesso*.

Nella Parte II, *La freccia spezzata*, rimuoverò una tessera del puzzle che è stata inserita a forza nella posizione sbagliata, ovvero la teoria che più di ogni altra ha frenato il progresso nella comprensione dell'*adesso*. Questa tessera sistemata erroneamente nel puzzle è la teoria proposta dal fisico Arthur Eddington per fornire una spiegazione della freccia del tempo, ovvero del fatto che il passato determina il futuro e non viceversa. Per rimuoverla, inizierò presentando la miglior argomentazione possibile a so-

stegno della teoria di Eddington e solo successivamente mostrerò le sue pecche fatali.

Eddington attribuiva il fluire del tempo all'aumento dell'*entropia*, che misura il disordine dell'universo. Oggi sappiamo molto di più sull'entropia dell'universo di quanto non ne sapesse Eddington nel 1928, quando propose la sua teoria, e io sosterrò che Eddington invertì l'ordine dei fattori: in realtà è il flusso del tempo a causare l'aumento dell'entropia e non viceversa. La produzione di entropia non esercita il potere tirannico che spesso le si attribuisce. Il controllo dei percorsi dell'entropia è essenziale per la nostra comprensione dell'*adesso*.

La Parte III, *Fisica spettrale*, introduce un altro elemento importante per la comprensione dell'*adesso*: la misteriosa scienza della meccanica quantistica. La meccanica quantistica è forse la teoria scientifica di maggior successo di tutti i tempi, con una concordanza tra previsioni e osservazioni che arriva fino alla decima posizione decimale; eppure tale teoria sconcerta e turba a un tempo. Il comportamento spettrale delle funzioni d'onda quantistiche e la loro misurazione violano in maniera lampante i principi di relatività einsteiniani, ma non in un qualunque modo che possa essere osservato o sfruttato direttamente. Questo comportamento della funzione d'onda quantistica sfida e sviluppa il nostro senso della realtà, in un modo che si dimostrerà fondamentale per la delucidazione dell'*adesso*. Alcune delle conseguenze più inquietanti – o forse liberatorie – della meccanica quantistica, e in particolare uno strano fenomeno a cui è stato dato il nome di *entanglement*, sono state verificate per via sperimentale, e i risultati (sorprendenti!) di tali esperimenti suggeriscono che una capacità limitata di predire il futuro rimarrà per sempre una carenza fondamentale della fisica.

Nella Parte IV, *Fisica e realtà*, esplorerò i limiti della fisica. Non allarmatevi, il tempo e l'*adesso* non rientrano in questo dominio: traggono sì origine nella fisica, ma la percezione che ne abbiamo dipende dal nostro senso della realtà, un senso che si estende oltre la fisica. La matematica, per esempio, rappresenta un mondo che fa sì parte della realtà ma che non può essere verificato per mezzo di esperimenti di fisica, nemmeno nel caso di qualcosa di tanto semplice qual è l'irrazionalità della radice quadrata di 2. Ma ci sono anche altri problemi che, pur essendo reali, non appartengono al dominio della fisica; questioni come: *che aspetto ha il colore azzurro?* Alla negazione dell'esistenza di verità che non appartengono all'ambito della fisica né a quello della matematica i filosofi hanno dato il nome di *fisicalismo*. Il fisicalismo si fonda sulla fede e ha tutte le caratteristiche di una religione. Ahimè, a dispetto delle speranze coltivate con fervore dallo stesso Einstein, le prove ci portano a concludere che la fisica è incompleta, che non sarà mai in grado di descrivere la realtà nella sua interezza.

Nella Parte V, *Adesso*, gli indizi si incastrano per completare il puzzle e fornire un quadro unificato della ragione per cui il tempo fluisce e del significato di quell'istante effimero che chiamiamo *adesso*. La soluzione si trova in un Big Bang in quattro dimensioni. L'esplosione dell'universo crea senza sosta non solo del nuovo spazio ma anche del nuovo tempo. Il fronte in espansione del confine del tempo è ciò che chiamiamo *adesso*, e il flusso del tempo è la creazione continua di nuovi *adesso*. Sperimentiamo il nuovo istante in maniera diversa dai precedenti perché è l'unico nel quale possiamo esercitare una scelta, il nostro libero arbitrio, per influenzare il futuro e modificarlo. A dispetto delle argomentazioni dei filosofi classici, oggi sappiamo che il libero arbitrio è compati-

le con la fisica: coloro che sostengono il contrario stanno avanzando una tesi basata sulla religione del fisicalismo. Possiamo influire sul futuro utilizzando non solo le conoscenze scientifiche ma anche quelle non scientifiche (empatia, virtù, etica, imparzialità, giustizia) per guidare il flusso dell'entropia e cagionare un rafforzamento della civiltà o la sua distruzione.

Analizzerò tre possibili verifiche sperimentali di questo modello in 4D del tempo che progredisce. L'accelerazione osservata dell'espansione dell'universo, connessa all'*energia oscura*, dovrebbe essere accompagnata da un'accelerazione del ritmo del tempo. Questa teoria predice che oggi il tempo fluisca più rapidamente di quanto non facesse nel passato, il che ci porta a prevedere una nuova e (forse) osservabile dilatazione del tempo, un nuovo spostamento verso il rosso. Altri effetti potrebbero essere osservati nello studio dei primi istanti del Big Bang, ovvero nell'era dell'*inflazione*, un'epoca che speriamo di riuscire a studiare grazie al rilevamento delle onde gravitazionali emesse in quel periodo, onde che possiamo osservare per via indiretta studiando i modi di polarizzazione della radiazione di fondo.

Il terzo metodo di verifica è stato concepito nel 2016, con l'annuncio della strabiliante scoperta da parte di LIGO (acronimo di Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, un interferometro laser per l'osservazione di onde gravitazionali) della fusione di due grandi buchi neri. Eventi di questo tipo creano del nuovo spazio e, in base alla teoria 4D, anche del nuovo tempo, un tempo che dovrebbe provocare un ritardo nella seconda parte dell'impulso prodotto dalla collisione. Questo sfasamento potrebbe venir osservato se in futuro si verificheranno eventi più grandi o più vicini e se riusciremo a rivelare un segnale più forte.