

BIBLIOTECA SCIENTIFICA

61

George Musser

INQUIETANTI AZIONI A DISTANZA

IL FENOMENO CHE RIDISEGNA LO SPAZIO E IL TEMPO —
E LE SUE CONSEGUENZE SUI BUCHI NERI, IL BIG BANG
E LA TEORIA DEL TUTTO

Traduzione di Franco Ligabue



ADELPHI EDIZIONI

TITOLO ORIGINALE:

Spooky Action at a Distance

*The Phenomenon That Reimagines Space and Time – and What It Means
for Black Holes, the Big Bang, and Theories of Everything*

© 2015 GEORGE MUSSER

Published by arrangement with Scientific American / Farrar, Straus
and Giroux, New York and The Italian Literary Agency

© 2019 ADELPHI EDIZIONI S.P.A. MILANO

WWW.ADELPHI.IT

ISBN 978-88-459-3364-6

Anno

2022 2021 2020 2019

Edizione

1 2 3 4 5 6 7

INDICE

INTRODUZIONE. I castelli in aria di Einstein	11
1. I molti tipi di non-località	25
2. Le origini della non-località	67
3. Il principio di località in Einstein	115
4. Il grande dibattito	143
5. Non-località e unificazione della fisica	181
6. Lo spazio-tempo ha i giorni contati	231
CONCLUSIONE. L'amplitudinedro	277
<i>Bibliografia</i>	295
<i>Ringraziamenti</i>	333
<i>Indice analitico</i>	337

INQUIETANTI AZIONI A DISTANZA

Per Talia e Eliana

INTRODUZIONE
I CASTELLI IN ARIA DI EINSTEIN

La prima volta che mi imbattei nel concetto di non-località ero uno studente di dottorato, all'inizio degli anni novanta. Ma non fu certo per bocca del mio professore di meccanica quantistica, il quale non aveva ritenuto fosse il caso anche solo di nominarla. Bazzicando una libreria del posto, avevo sfogliato un libro uscito da poco, intitolato *The Conscious Universe*, ed ero rimasto colpito dall'affermazione che «nessun'altra scoperta ha messo in discussione il nostro senso della realtà quotidiana»¹ quanto la non-località. Il fenomeno aveva il gusto del frutto proibito.

Nel linguaggio comune «località» ha il significato di luogo geografico, ma nella sua accezione filosofico-scientifica la parola è legata all'idea che le cose debbano avere un'ubicazione, trovarsi da qualche parte. Se non si può indicare qualcosa dicendo «è qui», significa che quella cosa in fondo non esiste. L'alunno che, alla richiesta del professore, risponde che i compiti «non sono da nessuna parte» rischia grosso.

Il mondo della nostra esperienza possiede tutte le caratteristiche della località. Abbiamo un senso molto forte dell'ubicazione spaziale, e del rapporto tra ubicazioni di-

1. Kafatos e Nadeau, 1990, p. 1.

verse. Soffriamo lo strappo della separazione da chi ci sta a cuore, e il senso di impotenza nell'essere troppo lontani da qualcosa su cui vorremmo agire. Eppure la meccanica quantistica e altri settori della fisica oggi ci dicono che, a un livello più fondamentale, la posizione e la distanza potrebbero non esistere. Esistono esperimenti di fisica capaci di legare tra loro le sorti di due particelle e farle comportare come monete magiche: se le si lancia in aria, ciascuna delle due darà testa o croce, ma sarà sempre lo stesso risultato dell'altra. Le particelle si comportano in maniera coordinata anche se lo spazio che le separa non è attraversato da alcuna forza: possono allontanarsi fino alle estremità opposte dell'universo, e comportarsi lo stesso all'unisono. Quelle particelle violano la località, trascendono lo spazio.

A quanto pare la natura ha trovato un singolare e delicato equilibrio: nella maggior parte dei casi rispetta la località (se non lo facesse noi non esisteremmo), ma al contempo ci lascia intendere di non essere locale a livello fondamentale. È questa tensione l'argomento di questo libro. Per chi la studia, la non-località è la madre di tutti i rompicapi della fisica, ed è coinvolta in una grossa fetta dei misteri affrontati oggi dai fisici: non solo le bizzarrie della meccanica quantistica, ma anche il destino dei buchi neri, l'origine dell'universo, l'unità di base della natura.

Per Albert Einstein la località era uno degli aspetti di un quesito filosofico più vasto: perché gli esseri umani sono in grado di fare scienza? Come mai il mondo è tale da permetterci di capirlo? In un famoso saggio del 1936 Einstein scrive che la cosa più incomprensibile dell'universo è la sua comprensibilità.¹ A prima vista è questa stessa affermazione a sembrare incomprensibile. L'universo non colpisce certo per la sua razionalità: è un luogo selvaggio e capriccioso, pieno di insidie e di arbitri, di ingiustizia e di sventura. La maggior parte di ciò che accade sfida la ragione (specialmente quando si tratta di affari sentimentali o del comportamento alla guida). Ma su questo sfondo di avvenimenti i-

1. Einstein, 1936.

nesplicabili, le leggi del mondo brillano per la loro rassicurante regolarità. Il sole sorge a est, gli oggetti lasciati liberi cadono a terra, dopo la pioggia arriva l'arcobaleno. Chi studia fisica lo fa convinto che queste non siano solo gratificanti eccezioni all'anarchia dell'universo, bensì indizi dell'esistenza di un ordine a livello fondamentale.

La tesi di Einstein era che i fisici non avessero nessun diritto di aspettarsi questo. Non è affatto scontato che il mondo debba essere ordinato, o seguire leggi; in circostanze diverse avrebbe potuto essere completamente anarchico. Quando un amico gli scrisse chiedendogli che cosa intendesse dire con quel commento sull'incomprensibilità, Einstein rispose: « *A priori* ci si dovrebbe aspettare un mondo caotico, inafferrabile alla mente sotto ogni aspetto ».¹

Einstein riteneva che la comprensibilità fosse un « miracolo » che noi non capiremo mai, ma questo non gli impedì certo di provarci. Passò l'intera vita professionale a cercare di individuare con precisione cosa fa sì che l'universo abbia senso, e con il suo pensiero segnò la strada della fisica moderna. Einstein riconobbe, per esempio, che i meccanismi interni della natura sono altamente simmetrici, cioè appaiono uguali anche se si guarda il mondo da un'altra angolatura. La simmetria porta ordine nell'affollato zoo delle particelle scoperte dai fisici: intere specie di particelle sono, in un certo senso, immagini speculari l'una dell'altra. Ma, di tutte le proprietà del mondo che ci offrono qualche speranza di capirlo, la località è quella su cui Einstein continuò a tornare, considerandola la più importante.

La località è un concetto sottile, che può avere significati diversi per diverse persone.² Per Einstein aveva due aspetti:³ il primo è la « separabilità », cioè la possibilità di separare due diversi oggetti o parti di uno stesso oggetto e considerarli ciascuno come entità a sé stante, almeno in linea di principio. Possiamo prendere i piatti del nostro servizio da pranzo e metterli ciascuno in un punto diverso

1. Einstein, 1987, p. 117.

2. Earman, 1987.

3. Howard, 1985.

della stanza: non per questo cesseranno di esistere, né perderanno alcuna delle loro caratteristiche (dimensioni, stile, tipo di piatto). Le proprietà del servizio discendono dai piatti che lo compongono: se un piatto serve una persona, un servizio di sei piatti basterà per sei persone. L'intero è la somma delle parti. Il secondo aspetto identificato da Einstein è noto come «azione locale»: gli oggetti interagiscono tra loro solo scontrandosi, o ingaggiando un corriere che colmi la distanza che li separa. Quando ci troviamo a una certa distanza da qualcuno sappiamo che non possiamo avere alcun effetto su quella persona se prima non ci avviciniamo e la tocchiamo, la prendiamo a pugni, o troviamo qualche altro modo di stabilire un contatto diretto, oppure mandiamo qualcosa o qualcuno che faccia lo stesso al posto nostro. Anche la tecnologia moderna segue questo principio, nonostante le apparenze: usa semplicemente intermediari di tipo nuovo. Un telefono converte onde sonore in segnali elettrici o onde radio, che viaggiano lungo cavi o attraverso lo spazio per poi ritramutarsi in suono all'altro capo. A ogni passo, lungo il percorso, qualcosa deve entrare in contatto diretto con qualcos'altro. Basta una sola interruzione nel cavo elettrico, anche larga quanto il diametro di un capello, e il messaggio non andrà più lontano di un urlo lanciato sulla Luna in assenza d'atmosfera. In sintesi, la separabilità definisce ciò che gli oggetti sono, l'azione locale regola ciò che fanno.

Einstein incorporò i due principi nella teoria della relatività. In particolare, secondo la teoria nessun oggetto materiale può superare la velocità della luce. Senza questo tassativo limite di velocità gli oggetti potrebbero spostarsi a velocità infinita, e la distanza perderebbe di significato. Tutte le forze della natura devono farsi la loro bella scarpinata per attraversare lo spazio, anziché balzare da un punto all'altro istantaneamente, come supponevano un tempo i fisici. La teoria della relatività fornisce una misura dell'isolamento di oggetti tra loro separati, assicurandone la distinguibilità.

Secondo i gusti, la teoria della relatività e le altre leggi della fisica possono essere viste come un rassicurante ordi-

ne che regola l'universo, o come una serie di regole guastafeste, simili a quelle di un genitore autoritario intenzionato a rovinarci la vita. Come sarebbe bello sbattere le braccia e volare – oh, peccato, non si può: scordiamocelo. Potremmo risolvere i problemi del mondo creando energia – to', la fisica non permette nemmeno questo: possiamo solo convertire l'energia da una forma all'altra. E ora arriva anche la località, un altro *Diktat* draconiano che manda in frantumi ogni nostra fantasticheria su navi spaziali più veloci della luce e telepatia. La località uccide l'eterna speranza dei tifosi di riuscire a dare una mano alla propria squadra incrociando le dita o urlando raffinati consigli tecnici dal proprio divano. Purtroppo, se la squadra sta perdendo e la si vuole davvero aiutare, bisogna alzarsi e andare allo stadio.

Eppure la località è per il nostro bene. È alla base del nostro senso dell'io, e ci assicura che i nostri pensieri e sensazioni sono davvero nostri. Con tutto il rispetto per John Donne, ogni uomo è un'isola, completo in sé stesso. Mari di spazio ci isolano dagli altri, e di questo dovremmo essere grati. Se non esistesse la località, il mondo sarebbe magico, ma non nel senso allegro e disneyano del termine. Ai tifosi piacerebbe molto poter influenzare la partita dal proprio soggiorno, ma dovrebbero far attenzione, perché anche i tifosi degli avversari avrebbero lo stesso potere. Milioni di sportivi da divano si scannerebbero per avvantaggiare la propria squadra privando di significato la partita, che diventerebbe uno scontro tra desideri di tifoserie anziché tra talenti in campo. Non solo gli incontri sportivi, ma il mondo intero diverrebbe un luogo ostile. In un mondo senza località gli oggetti potrebbero raggiungere l'interno del nostro corpo senza dover attraversare la barriera della pelle, e il corpo perderebbe il controllo di sé. Ci mescoleremmo con l'ambiente esterno, e questa è, per definizione, la morte.

Individuando la località come prerequisito essenziale alla comprensione della natura, Einstein ha cristallizzato duemila anni di pensiero scientifico e filosofico. Per i pen-

satori dell'antica Grecia come Aristotele e Democrito la località rendeva possibile la spiegazione razionale: se gli oggetti possono influenzarsi reciprocamente solo entrando in contatto diretto, qualunque evento si può spiegare con una sequenza di « questo ha urtato quello, il quale ha sbattuto contro quest'altro, che a sua volta è rimbalzato contro quell'altro ancora ». Ogni effetto ha una causa a cui è legato da una catena di eventi ininterrotta nello spazio e nel tempo. Non c'è nessun punto in cui si deve glissare e farfugliare « e qui accade un miracolo ». Per i greci (che non erano atei) l'aspetto inaccettabile non era tanto il miracolo, quanto il glissare. Anche gli dèi dovevano esercitare il proprio potere attraverso regole chiare e comprensibili. La località è parte essenziale non solo del tipo di spiegazioni cercate da filosofi e scienziati, ma anche dei metodi usati, perché permette di distinguere gli oggetti l'uno dall'altro, considerarli uno alla volta e costruirsi una rappresentazione del mondo per passi successivi, anziché trovarsi di fronte all'impresa impossibile di capire tutto quanto in un sol colpo.

In un breve saggio del 1948 Einstein, ormai anziano, riassume così l'importanza della località: « I concetti della fisica fanno riferimento a un mondo reale esterno ... oggetti che devono avere una "esistenza reale" indipendente dall'osservatore ... oggetti che esistono indipendentemente l'uno dall'altro, in quanto "giacenti in punti diversi dello spazio". Senza questa ipotesi di esistenza indipendente ... degli oggetti distanziati spazialmente, ipotesi che ha origine nel pensiero quotidiano, il ragionamento fisico così come lo intendiamo comunemente non sarebbe possibile. Né si vede come si potrebbero formulare e verificare leggi fisiche, senza una separazione così netta ».¹

La località ha un'importanza così pervasiva perché è l'essenza stessa dello spazio. Con « spazio » non intendo lo spazio interstellare, quello degli astronauti e degli asteroidi, ma lo spazio che ci circonda, quello occupato dal nostro e dagli altri corpi, quello in cui facciamo roteare una

1. Citato in *ibid.*, pp. 187-88.

mazza da baseball o allunghiamo un metro a nastro. Sia che puntiamo il cannocchiale verso i pianeti, sia che lo puntiamo verso i vicini di casa, stiamo spiando qualcosa da cui ci separa dello spazio. Per me personalmente, la sensazione di bellezza di un paesaggio naturale viene dalla frastornante percezione della vastità delle distanze spazzate dallo sguardo; una specie di vertigine orizzontale, che mi colpisce quando mi rendo conto che i puntini visibili sull'altro lato della vallata sono oggetti o persone reali, che potrei toccare se solo avessi braccia abbastanza lunghe.

Come hanno imparato da molto tempo i pittori, lo spazio non è semplice assenza, ma ha la dignità di un'entità a sé. Ciò che si trova tra un oggetto e l'altro, in una composizione pittorica, è importante quanto gli oggetti stessi. Per un fisico, lo spazio è la tela su cui è dipinta la realtà. Quasi tutti gli attributi fisici del nostro corpo sono spaziali. Occupiamo un volume, abbiamo una forma, ci muoviamo. I nostri corpi sono complicate coreografie di cellule e fluidi che danzano nello spazio. I nostri pensieri sono impulsi elettrici che sfrecciano lungo percorsi spaziali. Tutte le interazioni che abbiamo con il resto del mondo passano attraverso lo spazio. Gli organismi viventi sono corpi, e che cos'è un corpo se non una parte di universo che acquista un'identità individuale occupando un certo volume di spazio?

La fisica ha le sue radici nello studio del moto dei corpi nello spazio, e lo spazio definisce in pratica tutte le quantità presenti in fisica: distanza, estensione, forma, posizione, velocità, direzione. Anche altre caratteristiche che possono non sembrare spaziali, in realtà lo sono: il colore, per esempio, corrisponde alla lunghezza d'onda di una radiazione luminosa. Sono poche le proprietà della materia che non hanno una spiegazione spaziale nota, come la carica elettrica, ma si tradiscono perché influenzano il moto dei corpi nello spazio. Quando guardiamo un oggetto, tutto ciò che lo caratterizza è in ultima analisi spaziale, e discende da come sono disposte le particelle che lo compongono – le particelle, in sé, non sono che minuscoli puntini. La funzione segue la forma. Perfino i concetti che non lo sarebbero diventano spaziali, nella mente del fisico: il tempo

diventa un asse in un grafico, le leggi di natura operano nell'ambito di astratti spazi di possibilità. Anche un'autorità del calibro di Immanuel Kant, le cui idee influenzarono profondamente Einstein, riteneva impossibile concepire il mondo senza lo spazio.¹

Strano scherzo del destino, che il maggior sostenitore della località sia anche colui che l'ha smantellata. Pur essendo noto al grande pubblico principalmente per la relatività, Einstein ricevette il premio Nobel per aver contribuito a fondare la meccanica quantistica, la teoria che descrive il comportamento di atomi e particelle subatomiche. In realtà, secondo i fisici, la meccanica quantistica descrive il comportamento di *tutto*, ma i suoi effetti peculiari sono più forti su scala microscopica. La teoria nacque quando Einstein e i suoi contemporanei si resero conto che gli atomi e le particelle subatomiche non possono essere semplicemente versioni in miniatura degli oggetti che vediamo attorno a noi. Se lo fossero, cioè se seguissero le leggi della fisica classica sviluppate da Newton e altri, il mondo si autodistruggerebbe. Gli atomi imploderebbero, le lampadine ci arrostirebbero con radiazioni letali. Se siamo ancora vivi significa che la materia dev'essere governata da leggi diverse. Einstein accolse volentieri la novità: nonostante la fama (ingiustamente) acquisita in seguito di conservatore e difensore della fisica classica, il grande scienziato arrivò sempre prima di chiunque altro a cogliere e apprezzare le inusitate caratteristiche del mondo dei quanti.²

Una di queste caratteristiche è la non-località. Secondo la meccanica quantistica due particelle possono legarsi in un patto di sangue. In assenza di un meccanismo che le accoppi, le due particelle dovrebbero essere completamente autonome, eppure toccare una delle due significa toccare anche l'altra, come se la distanza non avesse per loro alcun significato. Il metodo scientifico del *divide et im-*

1. Kant, *Critica della ragione pura*, I, I, §§ 2-3.

2. Fine, 1996, pp. 16-25.

pera non funziona, con loro; le due particelle hanno proprietà di coppia che sfuggono se le si osserva una alla volta: bisogna misurarle insieme. Il nostro mondo è attraversato da una ragnatela di relazioni simili a queste, che sembrano avere un che di mistico. Gli atomi del nostro corpo mantengono un legame con quelli di ogni persona che abbiamo amato (com'è romantico! ma poi ci rendiamo conto che siamo legati allo stesso modo anche a qualunque balordo abbiamo accidentalmente urtato camminando per strada).¹

Particelle che si trovano alle estremità opposte dell'universo non possono essere davvero connesse tra loro, giusto? Einstein la giudicava un'idea sciocca, una regressione a concetti prescientifici come la stregoneria. Qualunque teoria che implicasse tali «inquietanti effetti a distanza»² stava necessariamente trascurando qualcosa, a suo avviso: il mondo doveva essere in realtà locale, e avere solo la *parvenza* della non-località. Einstein si mise quindi a cercare una teoria più fondamentale in cui il meccanismo nascosto che permette alle due particelle di agire all'unisono fosse reso esplicito.³ Nonostante i suoi sforzi, tuttavia, non riuscì mai a trovare una teoria siffatta, e dovette riconoscere che forse era lui quello in difetto. Forse non c'è nessun meccanismo nascosto. Il principio di località – e di conseguenza la nostra idea di spazio – potrebbe non essere valido. Ancora pochi mesi prima di morire Einstein rifletteva sulle implicazioni che potrebbe avere la dissoluzione dello spazio sulla nostra comprensione del mondo: «In quel caso non rimarrà in piedi *nulla* di tutti i miei castelli in aria, compresa la teoria della gravitazione, ma nemmeno di tutto il resto della fisica contemporanea».⁴

A essere inquietante è in realtà l'ottimismo che caratterizzava la maggior parte dei contemporanei di Einstein, per i quali la non-località non era un problema. Le ragioni

1. Smolin, 1997, p. 252 [trad. it. p. 322].

2. Born e Einstein, 2005, p. 155 [trad. it. p. 186, modificata].

3. Belousek, 1996.

4. Stachel, 2001, p. 151.

di questo atteggiamento di sufficienza sono complicate e tuttora oggetto di dibattito storico, ma probabilmente la spiegazione più indulgente è il pragmatismo. Gli interrogativi che turbavano Einstein non sembravano rilevanti per le applicazioni pratiche della teoria quantistica. Fu solo negli anni sessanta che una nuova generazione di fisici e filosofi cominciò a prendere sul serio le preoccupazioni di Einstein. I loro esperimenti suggerivano che la non-località non fosse una semplice curiosità teorica, bensì una realtà tangibile. Ma nonostante questo la maggior parte dei loro colleghi dell'epoca non se ne preoccupava granché (ed è per questo che io mi imbattei nell'argomento solo per caso, da studente di dottorato).

Negli ultimi vent'anni, tuttavia, ho assistito a una notevole evoluzione dell'atteggiamento al riguardo. La non-località si è conquistata un posto d'onore nella fisica tradizionale, ed è andata ben oltre il fenomeno scoperto da Einstein. Nella mia carriera di divulgatore scientifico ho avuto il privilegio di parlare con scienziati provenienti da ambiti di ricerca molto diversi: dalle particelle subatomiche ai buchi neri o alla struttura su larga scala dell'universo. E un gran numero di volte mi sono sentito ripetere più o meno la stessa frase: « Certo è strano, e non ci avrei creduto se non l'avessi visto coi miei occhi, ma sembra proprio che il mondo debba essere non locale ». Ricercatori che, come quelle particelle alle estremità opposte dell'universo, spesso non sapevano nemmeno dell'esistenza l'uno dell'altro erano arrivati alla stessa conclusione.

Se Einstein pensava che la non-località odorasse di stregoneria, la nuova ricerca dà qualche credibilità alle affermazioni sul paranormale? Alcuni pensano di sì. Negli ultimi decenni alcuni scienziati hanno sostenuto che legami non locali tra particelle potrebbero dare origine a poteri extrasensoriali.¹ Per esempio, se le particelle del cervello di una persona fossero correlate quantisticamente con quelle del cervello di un'altra, forse i due potrebbero comunicare telepaticamente. All'altro estremo, le implica-

1. Collins e Pinch, 1982, cap. 4; Kaiser, 2011, capp. 4, 10.

zioni soprannaturali della non-località hanno spinto molti fisici a liquidare l'intero ambito di ricerca come fuffa. In realtà non esiste alcun legame tra le due cose. Nessun fenomeno paranormale ha mai retto alla prova dei fatti, e i fenomeni non locali di cui si discute in fisica sono decisamente troppo deboli per permettere alle menti di comunicare tra loro o deviare palle da baseball.

Alcuni ne rimangono delusi, ma non è l'atteggiamento giusto. La vera magia del mondo è il suo *non* essere magico. Per i motivi che ho descritto sopra, la località è un requisito essenziale per la nostra esistenza. Qualunque tipo di non-località deve rimanere segregato al sicuro da qualche parte ed emergere solo in condizioni molto particolari, o il nostro universo sarebbe ostile alla vita. Quel che ci mostra la non-località è in realtà molto più impressionante di qualunque fenomeno paranormale, giacché ci apre uno spiraglio sulla vera natura della realtà fisica. Se le particelle possono influenzarsi istantaneamente attraverso enormi distanze come se lo spazio in realtà non ci fosse, la conclusione naturale è che *lo spazio in realtà non c'è*. Nel suo libro del 2004 *La trama del cosmo* Brian Greene, teorico delle stringhe alla Columbia University, scrive che le connessioni non locali « ci dimostrano, in poche parole, che lo spazio non è proprio come pensavamo che fosse ».¹ Ma allora che cos'è? Studiare la non-località può darci qualche indizio. Molti fisici oggi pensano che lo spazio e il tempo abbiano i giorni contati,² cioè che non siano elementi fondamentali della natura, ma prodotti di una condizione primordiale che non li contemplava. Lo spazio è come un tappeto sfrangiato e liso: osservandone le zone usurate possiamo capire come è stato intrecciato. Allo stesso modo, studiare i fenomeni non locali ci può illuminare su come si sia formato lo spazio a partire da componenti più fondamentali.

« Ho sempre pensato, e lo penso ancora, che la non-località sia la scoperta più sensazionale di tutta la fisica del

1. Greene, 2005, p. 123 [trad. it. p. 144].

2. Gross, 2005, p. 2039.

ventesimo secolo»¹ dice Tim Maudlin, professore alla New York University e filosofo della fisica tra i più importanti a livello mondiale. In un articolo della fine degli anni novanta Maudlin tira le somme delle conoscenze attuali in materia: «Il mondo non è un insieme di oggetti localizzati che esistono separatamente, legati esternamente l'uno all'altro solo dallo spazio e dal tempo. Qualcosa di più profondo e misterioso tesse la trama del mondo, e lo sviluppo della fisica è appena arrivato al punto in cui possiamo cominciare a pensare che cosa potrebbe essere».²

Allo stesso tempo, proprio perché la posta in gioco è così alta, altri scienziati mi dicono che la non-località non può essere vera, che uno dopo l'altro i fenomeni non locali osservati si riveleranno interpretazioni errate dei dati, e che è un errore metterli insieme. I fisici hanno ottenuto successi enormi dal ragionare in termini di spazio, e non sono disposti a rinunciarvi tanto facilmente. Uno degli scettici è Bill Unruh, professore di fisica alla Università della British Columbia, e la pensa essenzialmente come Einstein: «Se per sapere una cosa qualunque devo sapere tutto sull'universo, se prendiamo sul serio la non-località, se ciò che accade qui dipende da quel che fanno le stelle, la fisica diventa praticamente impossibile. La rende possibile solo il fatto che l'universo è segmentabile. Se davvero dobbiamo guardare le stelle per predire il futuro, non vedo come possiamo continuare a far fisica».³

A parte il suo intrinseco fascino, la non-località è un caso di studio ideale, per i dibattiti scientifici. I disaccordi tra persone come Maudlin e Unruh sono puramente intellettuali. Non ci sono interessi economici che fanno sospettare secondi fini, non ci sono dirigenti della Exxon-Mobil in giro per i corridoi. Gli avversari non sono mossi da rancori personali, molti di loro sono amici. La matematica è relativamente semplice, i risultati sperimentali sono indiscussi. Eppure il dibattito si trascina da generazioni. Gli accademi-

1. Tim Maudlin, e-mail all'autore, 17 ottobre 2012.

2. Maudlin, 1998, p. 60.

3. William Unruh, intervistato dall'autore, Utrecht, 15 novembre 2010.

ci di oggi ripetono argomentazioni che risalgono a Einstein e ai suoi antagonisti degli anni venti e trenta del novecento. Come mai? E che cosa devono pensare i comuni mortali, se gli esperti non riescono ad arrivare a un accordo?

Consideriamo il dibattito scientifico di più alto profilo della storia recente, quello sui cambiamenti climatici. La maggioranza dei climatologi pensa che l'attività umana riscaldi il pianeta, alcuni contrari ancora dissentono; a chi legge i giornali o naviga in rete, le argomentazioni possono risultare ostiche. La maggior parte delle persone non ha tempo di diventare esperta di modelli generali della circolazione atmosferica o di misure di radiazione nelle onde lunghe. Ma una cosa di cui possiamo renderci conto è che un dibattito può risolversi nella pratica indipendentemente dal fatto che gli esperti continuino o no a discutere. Nel caso dei cambiamenti climatici, il pubblico ne sa già quanto basta. C'è la concreta possibilità che si verifichi un disastro climatico, e cercare di controllare il rischio è una questione di prudenza. Dopo tutto non serve un dottorato in teoria della combustione per sapere che è meglio assicurare la propria casa contro l'incendio. Allo stesso modo, nel caso della non-località, anche gli scettici più incalliti ormai ammettono che qualcosa di molto strano c'è, qualcosa che ci obbliga a superare le nostre idee più profondamente radicate di spazio e di tempo, qualcosa che dobbiamo capire se vogliamo sapere come è nato l'universo e come tutto il mondo naturale si incastra in una perfetta unità.

Le storie personali non sono solo un'aggiunta alla parte scientifica. Sono invece assai pertinenti, perché in un'area di ricerca ancora fluida, in cui le idee si scontrano e non c'è nulla di perfettamente chiaro, i metodi convenzionali con cui opera la scienza nell'immaginario dei non addetti ai lavori – fatti, logica, equazioni, esperimenti – non sono sufficienti per chiudere il cerchio. Gli scienziati devono ricorrere anche a sensazioni viscerali, collegamenti metaforici e giudizi soggettivi sull'adeguatezza dei loro principi di base. Quando ho deciso di occuparmi di non-località sono partito per quella che sembrava una comoda e

24 *Introduzione*

piacevole escursione nella natura, ma mi sono ben presto trovato in un'esotica foresta tropicale ricca di tumide foglie lucenti, sentieri labirintici e appigli brulicanti di formiche velenose. Alcuni fisici fremono per l'eccitazione all'idea di mettere in discussione uno dei concetti più antichi e più profondamente radicati della scienza, altri invece fremono perché la ritengono una follia. Se la località non dovesse più valere, significherebbe che l'universo è in ultima analisi incomprensibile, come temeva Einstein, oppure i fisici troveranno qualche altra maniera di interpretarlo?