La relatività generale secondo Carlo Rovelli

Emilia Margoni
10 Settembre 2021

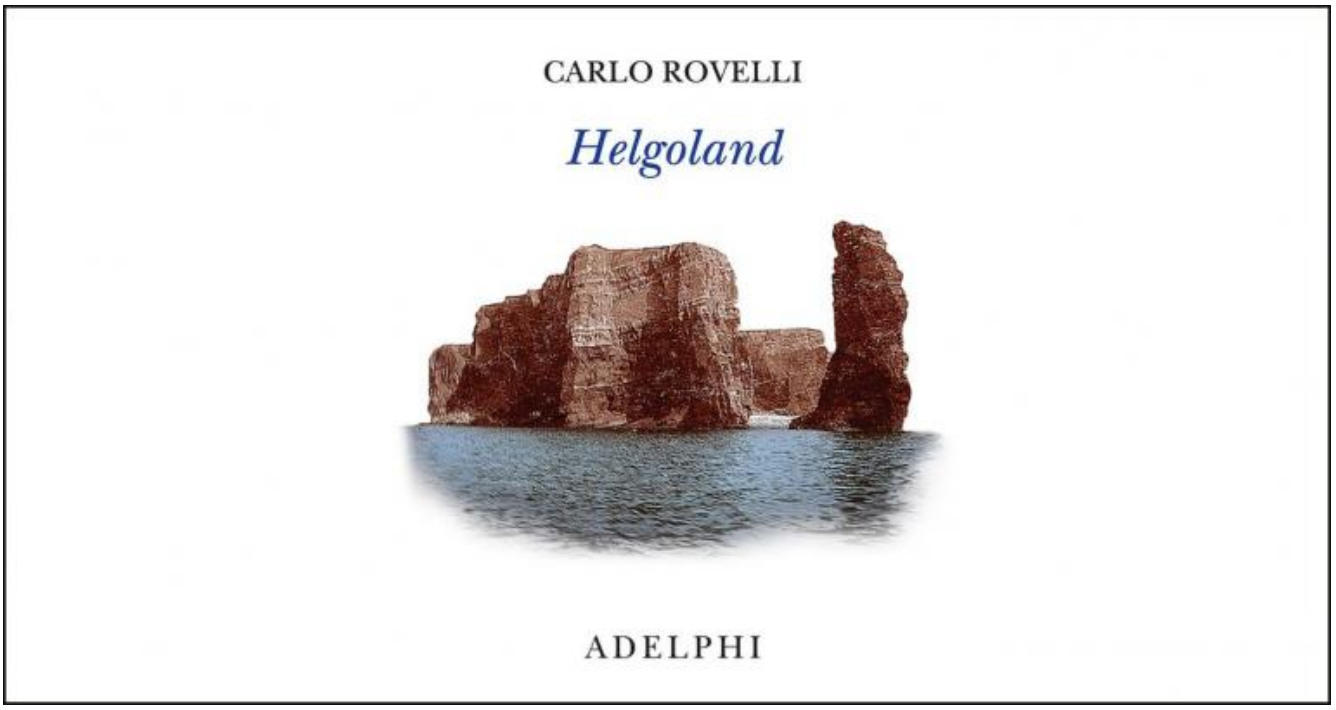
Come ogni necrologio anzitempo, la notizia sulla morte della relatività generale è ampiamente sovradimensionata. Non che manchino indizi sul suo stato di declino avanzato, se è vero che la comunità dei fisici oggi la considera una teoria incompleta, o quantomeno da ricalibrare perché possa integrarsi con la meccanica quantistica, l'altra grande teoria fisica che descrive il comportamento della materia. Ma c'è persino chi ne celebra le esequie. Lee Smolin, ad esempio, invita a liquidare la teoria della relatività, assieme alla meccanica quantistica, quale frutto di approssimazioni troppo miopi, incapaci di rendere pienamente conto della struttura più intima dell'universo. Altri invece, come Sean Carroll, la ricollocano nell'alveo della meccanica quantistica e ne offrono quindi una descrizione molto diversa dalla sua formulazione tradizionale. E c'è chi invece, al netto della sua incompletezza, tenta di preservarne autonomia e principi di fondo, per inserirla in quadri concettuali che aspirano a integrare le due teorie senza stravolgerne lo statuto concettuale. È il caso, illustre, di Carlo Rovelli, che con *Relatività generale* (Adelphi 2021), libro agile-ma-non-troppo, discute le linee fondamentali della teoria, le sue principali applicazioni e una possibile strategia per un'integrazione (a venire) con la meccanica quantistica.

A coloro che, nell'ultimo decennio, sono stati catturati da quel che si può a buon diritto definire il "fenomeno Rovelli", un testo di tale natura potrà sembrare un inatteso, e al momento isolato, atto di tradimento. La premessa, in effetti, non lascia spazio a fraintendimenti: il "libretto" (espressione del Nostro), che inaugura una nuova collana per Adelphi dal titolo "Lezioni di scienza", intende offrire una concisa introduzione alla struttura formale della relatività generale. A tal fine, Rovelli adotta un taglio affatto diverso da quello di altre sue opere rivolte al pubblico colto ma non esperto. Se nei fortunatissimi *L'ordine del tempo* (Adelphi, 2017) e *Helgoland* (Adelphi, 2020), l'obiettivo – riuscito, ad avviso di chi scrive – era rendere fruibili gli aspetti più propriamente concettuali della relatività e della meccanica quantistica, il testo di cui qui si discute va piuttosto inteso quale

complemento a un sillabo di corso magistrale sulla relatività generale. Non è compito del presente scritto valutare se il libro riesca in questo suo intento di mediare le politiche editoriali di una casa editrice tanto amata dal pubblico allargato con le esigenze di una cerchia di lettrici e lettori inevitabilmente ristretta al novero di chi ha più di qualche confidenza con la fisica teorica. Piuttosto, quanto qui preme è tracciare alcune coordinate orientative sul testo in questione quale via d'accesso a temi che, per loro natura, richiedono un notevole esercizio speculativo e ampia familiarità con i formalismi su cui la teoria si fonda.

Partiamo con un cenno alla struttura del libro. Secondo una tripartizione, che caratterizza molte opere di Rovelli, *Relatività generale* è suddivisa in basi, teoria e applicazioni. La prima sezione è dedicata a un'analisi dei fondamenti della teoria, che affonda le radici nei campi della fisica pre-relativistica, della filosofia e della matematica. La seconda guarda agli elementi portanti della teoria, con particolare attenzione alle cosiddette equazioni di campo (anche dette di Einstein), al rapporto tra la struttura geometrica dello spazio-tempo e il tensore energia-impulso della materia che da tali equazioni emerge e ad alcuni problemi interpretativi circa il ruolo delle coordinate spaziotemporali nell'ambito della relatività generale. La terza sezione, di tutte la più nutrita, offre un'agile presentazione delle principali applicazioni della teoria, dalle onde gravitazionali ai buchi neri, passando per alcuni modelli cosmologici, con un capitolo finale dedicato a uno degli ambiti di frontiera della fisica teorica odierna, vale a dire la gravità quantistica, declinata secondo la formulazione della *loop quantum gravity*, di cui Rovelli è uno dei principali formulatori e propugnatori. Il tutto secondo un'esposizione deliberatamente tecnica, che richiede al lettore una formazione quantomeno di laurea triennale in fisica.

Ma sarà bene addentrarsi un poco nell'argomento. La relatività generale, la cui messa a punto ha richiesto circa un decennio (1907-1917), è la teoria che al momento meglio sintetizza le interazioni gravitazionali e la struttura geometrica dello spazio-tempo. Non solo essa ha contribuito in maniera decisiva allo sviluppo di campi quali l'astronomia, l'astrofisica e la cosmologia, ma trova oggi impiego in un vasto spettro di applicazioni tecnologiche diffuse su larga scala – un esempio su tutti, il Global Positioning System, meglio noto come GPS.



Quanto però ha fatto sì che la relatività generale, pur rimanendo una teoria classica (cioè non quantistica), costituisse un vero punto di svolta nella fisica contemporanea va rintracciato altrove. La grande rivoluzione avviata da Albert Einstein si basa su un principio analogico tutto sommato semplice: come nel caso dell'elettromagnetismo, così la gravità è descritta da una teoria di campo. Detto altrimenti, come il concetto di forza elettromagnetica viene superato da quello di campo elettromagnetico, così il concetto di gravità viene superato da quello di campo gravitazionale. Per chiarire il punto in poche e semplici parole, mentre la fisica che precedeva la nozione di campo articolava il proprio oggetto di studi in termini di interazione tra forze che agiscono a distanza, il campo riconcettualizza la forza in termini di proprietà fisiche assegnate a ciascun punto dello spazio.

Non ci sono più quindi corpi che cambiano le reciproche posizioni in ragione della loro mutua interazione, ma un'entità fisica reale diffusa, pensabile appunto proprio come un campo costellato di proprietà. Applicata alle nozioni di spazio e di tempo, una simile rivoluzione concettuale ha fatto strame di intuizioni che si erano sedimentate nel corso dei secoli e in particolare l'idea che lo spazio e il tempo siano entità assolute entro cui le forze interagiscono tra loro. Nella teoria della relatività non c'è un *tempo* assoluto, quale parametro universale in grado di individuare eventi simultanei che prendono corpo in una sorta di ampio contenitore definito *spazio*. L'intuizione di Einstein, che determinò quell'effetto a domino ancor oggi gravido di tante innovazioni scientifiche e tecnologiche, è che

spazio e tempo *sono* il campo gravitazionale, che determina la velocità a cui ticchetta un orologio o la distanza che separa due estremità.

Sin qui, nulla su cui i fisici discutano ancora, se non per approfondire ciò che è stato corroborato da una ridda di conferme sperimentali su diverse scale. Eppure, sarebbe un errore pensare che il testo di Rovelli si limiti a un'esposizione del già noto. All'opposto: l'interesse del libro sta proprio in quanto non viene detto. Il libro è al contempo un meta-libro: un libro su come *pensare* la relatività generale. In questo senso, la posizione di Rovelli, che da *Relatività Generale* si ottiene solo con una lettura, per così dire, obliqua, è oggi tra le più interessanti. Se si dovesse offrire la sintesi in una sola parola dell'approccio rovelliano alla fisica, questa sarebbe senz'altro *relazionalità*. In questa chiave, che a giudizio dell'autore prende avvio proprio dalle intuizioni di Einstein e dall'uso che di esse fece il pluriforme gruppo di studiosi noto come scuola di Copenaghen, Rovelli piega ogni assunto e ogni dato della fisica contemporanea. Se così letto, *Relatività Generale* è quel meta-libro in cui, con l'abilità dell'illustre fisico che ha dimestichezza con la filosofia, Rovelli utilizza la teoria della relatività come comprova della propria interpretazione di essa.

La relatività, in effetti, diventa il contesto di scoperta di una caratteristica della realtà fisica che ne rivoluziona per intero l'immagine che di essa abbiamo: non c'è un universo da osservare, non c'è un insieme di fenomeni fisici di cui l'essere umano ha da scoprire i segreti, né c'è un punto archimedeo da cui si possano descrivere questi fenomeni in modo a-prospettico. L'universo non è che una costellazione di punti d'osservazione che si relazionano gli uni agli altri. Più precisamente, nella teoria di Rovelli, non si danno stati fisici indipendenti dall'osservatore, né valori delle quantità fisiche che risultino indipendenti da questo. Il reale è relazionale: uno stesso sistema fisico ha uno stato relativo a un dato osservatore e uno stato diverso rispetto a un altro osservatore. Al netto dell'istinto pavloviano che associa la parola "osservatore" a qualcuno che osserva e prende appunti, Rovelli utilizza questo termine per riferirsi a qualsiasi sistema fisico che interagisca con un altro sistema fisico. Un osservatore, in altre parole, è un quadro di riferimento che assegna stati e valori nel corso di un'interazione.

È così che il carattere autenticamente relazionale di questa prospettiva teorica scantona rispetto a una concezione naïf della fisica come “descrizione dell’universo”. La fisica non descrive un oggetto conchiuso, separato da chi lo osserva; descrive bensì le interazioni di un sistema fisico con un altro, laddove ambo i sistemi possono intendersi quali osservatori l’uno rispetto all’altro. Lo stesso osservatore umano bipede parlante non è un ente che si colloca nell’empireo dell’osservazione neutrale, ma è un sistema fisico che interagisce con altri sistemi fisici. Non è quindi difficile capire perché e in che senso per Rovelli sia essenziale trarre massimo profitto dall’intuizione einsteiniana per cui spazio e tempo *sono* il campo gravitazionale: i deittici “qui” e “ora” decrittano relazioni tra osservabili e non indicano altro che fasi delle loro interazioni.

Insomma, l’operazione intrapresa da Rovelli in *Relatività generale* lascia intravedere tutti i tratti dell’escamotage: presenta sotto forma di manuale una prospettiva del tutto personale. Se il lettore meno attrezzato per intraprendere le strade impervie dei formalismi vorrà comunque tentare una sortita, lo faccia cercando le tracce di questo marchio rovelliano: “Non esiste nozione di ‘movimento’ in relatività generale, a meno che non ci si riferisca a qualcos’altro” (p. 98).

rovelli-relativita-generale-adelphi-1200x1601.jpeg

Se continuiamo a tenere vivo questo spazio è grazie a te. Anche un solo euro per noi significa molto. Torna presto a leggerci e SOSTIENI DOPPIOZERO