

Introduzione

Perché neghi che l'universo sia un'intelligenza cosciente, quando dà vita a intelligenze coscienti?

CICERONE, *Sulla natura degli dèi*, 44 a.C. circa

Le questioni più profonde e più assillanti non sono cambiate molto dagli albori della civiltà. Ottomila anni fa ci si preoccupava della morte. Gli antichi babilonesi condividevano con noi l'ossessione per lo scorrere del tempo. I pensatori di ogni civiltà hanno meditato sulla Terra e sui cieli, ritenendo, in genere, che l'una e gli altri esistessero entro una matrice a base spaziale. La natura della vita e della coscienza ha iniziato a ossessionarci non appena siamo scesi dagli alberi e abbiamo sviluppato un cervello grande abbastanza per affliggersi.

Anche per la scienza, giustamente, è divenuto cruciale affrontare questi grandi temi. Il nostro primo libro, *Biocentrismo*, proponeva un modo molto diverso di guardare all'universo e alla realtà stessa. Poiché questa prospettiva è così differente dalle descrizioni a cui siamo abituati, servono un po' di tempo e riflessioni per comprenderla. Ecco di che cosa parleremo in questo libro.

Questo modo di pensare nasce dalla presa di coscienza che il modello di realtà esistente sembra sempre più scricchiolante alla luce delle recenti scoperte scientifiche. La scienza ci dice con una certa precisione che oltre il 95 per cento dell'universo è composto da materia oscura ed energia oscura, ma deve ammettere di non sapere che cosa siano davvero l'una e men che meno l'altra. La scienza propende sempre più per un universo infinito, ma non sa spiegare che cosa ciò significhi. Appare sempre più evidente che concetti come il tempo, lo spazio e perfino la causalità sono privi di significato.

Tutta la scienza si basa su un flusso di informazioni che passano attraverso la nostra coscienza, ma la scienza non ha idea di che cosa sia la coscienza. Le ricerche hanno ripetutamente accertato un evidente legame tra gli stati subatomici e l'osservazione da parte di osservatori coscienti, ma la scienza non è in grado di spiegare questa connessione in modo soddisfacente. I biologi descrivono l'origine della vita come un evento casuale in un universo morto, ma non capiscono davvero come sia iniziata la vita o perché sembri che l'universo sia stato mirabilmente progettato per la sua comparsa.

La nuova visione del mondo si basa interamente sulla scienza e, rispetto alle spiegazioni tradizionali, trova nell'evidenza scientifica un sostegno migliore. Ci sfida ad accogliere pienamente le implicazioni delle più recenti scoperte scientifiche in ambiti che vanno dalla botanica alla cosmologia, dall'*entanglement* quantistico alla coscienza.

Se ascoltiamo quel che ci dice la scienza, risulta sempre più evidente che la vita e la coscienza sono fondamentali per comprendere davvero l'universo. Questa nuova percezione della natura dell'universo è chiamata *biocentrismo*.

Se avete letto *Biocentrismo*, bentornati: approfondiremo l'argomento attraverso un'esplorazione più esauriente, che comprende capitoli esclusivamente dedicati a questioni cruciali, come la morte, e importanti indagini ausiliarie su temi quali la consapevolezza nel mondo delle piante, il modo in cui acquisiamo le informazioni e la possibilità che un giorno le macchine diventino coscienti.

1. Breve corso introduttivo alla realtà

A me basterebbe essere sicuro che tu e io esistiamo in questo momento.

GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ,
Cent'anni di solitudine, 1967

Intorno ai sette anni circa, la maggior parte dei bambini fa domande scomode. L'universo ha una fine? Come sono arrivato qui? Alcuni bambini, magari dopo la scomparsa di un criceto, cominciano persino a preoccuparsi della morte.

Altri si spingono anche oltre. Sanno di trovarsi in un mondo che sembra complesso e misterioso, ma riescono ancora, occasionalmente, a rievocare una traccia della gioia e della chiarezza caratteristiche del primo anno di vita. Tuttavia, procedendo nell'istruzione media e superiore, via via che gli insegnanti di scienze espongono la spiegazione standard del cosmo, quella traccia svanisce. La cornice dell'esistenza diventa noiosamente accademica oppure una mera questione filosofica. Se per caso ci ripensano da adulti, il succo, di solito, è che l'intera visione cosmologica risulta confusa e insoddisfacente.

Il modello di universo più in voga dipende dalla parte del mondo e dal periodo storico nei quali ci si è posti le domande. Qualche secolo fa erano la Chiesa e le Scritture a fornire la cornice per il «quadro generale». Già negli anni trenta del secolo scorso le spiegazioni bibliche non erano più in auge tra gli intellettuali; furono rimpiazzate, infine, dal modello dell'*uovo cosmico*, nel quale tutto cominciava con un evento esplosivo improvviso, simile a quello proposto originariamente da Edgar Allan Poe in un saggio del 1848.

In questo modello, l'universo veniva presentato come una macchina automatica. Era composto di cose stupide, cioè atomi di idrogeno e altri

elementi privi di intelligenza congenita. Non vi era nemmeno una qualche intelligenza esterna a governare, ma forze invisibili – come la gravità e l'elettromagnetismo – che agivano secondo le leggi del caso, producendo tutto quello che si può osservare. Gli atomi si scontravano tra loro. Le nuvole di idrogeno si contrassero per formare le stelle. Gocce di materiale residuo, denso e fluido, in orbita intorno a questi soli appena nati si raffreddarono per formare i pianeti.

Trascorsero miliardi di anni senza vita, con il cosmo in modalità «automatica», fino a quando, almeno su un pianeta, e forse anche su altri, ebbe inizio la vita. Come questo sia potuto accadere resta un mistero per la nostra scienza. In fin dei conti, possiamo prendere le proteine necessarie, i minerali, l'acqua e tutte le altre cose contenute in un organismo animale e frullarle in un miscelatore fino alle calde greche, ma la vita non comparirà.

Se la vita e la sua genesi rimangono un mistero, la coscienza è un enigma al quadrato. Un conto sono le caratteristiche della vita come la riproduzione e la crescita, un altro è la *consapevolezza*. Si tratta di cose diverse. Il lievito e l'HIV sono vivi, ma *sentono*? Le creature viventi sperimentano tutte qualcosa di simile alla nostra estasi di fronte all'intenso color porpora del cielo al tramonto?

La questione non è solo accademica. I fisici hanno constatato, ormai per quasi un secolo, che la coscienza dell'osservatore influenza il risultato degli esperimenti, ma questo fatto è stato pressoché ignorato in quanto enigmatico e sconcertante.

Rispetto alla coscienza stessa, nessuno ha un'idea di come sia potuta emergere. Non riusciamo a capire come grumi di carbonio, gocce d'acqua o atomi di insensibile idrogeno si siano messi insieme arrivando ad acquisire il senso dell'olfatto. A quanto pare, è una questione troppo sconcertante da sollevare. Basta accennare al tema dell'origine della percezione per essere additati come pazzi. Benché Paul Hoffman, ex editore della *Encyclopaedia Britannica*, lo abbia definito «il problema più profondo di tutta la scienza», in genere è troppo strano e alieno per essere discusso in un contesto serio. In ogni caso, torneremo abbondantemente sulla questione della coscienza.

Per ora ci basti dire che la sua genesi è avvolta da un mistero assoluto, tanto quanto un qualsiasi inventario delle discariche nelle paludi del New Jersey.

Così, il modello standard dell'universo consiste in un miscuglio interessante di vivente e non vivente. Entrambi sono parte integrante di un universo che, ci spiega la cosmologia, è esploso dal nulla 13,8 miliardi di anni fa, e che continua a espandersi.

La storia è questa. L'abbiamo sentita tutti. La si racconta agli studenti di tutto il mondo. Ognuno, tuttavia, può accorgersi di quanto sia vacuo e insoddisfacente questo racconto.

Come nella storia di Giona, che visse felicemente nel ventre di una balena senza patire alcun malessere, c'è qualcosa di sospetto in un universo che salta fuori dal nulla. Non solo perché, nell'esperienza quotidiana, non ci capita di osservare gattini o mobili da giardino materializzarsi magicamente. Il problema è più profondo: se anche fosse vera, la faccenda della «materializzazione magica» non spiega proprio nulla.

Quindi, ripartiamo da un esame onesto di quello che sappiamo e non sappiamo. Possiamo partire dalle verità inconfutabili, come fece Cartesio quando disse: «Penso, dunque sono». La realtà ultima e fondamentale non è che noi umani discendiamo dal plancton, su un pianeta nato 4,65 miliardi di anni fa vicino a una stella di popolazione I. Potrebbe sembrare una certezza per molti, nel mondo odierno, ma ecco un punto di partenza ancora più incontestabile: *ci troviamo a essere coscienti in una matrice che chiamiamo universo.*

Cerchiamo qualche spiegazione o contesto più ampio in cui inquadrare questa esistenza. Se riteniamo che i modelli teologici siano inadeguati ci rivolgiamo alla scienza, ma i suoi ricercatori affermano, di nuovo, che l'universo è saltato fuori dal nulla attraverso un processo ignoto. E proseguono «spiegando» che la vita, a un certo punto, è emersa in modo altrettanto inesplicabile, e che questa vita manifesta una consapevolezza individuale, che di per sé è enigmatica.

Questa è la spiegazione scientifica di quello che succede.

Non stupisce, in molte cerchie, che non la si consideri una spiegazione migliore rispetto al sorpassato «È opera di Dio».

Non è nostro intento biasimare la scienza in alcun modo. Molto meno di un millesimo di milionesimo dell'1 per cento del cosmo è accessibile ai nostri telescopi. E perfino *questo* è solo una piccola frazione del vero cosmo, che è composto per lo più da entità ignote. Le dimensioni del nostro campione, perciò, sono minuscole. Inoltre, vi sono sempre più prove a favore di un universo spazialmente infinito (ne parleremo nel diciottesimo capitolo). Se così fosse, anche il suo inventario sarebbe infinito e, dunque, tutto quello che si trova entro l'orizzonte visibile corrisponderebbe, in realtà, allo *zero per cento dell'intero universo*, poiché ogni frazione di infinito è nulla. Il punto è questo: a voler essere onesti, i nostri dati sono attualmente così trascurabili che non permettono generalizzazioni valide. Semplicemente, le dimensioni del campione sono troppo piccole per dare risultati attendibili.

Purtroppo, questo non viene quasi mai riconosciuto, men che meno nei programmi televisivi a contenuto scientifico. Parlare della nostra mancanza di informazioni costituirebbe una «interruzione del segnale audio» priva di interesse per un qualunque sponsor commerciale.

Recentemente, a dire il vero, abbiamo scoperto che l'universo è composto per lo più da materia oscura, ma non sappiamo che cosa sia. Poi abbiamo scoperto che, in realtà, si tratta soprattutto di energia oscura, ma non sappiamo cosa sia nemmeno *quella*. L'esistenza dell'energia oscura fu postulata nel 1998, quando si scoprì che l'espansione dell'universo, che si pensava stesse rallentando, stava invece misteriosamente accelerando. Sembra che l'energia oscura sia una forza antigravitazionale che spinge il cosmo verso l'esterno.

Non abbiamo neanche idea di come ebbe inizio la vita autoreplicante. Inoltre, ci troviamo in un universo finemente calibrato per la vita, ma non abbiamo idea di come questo sia possibile, se non ipotizzando che esista un'infinità di universi in cui noi siamo quelli fortunati.

Poiché mancano i dati concreti, i cosmologi provano a sopperire affidandosi a *modelli*, che comprendono ipotesi sulle condizioni iniziali e sugli eventi successivi. Non sarebbe un problema se non li si prendesse così sul serio, se ci si rendesse conto che sono soltanto modelli *di partenza*.

All'inizio del ventunesimo secolo questi modelli includono concetti orecchiabili che si propongono di divulgare un'immagine del cosmo, benché non siano sostenuti dalle prove. Nel linguaggio scientifico, concetti come le membrane cosmiche o la teoria delle stringhe sono *non falsificabili*, ossia non possono essere né provati né smentiti. Quasi certamente essi verranno abbandonati o subiranno grosse modifiche nel corso della nostra vita, rimpiazzati da altri modelli destinati a loro volta all'abbandono, proprio come «l'espansione rallentata dell'universo» del 1997 fu rimpiazzata dal modello «accelerato» del 1998.

Quindi, per rispondere onestamente a quel bambino di sette anni dovremmo confessargli che *la scienza, oggi, non è in grado di rispondere alle domande più semplici sull'esistenza.*

È vero, i cosmologi parlano dei «2,73 K della radiazione cosmica di fondo» e dei «13,8 miliardi di anni trascorsi dal Big Bang», e queste cifre apparentemente precise, con tanto di decimali, creano una credibilità verosimile. I modelli sono enunciati ripetutamente e questa stessa ripetizione conferisce loro un'aura importante. Ma non significa che siano, in effetti, verità assolute.

Fortunatamente il quadro generale appena descritto, in apparenza cupo, non è la fine della storia. In realtà, è solo l'inizio, poiché esiste un modello alternativo per tutto questo.

L'alternativa è necessaria, perché la cosmologia moderna, nei tentativi di spiegare il cosmo, continua a commettere una strana svista: tiene l'osservatore vivente rigorosamente a distanza dal resto dell'universo. Ci chiede di accettare una dicotomia, una spaccatura.

Da un lato ci siamo noi, i viventi, chi percepisce il tutto. Dall'altro c'è l'intero, stupido universo, che sbatte su se stesso attraverso processi casuali.

Ma se invece fossimo collegati? E se l'intero, insensibile modello potesse improvvisamente avere un senso, mettendo tutto insieme? E se l'universo (la natura) e chi lo percepisce non fossero entità indipendenti? E se uno più uno facesse... uno! E se, anzi, l'ultimo secolo di scoperte scientifiche puntasse in modo convincente proprio in questa direzione – se solo fossimo abbastanza aperti da capire quello che ci dice?

A dire il vero, continuano ad arrivare nuovi indizi. Nel febbraio del 2015 il *New York Times* ha pubblicato un articolo sulla «stranezza quantistica», dal sottotitolo «Nuovi esperimenti confermano che la natura non è né qui né là». Tuttavia, né l'autore, chiaramente disorientato, né, con buona probabilità, molti lettori, hanno sorriso tra sé pensando: *È ovvio! Perché la natura, in effetti, è sia qui SIA là!* Quando si prova a collocarla solamente da una parte, si finisce con i paradossi e la logica viene meno.

La teoria quantistica ha individuato quasi un secolo fa una connessione tra la coscienza e la natura delle particelle. Tuttavia, l'abbiamo ignorata, o ci siamo inventati spiegazioni svianti che chiamano in causa un numero infinito di realtà alternative.

Scoprire che cosa è reale, in verità, è un compito felice. Ci richiede di percorrere le intricate vie dei più affascinanti concetti scientifici del ventesimo secolo e di esaminare da capo quelli acquisiti in precedenza. L'esame di soggetti strabilianti come il tempo, lo spazio e il funzionamento del cervello promette di essere una piacevole escursione, anche se fosse solo un diversivo senza meta, una passeggiata domenicale.

Ma, come vedremo, sia il viaggio verso un'immagine più chiara del cosmo sia la destinazione ultima, sono molto più che illuminanti: sono divertenti.

2. La domanda da sette migliaia di anni

Questo giorno che temi come ultimo è il primo dell'eternità.

LUCIO ANNEO SENECA,
Lettere morali a Lucilio, 65 d.C. circa

Quando proviamo a misurarci con l'essenza di noi stessi e dell'universo, in genere ci rivolgiamo alla scienza della cosmologia, benché alcuni continuino ad abbracciare spiegazioni religiose. Chi scopre, però, che nessuna delle due vie conduce alla destinazione sperata può prendere in considerazione un modello di realtà molto diverso. Questo nuovo paradigma, lungi dall'abbandonare la scienza, si basa su scoperte pubblicate a partire dal 1997 e ne rivaluta altre antecedenti.

Prima di immergerci in questa nuova avventura, tuttavia, è utile esaminare quello che hanno già proposto nel corso dei secoli i grandi pensatori. Non vogliamo reinventare la ruota se già esiste.

Per fare questo è necessario superare la nostra propensione all'etnocentrismo e al modernismo: spesso presumiamo di riflesso che la cultura occidentale e le persone in vita ora abbiano una padronanza superiore delle questioni profonde rispetto alle altre civiltà e a chi è vissuto prima di noi. Basiamo questa convinzione sulla nostra tecnologia avanzata. Quei poveri zotici, cento anni fa, non avevano l'impianto idraulico, le zanzariere, l'aria condizionata. Qualcuno riusciva ad avere grandi intuizioni sudando in un letto appiccicoso, in balia di zanzare ronzanti? Si potevano elaborare pensieri profondi mentre, al mattino, si gettavano dalla finestra le escrezioni notturne?

Così, gli studenti di antropologia potrebbero sorprendersi nel venire a sapere che vaste aree del sapere umano di dominio comune tra le classi istruite del diciottesimo e diciannovesimo secolo vengono accolte oggi da

sguardi smarriti. Non è vero, quindi, che gli adolescenti del ventunesimo secolo fanno più cose rispetto ai loro coetanei del diciannovesimo: fanno soltanto cose *diverse*.

Nel 1830 ogni contadino sapeva esattamente che l'alba e il tramonto, di settimana in settimana, si spostano sull'orizzonte; sapeva identificare il canto degli uccelli e conosceva nel dettaglio le abitudini della fauna locale. Di contro, oggi, ben pochi tra parenti e amici sono vagamente consapevoli del fatto che il Sole si muove attraversando il cielo *verso destra*, ogni giorno. Nel diciannovesimo secolo confessare una simile ignoranza su un concetto tanto basilare avrebbe suscitato sconcerto.

Certo è che alcuni ambiti del sapere sono risultati inafferrabili per gli esseri umani, presenti e passati. Per esempio, ci siamo dimostrati cronicamente incapaci di predire il futuro, anche solo proiettandoci in avanti di qualche decennio. Nessun genio della Grecia classica, nessuno scrittore fra i più grandi della letteratura mondiale, nessuna riga di un qualunque testo religioso hanno mai suggerito l'esistenza di minuscole creature, inosservabili a occhio nudo, benché questi *germi* siano i responsabili della maggior parte delle malattie che ci affliggono. Prima del 1781 nessuno sospettava l'esistenza di altri pianeti oltre ai cinque corpi celesti noti fin dai tempi dei Neanderthal. Fino a qualche secolo fa, nessuno ipotizzava che il sangue circolasse nel corpo o che l'aria che respiriamo fosse composta da un miscuglio di gas e non da una singola sostanza. Così, a dispetto delle fandonie di matrice New Age o religiosa che celebrano la presunta accuratezza delle antiche «profezie», la verità è piuttosto deludente.

In tempi recenti non abbiamo saputo fare di meglio. Secondo i futurologi che contribuirono ad allestire la New York World's Fair del 1964, le tipiche case del 2000 sarebbero state equipaggiate di automobili volanti e di robot personali. Quanto al cinema e alla letteratura popolare, ricordiamo che *2001: Odissea nello spazio*, il classico del 1968, mostrava colonie lunari nell'anno 2000 e, pochi anni dopo, un viaggio verso Giove con equipaggio umano. *Blade runner*, film culto del 1982, dipingeva una Los Angeles del 2019 sommersa incessantemente dalla pioggia per effetto di un implicito cambiamento climatico che avrebbe trasformato la California in un luogo

cronicamente umido. Inoltre, la città era gremita di edifici altissimi e automobili volanti della polizia. Nessun futurologo ai tempi degli hippie fu in grado di predire gli attuali onnipresenti telefoni cellulari, il body piercing o la rapidissima modernizzazione della Cina.

Il punto è questo: rispetto a qualche secolo fa non siamo né più né meno perspicaci. Inoltre, i nostri antenati erano ossessionati almeno quanto noi dal pensiero della nostra ubicazione nel cosmo. Pertanto, dato che la stragrande maggioranza degli esseri umani vissuti finora *non* è attualmente in vita, sarebbe un errore ignorarne le intuizioni.

Invece di presumere che i nostri antenati fossero troppo ingenui per formulare riflessioni profonde o, al contrario, di idolatrare le civiltà passate come se fossero in sintonia soprannaturale con la natura, atteniamoci ai fatti.

Non è necessario riassumere in questa sede i credo basilari di ogni civiltà. Di certo nell'emisfero occidentale, se dobbiamo cominciare il nostro resoconto da settemila anni fa, ancor prima dell'invenzione della ruota, la visione del mondo era stabilmente dominata dall'ossessione per l'aldilà, a sua volta imperniata sull'appagamento degli dèi, come nel caso degli egizi Ra, dio sole, Amon, dio creatore, e Iside, dea madre.

Qui le primissime scritture non mostravano alcun interesse a risolvere i misteri della natura per mezzo dell'osservazione o della logica; regnavano invece magia e superstizione. Uno di noi autori trovò un esempio di geroglifico primitivo, risalente a quarantasette secoli fa, inscritto sulle pareti sotterranee della solitaria piramide di Unis a Saqqara, in Egitto. Questa visita del 2006 era stata scortata, contro eventuali terroristi, da un'intera jeep di soldati armati, il tutto per osservare geroglifici che non esprimevano esattamente pensieri profondi.

Erano formule magiche che coinvolgevano un «serpente madre».

Da allora (il ventisettesimo secolo avanti Cristo) gli scritti non potevano che migliorare. Ma ci vollero mille anni prima che incantesimi, registri di granaglie e verbosi resoconti della vita quotidiana della famiglia del faraone lasciassero il posto all'autentico discernimento. Il più antico testo religioso, il

Rgveda, scritto in sanscrito nel 1700 a.C. circa, si interrogava sul «potere fulgente del dio Sole» e diceva, poeticamente: «Mattina e Notte non collidono né indugiano». Traduzione: così va il mondo.

Quando furono scritti i libri dell'Antico Testamento, mille anni dopo, si credeva in una Terra stazionaria e governata da un unico Dio, facilmente irritabile. I rabbini del tempo non mostravano alcuna propensione a dubitare della visione del mondo dominante. Riempirono diligentemente le pagine della Genesi e del Deuteronomio, fedeli alla mentalità del tempo, con una Terra piatta e fissa e una separazione netta tra noi mortali sotto e i cieli sopra. Scoprire come operava la natura non era una priorità per nessuno. Anzi, le questioni che oggi suscitano la nostra curiosità – la natura della vita, il tempo, la coscienza, il funzionamento del cervello – sarebbero sembrate aliene alle prime civiltà. La sopravvivenza quotidiana era la priorità numero uno, agire secondo le Scritture per non farsi punire da Dio la numero due, mentre la discussione di argomenti come la realtà dello spazio non trovava posto nell'ordine del giorno.

A quei tempi, le principali fonti di illuminazione nella vita quotidiana erano il Sole e la Luna e, a scampo di distrazioni, queste sorgenti di luce continuavano a modificare la loro posizione. Ripetevano il loro teatrino tutti i giorni. Gli antichi scribi, benché poco interessati a spiegare il mondo naturale intorno a loro, non potevano ignorare la luce, così centrale in ogni aspetto della vita, pertanto enfatizzarono questo soggetto nelle prime righe della Genesi. Ben otto delle prime cento parole della Bibbia sono «oscurità» o «luce».

(Forse avevano intuito qualcosa. Vedremo nelle nostre esplorazioni che la luce, o meglio, l'energia, gioca un ruolo da protagonista nel rebus della Realtà).

A quei tempi, nessuno aveva idea di quale fosse la vera struttura del cosmo, di come lo si percepisca o di come tutto potrebbe essere connesso. Non c'erano abbastanza informazioni. Allora, come oggi, non ci si perdeva in argomenti inutili.

Ma le reiterazioni erano un'altra storia: stimolavano l'intelletto. Il nostro cervello è strutturato per riconoscere gli schemi; li colleghiamo facilmente

ad altri. Se per sei sere consecutive suona il telefono appena ci sediamo a tavola, la cosa non sfuggerà alla nostra attenzione.

Lo schema più evidente coinvolgeva quell'accecante palla di fuoco. Attraversava sempre il cielo da sinistra verso destra. Sorgeva puntualmente a oriente. In quanto incomprensibile, il Sole era ovviamente un qualche tipo di divinità. Di certo, esplorare i suoi segreti sembrava una missione impossibile.

Tuttavia, circa sei secoli prima della nascita di Cristo, nelle assolate isole della Grecia, «capire le cose» divenne una priorità, e questo aprì la strada alle prime riflessioni realistiche riguardo al nostro posto nell'universo. Accadde perché, per la prima volta, la magia si scontrò con la razionalità; finalmente l'osservazione e la logica venivano apprezzate.

La logica comprende le sequenze causa-effetto: A causa B, che a sua volta causa C. Tutti arrivano di corsa dai campi perché una stalla è crollata sulle capre, sotto il peso di un albero di ulivo. L'albero è stato sradicato dal vento. È successo a mezzodì, quando il vento in genere soffia più forte. Uno degli uomini più svegli del villaggio collega A con C e pensa a voce alta: non potrebbe essere stato il Sole alto del mezzodì a fomentare il vento? Ehi, questa è bella! Scoprire un possibile collegamento tra il Sole e una capra morta. I greci si innamorarono del nuovo strumento della logica.

Erano sulla buona strada. Ma i greci più antichi, i primi veri praticanti della scienza, iniziarono abbastanza presto a incespicare. Duemila anni dopo, all'inizio del diciassettesimo secolo, il fisico italiano Evangelista Torricelli spiegò davvero perché soffia il vento e, in effetti, *c'entra* il Sole. Gli antichi greci, però, erano ostacolati dalla necessità di coinvolgere sempre le loro divinità. E dunque, per quale motivo Zefiro, dio del vento di ponente, sceglieva di soffiare in alcuni momenti e in altri no? I paesani alzavano le spalle: gli dèi avevano i propri imperscrutabili motivi.

Se la capra era morta, Zefiro, a quanto pare, stava punendo il pastore per qualche trasgressione. Indovinare il crimine divenne, anzi, uno degli argomenti preferiti dei vicini. Con l'infedeltà si andava quasi sempre sul sicuro, ma spesso si poteva sospettare tracotanza. Le ragioni divine erano imperscrutabili: perché, dunque, sforzarsi di capire? In particolare, una

«causa prima», quella che scatena in origine i processi, era fastidiosamente impossibile da determinare.

Anche se, ragionando per causa-effetto, si giungeva in fretta a dei vicoli ciechi, gli antichi greci, ammirevolmente, non si diedero per vinti. E, come accade anche alla scienza odierna – in particolare, negli esperimenti di fisica quantistica che esamineremo più avanti – gli antichi dovettero fare i conti con la *verosimiglianza*, una meravigliosa parola che significa «apparenza della verità».

Qualcosa che appare vero potrebbe in effetti essere vero. O forse no. Il Sole che attraversa il cielo mentre la Terra resta immobile è una verosimiglianza, un'apparenza. *Sembra* vero. Ci appare vero ancor oggi, motivo per cui diciamo «il Sole tramonta» e non «l'orizzonte sorge». Fu un incredibile balzo in avanti quando Aristarco, sull'isola di Samo, ben diciotto secoli prima di Galileo, sostenne che si sarebbe osservato lo stesso effetto se fosse stata la Terra a girare e il Sole a restare fermo, e che ciò fosse molto più sensato, perché il corpo più piccolo dovrebbe logicamente ruotare intorno a quello più grande.*

Cercheremo di ricordare questa idea della verosimiglianza più avanti, quando anche noi ci confronteremo con modalità alternative per interpretare le osservazioni comuni.

Nel frattempo Aristotele, nella sua innovativa *Fisica*, sosteneva che l'universo fosse un'entità singola, con una sostanziale connessione tra tutte le cose, e che il cosmo fosse eterno. Inutile farsi imbrigliare dalla storia delle concatenazioni causa-effetto, argomentò nel quarto secolo avanti Cristo: tutto è sempre stato animato e possiede una sorta di vitalità o energia innata. Non c'è alcun punto di partenza. A dire il vero, con queste affermazioni Aristotele non si prendeva grossi rischi, poiché questa visione solipsistica aveva molti sostenitori già prima che egli comparisse sulla scena.

Aristotele non si fermò qui. Nel libro IV della *Fisica* affermò che il tempo non ha un'esistenza autonoma: sussiste solo in presenza di persone; lo poniamo in essere attraverso le nostre osservazioni. Ciò è decisamente in linea con gli esperimenti quantistici moderni. Nessun fisico oggi pensa che

il tempo possieda una realtà indipendente, come una sorta di costante «assoluta» o universale.

Tuttavia, né Aristotele né Platone né Aristarco riuscirono ad abbandonare la dicotomia tra noi mortali, che esistiamo quaggiù, e un regno celeste parallelo abitato dagli dèi, sopra di noi.

Ben diversa era la situazione in Oriente. Già prima dell'impero romano, che conservò le divinità greche (cambiandone soltanto i nomi), un importante ramo del pensiero dell'Asia meridionale veniva codificato in testi come la Bhagavadgītā e i Veda. Il loro modello di realtà, presto noto come Advaita Vedānta, era sorprendentemente diverso dalla visione del mondo occidentale.

Come Aristotele, la scuola Advaita insegnava che l'universo è un'entità singola, che chiamava Brahman. A differenza dei greci, però, questo «Uno» includeva sia il divino sia la consapevolezza del sé individuale. Tutte le apparenze di dicotomia o separazione, secondo questa scuola, erano mere illusioni, come una corda scambiata per un serpente. L'Advaita Vedānta proseguiva descrivendo l'Uno come innato e imperituro; se ne poteva fare esperienza in forma di coscienza, consapevolezza e beatitudine.

Inoltre, asserivano i maestri della scuola, questa presa di coscienza era lo scopo della vita. Non il compiacimento degli dèi, non le offerte ai sacerdoti e nemmeno l'interesse per l'aldilà, ma solamente il risveglio a una piena comprensione della realtà. Le successive religioni derivate, come il buddhismo e il jainismo, conservarono questi fondamenti. Oggi il mondo è ancora sostanzialmente diviso tra queste due visioni basilari della realtà, occidentale e orientale, dualistica e non dualistica, già presenti più di mille anni fa.

Le religioni orientali sostengono che alcuni individui, nel corso dei secoli, abbiano periodicamente vissuto l'esperienza dell'«illuminazione». Costoro, cioè, si sarebbero risvegliati alla verità, sospinti all'estasi e a un profondo senso di libertà.

L'attrattiva per queste visioni orientali si diffuse nei paesi occidentali alla fine del diciannovesimo secolo, favorita dalle visite di una serie di autorevoli ed eloquenti maestri indiani come Paramahansa Yogananda, Swami Vivekananda e, più di recente, Deepak Chopra. Negli anni quaranta

del secolo scorso, con libri come il best-seller *Autobiografia di uno yogi*, Yogananda tentò di giustificare la visione orientale del cosmo alla luce della scienza. Questi tentativi apparvero per lo più forzati e le argomentazioni scientifiche ben poco convincenti; probabilmente persuasero soltanto chi era già convinto.

L'obiettivo in sé, però, era nobile. Supponiamo che una persona persegua la conoscenza della realtà, della propria natura e del proprio posto nell'universo, ma non abbia un'inclinazione spirituale, e che esiga soltanto di attenersi ai fatti. Si possono affrontare in modo decisivo tali questioni profonde con l'aiuto della sola scienza?

Questa è la nostra domanda da un milione di dollari e il vero punto di partenza del nostro viaggio.

* Essere molto avanti rispetto a tutti, soprattutto in merito ad alcuni aspetti fondamentali della vita, raramente ha portato benefici. Chi conosce oggi il nome di Aristarco? Abbiamo controllato: non c'è una sola scuola superiore in tutti gli Stati Uniti intitolata al suo nome. Almeno non fu messo a morte, a differenza di molti altri pionieri nel campo delle idee.

3. In principio...

Con alterna vece tutte mutan le cose.

EURIPIDE, *Eracle*, 416 a.C. circa

A prescindere da quale idea si adotti dell'universo, il tempo sembra giocare un ruolo chiave. Anzi, i modelli esistenti sono così intrinsecamente basati sul tempo che non li si può comprendere né confutare senza aver compreso il tempo stesso. Quindi, va affrontato prima di qualunque altra cosa.

Non è soltanto un argomento di interesse filosofico. È un tema che va al cuore delle nostre percezioni ed è il punto di collegamento tra l'osservatore e la natura. Di sicuro, usiamo il tempo costantemente: prendiamo appuntamenti, attendiamo con ansia le ferie, alcuni si affliggono per l'aldilà. Se c'è una grande differenza tra persone e animali non è il fatto che l'aspirapolvere non spaventa noi esseri umani: è che siamo ossessionati dal tempo.

Da un lato, quello che di solito chiamiamo tempo è indiscutibilmente reale. Il GPS della nostra automobile ci comunica che, restando su questa autostrada, raggiungeremo Cleveland in 3 ore e 48 minuti. Così facciamo. Inoltre, nel mentre, innumerevoli altri eventi si svolgono nel nostro corpo e altrove sulla Terra.

Tuttavia, questo intervallo concordato, a un'ispezione più ravvicinata, risulta intangibile e sfuggente.

Il problema del tempo ha tormentato i filosofi per millenni e questa tortura non mostra cenni di cedimento. Fortunatamente, rispetto ad altre situazioni complesse – la politica nel Medio Oriente, per dirne una –, in questo caso i punti di vista contrapposti sono soltanto due.

Da un lato vi è l'opinione sostenuta da persone dalla mente arguta come Isaac Newton, che considerava il tempo parte della struttura fondamentale dell'universo. Secondo lui, il tempo era intrinsecamente reale. In questa

prospettiva, il tempo costituisce una dimensione a parte ed esiste indipendentemente dagli eventi, che si svolgono in sequenza entro la sua matrice. La maggior parte delle persone, probabilmente, concepisce il tempo in questo modo.

La visione opposta, sostenuta nei secoli da altri brillanti personaggi, per esempio Immanuel Kant, è che il tempo *non* sia un'entità reale. Non è una specie di «contenitore» all'interno del quale «si svolgono» gli eventi. In questa prospettiva, non c'è un flusso del tempo. Piuttosto, si tratta di un'intelaiatura concepita dagli osservatori umani nel tentativo di dare un'organizzazione e una struttura al vasto dedalo di informazioni turbinanti nelle loro menti.

Se questa prospettiva è vera, e il tempo non è che una cornice intellettuale analoga ai nostri sistemi di numerazione o al modo in cui ordiniamo le cose nello spazio, di certo non vi si può «viaggiare», né lo si può misurare in modo indipendente.

In altre parole, gli orologi non accertano il tempo e non ne tengono traccia, ma presentano soltanto eventi dalla cadenza spaziale uniforme, via via che una cifra digitale è rimpiazzata da un'altra o che la lancetta dei minuti si sposta da un punto a un altro. Mentre questi eventi procedono, altre affidabili cadenze si manifestano simultaneamente altrove. E, ovviamente, le lunghezze tra ogni *tic* e *tac* sono arbitrarie, essendo state concordate dal concilio umano e non da qualche ordinanza della natura.

L'idea del *tic tac* ebbe inizio dall'osservazione del Sole, quando, rispetto a oggi, si trascorreva molto più tempo all'aria aperta. I sumeri e i babilonesi, più di seimila anni fa, utilizzavano i concetti di «giorno», «anno» e «mese». Poco dopo, gli antichi induisti definirono specifiche unità di tempo, come il *kāla*, che corrisponde a 144 secondi.

Gli induisti idearono una stupefacente varietà di intervalli. Ai due margini del loro spettro temporale le unità erano così estreme da risultare inutili in termini pratici e pressoché incomprensibili. Ricordiamo, per esempio, il *Paramanu*, dalla lunghezza di circa 17 milionesimi di secondo, e il *Mahamanvantara*, corrispondente a 311040 miliardi di anni. Le unità più lunghe erano armonizzate ai miti induisti di creazione e distruzione,

secondo i quali il cosmo è soggetto a cicli, o *yuga*, in cui chiarezza e oscurità si alternano in rapporto alle vicende umane.

In termini più pratici, l'antico mondo agricolo si basava su conteggi legati alle stagioni; questi cicli furono determinati con straordinaria precisione da civiltà come quella dei Maya. Così, si affermò l'uso di unità più piccole rispetto a mesi e giorni, prima con la creazione delle clessidre ad acqua o a sabbia, poi con la scoperta delle leggi del pendolo da parte di Galileo Galilei. Nel 1582 egli notò che i candelabri appesi a lunghe catene nel duomo di Pisa continuavano a oscillare avanti e indietro con lo stesso periodo a prescindere dall'ampiezza dell'oscillazione e – dopo aver procrastinato decisamente a lungo – descrisse il fenomeno nel 1602. Si può sperimentare questo effetto al parco giochi: se il genitore dà al bambino una grossa spinta, il periodo impiegato dall'altalena per oscillare da un estremo all'altro non cambia di molto rispetto a quando il bambino siede tranquillo e l'altalena si muove appena.

Il periodo dipende sostanzialmente dalla lunghezza della catena, una proprietà chiamata *isocronismo*: una corda o catena lunga circa un metro determina un periodo di due secondi. Non passò molto e il principio fu applicato alle vecchie pendole, le cui barre metalliche, lunghe poco più di un metro e ottanta, ticchettavano secondi quasi perfetti.

Nella seconda metà del diciassettesimo secolo, grazie ai contributi di Robert Hooke e Christiaan Huygens, l'invenzione dell'orologio meccanico a molla e bilanciere permise di fare un grande passo avanti nello sviluppo dell'orologeria portatile. L'accuratezza migliorò vertiginosamente nel 1880, quando i fratelli Jacques e Pierre Curie scoprirono che i cristalli di quarzo, applicandovi un piccolo impulso elettrico, vibrano naturalmente. Se li si taglia in dimensioni e forma specifiche, essi oscillano affidabilmente 32768 volte al secondo; questa cifra è una potenza di 2 (è 2 moltiplicato per se stesso 15 volte). Un circuito elettrico non ha difficoltà a contare queste oscillazioni e quindi a marcare intervalli uguali, di un secondo ciascuno. Questo consentì, a partire dal 1969, di immettere sul mercato a basso prezzo gli orologi da polso di precisione che tuttora, per lo più, si basano sul meccanismo al quarzo. Quando ogni persona fu messa nella condizione di concordare sull'«ora esatta», l'indaffarato mondo moderno, con le sue

pianificazioni e i suoi appuntamenti, si abituò a una realtà condivisa incentrata sul tempo.

Detto questo, comunque, né le oscillazioni del pendolo né quelle meccaniche del bilanciere né le vibrazioni del quarzo suffragavano l'esistenza del tempo: non facevano altro che produrre movimenti ripetitivi regolari. Si potevano paragonare, allora, alcuni eventi ripetitivi con altri, notando per esempio che, mentre la pendola del nonno compie 1800 oscillazioni, una candela si consuma di un paio di centimetri e la Terra compie un quarantottesimo di rotazione intorno al proprio asse. Certamente, il trascorrere di questi eventi si poteva chiamare «una mezz'ora», ma questo non significava che l'intervallo temporale avesse una realtà indipendente, come un'anguria.

La faccenda si fece improvvisamente più bizzarra quando si scoprì che alcuni eventi potevano cominciare a svolgersi, rispetto ad altri, più rapidamente di prima. Le cose divennero poi decisamente sconcertanti con le idee strane, ma logiche loro malgrado, che Einstein incluse in entrambe le sue teorie della relatività, ristretta e generale, rispettivamente nel 1905 e 1915. In queste teorie, Einstein elaborò e spiegò le curiosità e i paradossi in cui si erano imbattuti nei decenni precedenti George FitzGerald e Hendrik Lorentz. In breve, emerse una rivelazione del tutto inaspettata: anche se il tempo è un'entità reale, non può essere una «costante», come la velocità della luce o la gravità, poiché scorre con ritmi diversi. La presenza di un campo gravitazionale ritarda il passaggio del tempo, così come il moto a velocità elevate.

Ne siamo intuitivamente ignari perché veniamo da una scuola superiore dove si bighellonava tutti nello stesso campo gravitazionale, e mai, nemmeno durante gli anni più ribelli dell'adolescenza, abbiamo spinto un'automobile a più di un ottomilionesimo della velocità della luce. Poiché bisogna viaggiare all'87 per cento della velocità della luce per sentire che il tempo rallenta alla metà del suo incedere normale, non ci siamo mai nemmeno avvicinati a sperimentarne direttamente l'incostanza, non tanto in virtù della nostra personale assennatezza, quanto della lentezza dei nostri veicoli da strada.

Agli astronauti va meglio. In orbita a un ventiseimillesimo della velocità della luce, possono davvero stimare di quanto rallenti il loro tempo usando dei dispositivi di alta precisione, e ciò solleva una questione raramente dibattuta. Benché si muovano più velocemente, gli astronauti sono più distanti dalla superficie terrestre, là dove il campo gravitazionale è più debole, e ciò ha l'effetto opposto poiché accelera, per loro, il passaggio del tempo. Alla fine, prevale l'effetto della velocità elevata: gli astronauti in orbita invecchiano *meno* velocemente di chi rimane a terra. Solo a una distanza otto volte maggiore rispetto all'orbita media della Stazione spaziale internazionale (ovvero, a circa 3200 chilometri dalla superficie terrestre), la debolezza dell'attrazione gravitazionale arriverebbe a bilanciare l'effetto della velocità orbitale, ora minore, così da farli invecchiare esattamente come chi rimane a terra. Sulla Luna, ancora più distante, gli orologi ticchettano più velocemente rispetto al Centro di controllo missione di Houston (ma nessuno ha rimborsato gli astronauti delle missioni Apollo con pensioni anticipate).

Queste distorsioni temporali non sono impercettibili, né di interesse puramente accademico. I satelliti GPS non funzionerebbero se non si apportassero continue correzioni per compensare diversi effetti di distorsione temporale. Poiché la ricezione di segnali temporali precisi da ciascun satellite è essenziale per il sistema di navigazione, qualunque cosa alteri il passaggio del tempo, sia in invio sia in ricezione, ne compromette totalmente il funzionamento.

Siete dei nerd o geek autentici, interessati a questo genere di dettagli fisico-tecnologici? Se la risposta è affermativa, considerate i numerosi problemi connessi allo scorrere apparente del tempo, tutti introdotti dalla tecnologia stessa progettata per misurarlo.

Problema numero uno: i satelliti viaggiano a 14000 chilometri all'ora, rallentando i loro orologi.

Problema numero due: i satelliti, poiché distano dalla Terra, si trovano in un campo gravitazionale ridotto, il che accelera il loro tempo rispetto alla superficie terrestre.

Problema numero tre: gli utenti del GPS sulla superficie terrestre si trovano a distanze diverse dal centro della Terra (per esempio a Denver, che ha un'altitudine maggiore rispetto a Miami), determinando un'ulteriore varietà nel tasso di scorrimento del tempo.

Problema numero quattro: le differenze nella velocità di rotazione in località diverse sulla superficie terrestre determinano incongruenze nella misurazione del tempo (*effetto Sagnac*).

Problema numero cinque: il tempo scorre più lentamente per tutti gli osservatori terrestri (rispetto ai futuri coloni lunari) a causa del moto rotatorio della Terra; la velocità tangenziale raggiunge i 1675 chilometri all'ora all'Equatore e diminuisce via via che ci si sposta verso i poli.

Problema numero sei: lo scorrere del tempo sui satelliti subisce continue variazioni perché le loro orbite, leggermente ellittiche, comportano accelerazioni e decelerazioni; inoltre, nel moto essi risentono delle irregolarità del campo gravitazionale terrestre dovute, per esempio, al rigonfiamento equatoriale del nostro pianeta.

In conclusione, sei diverse distorsioni temporali einsteiniane interferiscono con gli orologi dei ricevitori; metà di queste interferisce anche con gli orologi posti sui satelliti. Tutte queste distorsioni devono essere accuratamente e continuamente corrette. Qualunque incongruenza comprometterebbe totalmente la precisione del sistema.

Ricordatevi sempre che non stiamo parlando della distorsione di un'entità reale chiamata tempo. Stiamo solo evidenziando come gli eventi possano svolgersi con passo più tranquillo o più affrettato di prima *rispetto ad altri*. Questo resta un punto centrale: un falco sbatte piano le ali, un colibrì furiosamente. Certo, potremmo includere le nostre idee di tempo nella discussione, ma non è necessario. L'evento è una cosa, il modo in cui lo classifichiamo o misuriamo è un'altra.

Per chi dovesse pensare che queste «distorsioni temporali» siano solo un gioco mentale, pura teoria, il fatto è questo: la dilatazione temporale einsteiniana è anche causa di morte. Quando i raggi cosmici (particelle ad alta energia che colpiscono la nostra atmosfera) collidono con le molecole

nello strato superiore dell'atmosfera, fanno a pezzi gli atomi, come un pallino che colpisca un set di palle da biliardo. La pioggia di particelle subatomiche che ne deriva ne include alcune che possono essere letali per gli esseri umani se colpiscono il frammento sbagliato di materiale genetico. Questi *muoni* attraversano costantemente il nostro corpo, causando alcune forme di cancro naturale che da sempre affliggono la nostra specie. Ogni secondo ciascuno di noi è attraversato da oltre 200 muoni, ancor di più ad altitudini elevate, come nella pericolosa Denver. Il punto è questo: i muoni, di massa intermedia tra protoni ed elettroni, esistono per soli due microsecondi prima di decadere in sottoprodotti innocui. Pochi microsecondi non sono abbastanza per percorrere tutto il tragitto fino alla superficie terrestre e alle nostre cellule, anche viaggiando a una frazione cospicua della velocità della luce.

Una volta prodotti a 56 chilometri dalla superficie, i muoni dovrebbero decadere così in fretta da non riuscire a raggiungerci. Non dovrebbero mai arrivare qui, né causarci alcun problema; però lo fanno. I nostri microsecondi corrispondono a un intervallo temporale ben più lungo per i muoni, quanto basta per continuare a vivere. Il loro tempo è rallentato per via della velocità elevata. Per noi osservatori, la vita dei muoni è stata prolungata – e magari la nostra abbreviata. Tuttavia, dal punto di vista delle particelle stesse, il tempo fluisce normalmente.

Vi sono luoghi nel cosmo dove passa un milione di anni di eventi, mentre qui sulla Terra, simultaneamente, scorre l'equivalente di un solo istante di attività. Tuttavia, la rispettiva percezione del tempo è normale.

Pertanto, osservatori posti in luoghi diversi sperimentano sequenze non sincronizzate. Se la durata degli eventi dipende da fattori come la gravità locale e la velocità che si possiede, come può esistere un bene stabile chiamato tempo?

Quando affrontano il problema, i fisici cercano di capire se nelle loro equazioni il tempo, sempre che esista, sia cruciale, o se quello che si chiama tempo non sia altro che il *cambiamento*, a lungo rappresentato con la lettera greca delta maiuscola (Δ). Nel fare questo, scoprono che i principi di Newton, le equazioni di Einstein in tutte le sue teorie e perfino le equazioni della teoria quantistica sviluppata in seguito sono tutte simmetriche rispetto

al tempo. Quest'ultimo, semplicemente, non vi gioca alcun ruolo. Non c'è nessun avanzamento del tempo. Per questo molti studiosi di scienze fisiche hanno dichiarato che il tempo non esiste.

Come scrisse Craig Callender nel 2010, in un articolo pubblicato da *Scientific American*:

Il momento attuale sembra speciale. È reale. Per quanto ricordate il passato o anticipate il futuro, vivete nel presente. Certo, il momento in cui avete letto la frase precedente adesso non è più in corso. Lo è questo, invece. In altre parole, si ha l'impressione che il tempo fluisca, nel senso che il presente si aggiorna di continuo. Abbiamo una profonda intuizione del fatto che il futuro sia aperto fino a quando non diventa presente, e che il passato sia fisso. Con il fluire del tempo questa struttura di passato fisso, presente immediato e futuro aperto viene trasportata nel tempo. Questa struttura è parte integrante del nostro linguaggio, pensiero e comportamento. E da questa struttura dipende il modo in cui viviamo la nostra vita.

Questo modo di pensare è naturale, ma in realtà non ha un fondamento scientifico. Le equazioni della fisica non ci dicono quali eventi si stanno verificando proprio adesso: sono come una mappa senza l'indicazione «voi siete qui». In queste equazioni non esiste il momento attuale, e quindi nemmeno il fluire del tempo. Inoltre, la teoria della relatività di Einstein suggerisce che non solo non c'è un singolo presente speciale, ma anche che tutti i momenti sono ugualmente reali.

In genere i filosofi si sono dimostrati concordi. Dopotutto, il passato è solo una memoria selettiva: i *vostr*i ricordi di un evento sono diversi dai miei. In entrambi i casi, i ricordi sono solo segnali elaborati dalle cellule nervose, neuroni che trasmettono impulsi elettrici nel momento presente. Se il passato è un'idea che può manifestarsi solo nel presente e lo stesso si può dire del futuro, sembra che non ci sia nulla tranne l'ora. Sempre. Esistono davvero, quindi, un passato e un futuro? O solo un *continuum* di momenti presenti?

Non è un dibattito nuovo. Come abbiamo visto, molti pensatori della Grecia classica credevano che l'universo fosse eterno, senza origini di sorta. Un passato infinito, senza un inizio, faceva sembrare il tempo privo di significato. In fin dei conti, l'eternità è sostanzialmente diversa da un «tempo senza fine». Già nel quinto secolo prima di Cristo, Antifonte il sofista, nella sua opera *La verità*, scriveva: «Il tempo non è una realtà, ma un concetto o una misura».

Parmenide, nella città di Elea, assecondò questa tesi nel suo poema *Sulla natura*, in una sezione intitolata «La via della verità», nella quale affermava

che la realtà, che egli chiamava «l'essere», è una e che l'esistenza è atemporale. Chiamò il tempo un'illusione.

Poco dopo, sempre nel quinto secolo prima di Cristo, nella stessa città di Elea in Magna Grecia, il famoso Zenone diede vita ai suoi paradossi che, nel capitolo seguente, ci forniranno cruciali indicazioni per distinguere il regno concettuale delle idee e della matematica dal mondo fisico reale. (Con l'occasione, risolveremo quel vecchio, assillante paradosso della tartaruga in gara con la lepre, archiviato nel cervello da anni, nella sezione «sofferenze mentali varie».) Zenone ci aiuterà anche a capire che né il tempo né lo spazio sono entità fisiche reali.

In netto contrasto con le spensierate riflessioni dei greci sull'eternità, i teologi e i filosofi del Medioevo tendevano a considerare soltanto Dio come infinito. Per loro, la Sua creazione, l'universo, doveva per forza avere un passato finito, un dato istante di nascita e una presunta scadenza. In base a questo ragionamento, il tempo è parte del cosmo e quindi è esso stesso finito.

Ma basta filosofare. Benché queste discussioni proseguano tutt'oggi, le abbiamo esposte solo per chiarire come la realtà del tempo, che in genere si dà per scontata, sia ancora seriamente messa in discussione da gente con troppo tempo libero che pensa a queste cose. Non solo: è messa in discussione anche dalle tendenze dominanti nella scienza. Ed è soltanto alla scienza che continueremo a far riferimento via via che cercheremo una risoluzione definitiva per il problema del tempo, la chiave di lettura principale per comprendere l'esistenza, la morte e il nostro vero rapporto con il cosmo.

Dobbiamo spostarci all'unico ambito scientifico nel quale la direzionalità del tempo è ritenuta indispensabile: la termodinamica, la cui seconda legge implica un processo chiamato *entropia*. Questa inclinazione naturale a passare dall'ordine al disordine ha bisogno di una «freccia», o verso del tempo. Se questa freccia esiste, allora il tempo, dopotutto, è reale e ticchettando, sconcertante a dirsi, consumerà i minuti di vita che vi rimangono.

È meglio sbrigarsi e andare fino in fondo. Faremo appello a persone reali che hanno dato il loro contributo a chiarire le cose. Questa odissea ci

porterà da Parmenide e Zenone, il cui mondo era molto diverso dal nostro, fino all'Europa del diciannovesimo secolo e a un nome noto a ogni studente di fisica, quello del brillante, affascinante, ma in definitiva tragico Ludwig Boltzmann.

4. Zenone e Boltzmann

La vita [...] presuppone un suo proprio cambiamento e movimento, e se una persona cercasse di arrestarlo, sarebbe a suo rischio e pericolo.

LAURENS VAN DER POST, *Venture to the Interior*, 1951

Probabilmente dovremmo cominciare da Parmenide, nato nel 515 a.C. circa nella città di Elea, in Magna Grecia. Egli è noto per aver fondato la scuola eleatica, divenuta presto una delle principali scuole presocratiche del pensiero greco. Sebbene siano giunti fino a noi solo brevi frammenti della sua lunga opera principale, *Sulla natura*, suddivisa in tre parti, non c'è alcun bisogno di complicare quella che è essenzialmente una visione del mondo molto semplice e in grande accordo, 2500 anni dopo, con il biocentrismo.

Le idee di Parmenide furono appoggiate e difese da Zenone, nato nella stessa zona venticinque anni dopo. Entrambi sostenevano strenuamente che la molteplicità apparente degli oggetti che vediamo intorno a noi, così come le loro mutevoli forme e i loro moti, non fossero che la sembianza di una singola realtà eterna che chiamavano «Essere». Questo, a dire il vero, era in grande sintonia con quanto scritto nei testi sanscriti mille anni prima, benché Parmenide e Zenone, a quanto pare, vi fossero arrivati in modo indipendente.

Il pensiero di Parmenide si può riassumere, in poche parole, in «tutto è uno». Potrebbe sembrare una filosofia priva di fondamento, ma è carica di intuizioni empiriche che toccano l'esperienza quotidiana, oggi come allora. Un ruscello gorgogliante, per esempio, sarebbe stato interpretato dai seguaci della scuola eleatica come una manifestazione dell'illimitata energia dell'*Essere* o esistenza, mentre, secondo la scuola antagonista

(quasi universalmente abbracciata al giorno d'oggi), si tratta di una molteplicità di oggetti separati e quasi indipendenti – le molecole d'acqua e i ciottoli sul letto del ruscello – che manifestano azioni di derivazione causale in una matrice a base spaziale e temporale, entro la quale questi oggetti disparati vanno e vengono individualmente. Benché l'opposizione di tali vedute – da un lato la causalità molteplice, dall'altro la «singola essenza animata» – possa sembrare a prima vista una distinzione filosofica senza importanza, ciascuna di esse, a sua volta, porta a conclusioni molto diverse rispetto a ciò che si verifica davvero e al tipo di realtà di cui facciamo parte. È un argomento che ti cambia la vita.

Forse è per questo che Parmenide e Zenone, abbracciando quasi ossessivamente il loro concetto così essenziale dell'Essere, sentirono un'esigenza impellente, alla Paul Revere, di diffondere il verbo. Nel fare questo, affermavano con decisione che la loro prospettiva non richiedeva né fede né riconoscimento intuitivo, ma si poteva dimostrare con la logica. A sostegno dell'idea che tutte le asserzioni di cambiamento o di non-Essere siano illogiche, Zenone, in particolare, formulò una serie di paradossi pensati per confutare tutte le argomentazioni basate sul tempo o sul movimento; egli sosteneva che questi paradossi avrebbero riportato inesorabilmente alla semplicità dell'Unica energia. Ancora oggi i paradossi di Zenone vengono insegnati, dibattuti e, in generale, ritenuti validi.

Non solo: Aristotele riconobbe a Zenone, con ammirazione, la paternità della *dialettica*, termine che più avanti diventò sinonimo di logica formale. In un certo senso fu paradossale, poiché l'unico obiettivo di Zenone era sostenere e caldeggiare la dottrina parmenidea dell'esistenza della realtà indivisibile, «l'unica» realtà, l'opinione meno astrusa che sia umanamente sostenibile. Così, esaminando i paradossi di Zenone dobbiamo sempre ricordarci che il loro obiettivo non era fare sfoggio di ingegno o negare all'improvviso il suo supporto alle macchinazioni del pensiero logico, bensì contraddire e confutare la credenza diffusa nell'esistenza dei «molti», intesi come singoli oggetti con qualità dipendenti dal tempo e moti separati.

Zenone formulò diversi paradossi a sostegno della sua ipotesi, ma elencheremo soltanto i tre più noti. Probabilmente tutti conoscono la storia di Achille e della tartaruga, nota anche con altri nomi. Ha inizio con la

tartaruga, più lenta, cui viene concesso un po' di vantaggio; poi Achille tenta di raggiungerla e di sorpassarla in corsa. Supponiamo che la tartaruga vada a una velocità che è la metà di quella di Achille. Bene, quando Achille raggiunge il punto in cui la tartaruga si trovava all'inizio, la tartaruga è già avanzata di metà di tale distanza. Quando Achille raggiunge questa nuova posizione, la tartaruga ha avuto il tempo di avanzare lentamente verso un'altra posizione, a una distanza che è la metà di quella percorsa in precedenza, dove si trova adesso Achille. E quando Achille raggiunge questa nuova posizione, inevitabilmente l'animale è riuscito ad avanzare di un'altra metà di *quella* distanza. Le metà continuano a dimezzarsi ulteriormente, ma Achille non riuscirà mai a raggiungere la tartaruga.

Un problema simile si incontra in un secondo paradosso: se Omero vuole raggiungere un uomo che vende l'uva da un carretto, deve avanzare prima di metà della distanza che separa l'ingresso della sua abitazione dal venditore di frutta. Quindi deve arrivare a un punto che si trovi a metà della distanza rimanente. Poi alla metà di quest'ultima. È evidente che dovrà sempre raggiungere, prima, la metà della distanza rimanente; si tratta di un compito illimitato, privo di conclusione. Omero non riuscirà mai a comprare l'uva.

Un terzo paradosso riguarda invece una freccia in volo. Ovviamente, in ogni dato istante temporale, la freccia deve trovarsi *da qualche parte* e da nessun'altra. Non è più dove era prima, e non è ancora nel prossimo, possibile punto del suo volo. In altre parole, istante per istante non vi è alcun moto, perché la freccia si trova esclusivamente in una data posizione e quindi in quiete. Se tutto è fermo in ogni istante, e il tempo è interamente composto da istanti, allora il moto è impossibile.

In ogni momento, siamo di fronte a uno dei paradossi di Zenone di Elea, filosofo greco vissuto 2500 anni fa, e per la precisione siamo nella situazione del suo terzo paradosso, noto come quello «della freccia». Partendo dall'assunto logico secondo cui nulla può trovarsi in due posti contemporaneamente, Zenone spiegò che durante il suo volo una freccia si trova in ogni istante solo in una specifica posizione alla volta. Ma se si trova in una sola posizione significa che in quel momento è ferma. La freccia, quindi, in ogni tratto della sua traiettoria, deve trovarsi da qualche



parte, in una posizione specifica. A rigor di logica, dunque, ciò che si verifica non è il movimento di per sé. Si tratta, piuttosto, di una sequenza di eventi distinti. Già questa è una prima indicazione del fatto che lo scorrere in avanti del tempo – di cui il movimento della freccia è espressione – non è un aspetto del mondo esterno, ma una proiezione di qualcosa che abbiamo dentro, del modo in cui colleghiamo gli eventi che osserviamo. Seguendo questo ragionamento, il tempo smette di essere una realtà assoluta e ci si rivela invece come espressione delle nostre menti.

Nelle nostre vite piene di impegni potremmo tendere a minimizzare queste argomentazioni logiche come semplici rompicapo e liberarcene scacciandole come le mosche. Ma le menti più brillanti, nel corso dei secoli, sono state tormentate dai paradossi di Zenone. Benché siano state trionfalmente annunciate delle «soluzioni», è opinione comune che essi siano tuttora validi. I paradossi, in realtà, si possono risolvere attraverso il biocentrismo. Il tempo e lo spazio, secondo il biocentrismo, non sono dei beni reali, come le noci di cocco, e dunque non li si può dividere in due più e più volte generando questi rompicapo. Oppure si potrebbe riconoscere che il mondo fisico non coincide con la matematica astratta e nemmeno con la semplice logica che potremmo utilizzare per descriverlo. La logica ha bisogno del ragionamento simbolico, nel quale gli oggetti e i concetti sono rappresentati da idee, mentre il mondo reale non deve sottostare a tali regole semantiche. Seguendo questo ragionamento, i paradossi di Zenone insorgono perché siamo passati dal fisico all'astratto. Siamo così immersi nella nostra mente pensante da aver dimenticato come riconoscere la differenza. Nel mondo astratto, questi interminabili dimezzamenti costituiscono un blocco che impedisce a Omero di arrivare ad acquistare l'uva. Ma nella realtà effettiva e non simbolica della natura, basta che egli attraversi la strada e porga una dracma al venditore.

Per noi, tuttavia, è sufficiente dimostrare che lo spazio e il tempo – quel reticolo apparentemente basilare che per molti di noi costituisce una reale intelaiatura del cosmo – sono costruzioni mentali effimere, la cui esistenza logica può essere messa in discussione da gente come Zenone. Se lui ha

ragione e il moto non può esistere davvero, di che cos'è che facciamo esperienza quando osserviamo una palla da baseball che manca di un soffio il palo del *foul*? Che cosa si verifica davvero? Prima di arrivare a questo, ci resta un ultimo passo da compiere per completare l'opera di retrocessione del tempo: verificare se esiste un'area della scienza che ne supporti l'esistenza.

Questo ci porta al fisico e filosofo austriaco Ludwig Boltzmann, nato nel 1844. Egli intraprese lo studio della fisica presso l'Università di Vienna a diciannove anni, dopo la morte del padre. Conseguì il dottorato di ricerca a ventidue anni, quindi divenne professore universitario. Erano tempi esaltanti per la fisica. Boltzmann, in particolare, era interessato a sviluppare un approccio statistico allo studio del moto e della natura atomica; questo lo portò a determinare con accuratezza alcune proprietà della materia, per esempio la viscosità (in pratica, una misura di quanto un fluido è appiccicoso).

Boltzmann dovette combattere tutta la vita con le feroci oscillazioni del suo umore, che scorreva, come gli amati fluidi, in modo estremamente incostante. Oggi probabilmente gli verrebbe diagnosticato il disturbo bipolare. Questa situazione spesso complicava i suoi rapporti con i colleghi, ma non gli impedì di compiere fondamentali passi avanti nella spiegazione del comportamento della materia. Egli in qualche modo anticipò, nel fare questo, la meccanica quantistica che sarebbe stata sviluppata diversi decenni più avanti, la quale si basa a sua volta sulla statistica per comprendere il funzionamento del mondo fisico. Prima di soccombere definitivamente alla depressione, impiccandosi all'età di sessantadue anni, Boltzmann elaborò tre leggi della termodinamica, la seconda delle quali, comunemente associata all'idea di entropia, rimane la più famosa.

L'entropia trova spazio nel nostro ragionamento perché è l'unico ambito della fisica che sembra andare a sostegno dell'esistenza del tempo. In tutti gli altri, che siano le equazioni della relatività generale, le leggi di Keplero sul moto dei pianeti o la meccanica quantistica, tutto è simmetrico rispetto a un'inversione temporale: succedono cose, ma senza che vi sia una freccia o direzionalità esterna che renda il tempo un'entità reale.

Boltzmann creò un modello per gli atomi di un gas che ricorda un insieme di palle da biliardo in collisione l'una con l'altra. Egli mostrò che, se gli atomi sono tutti confinati in una scatola, ogni collisione determina una distribuzione della velocità e della direzione del moto che diventa via via sempre più disordinata. Alla fine, anche se la condizione iniziale era molto ordinata (per esempio, un lato della scatola conteneva atomi a temperatura elevata, in moto veloce, mentre l'altro atomi a bassa temperatura, più lenti), questa struttura è destinata a svanire. Tale stato ultimo di uniformità su vasta scala, o totale mancanza di ordine anche a livello microscopico, è chiamato *entropia*. Purché trascorra un tempo sufficiente, la condizione finale, ossia uno stato di massima entropia, è pertanto inevitabile.

Si noti che la parola «tempo» è centrale nella descrizione del processo: ed ecco il punto. Il passaggio dalla struttura al disordine, o l'entropia crescente, è un processo unidirezionale. L'uniformità finale, e l'annientamento di tutte le differenze di temperatura, sembra chiamare in causa il tempo perché non è reversibile. È un'esperienza comune: il cassetto dei calzini non si riordina mai magicamente da solo, con la frequenza dei calzini appaiati che aumenta a prescindere da quanto vi rovistiamo dentro. Il disordine si manifesta naturalmente e se questa è davvero una prova fisica o matematica di un «verso» o di una «freccia del tempo», allora il tempo è reale.

In fisica si prendono molto sul serio le frecce del tempo. Una volta Stephen Hawking disse che se l'universo dovesse mai smettere di espandersi e iniziare a collassare, la freccia del tempo punterebbe nel verso opposto e i processi fisici si invertirebbero a tutti i livelli. Probabilmente non ci accorgeremmo di nulla, poiché i nostri stessi processi mentali e le funzioni cerebrali andrebbero anch'essi a ritroso. Ad ogni modo, Hawking alla fine decise che il ribaltamento temporale non poteva esserci e cambiò idea, quasi a riprova del processo stesso.

Non ci sono altre prove forti a sostegno del tempo, se escludiamo la seconda legge della termodinamica di Boltzmann. Ma l'entropia non è una cosa da poco: è piuttosto indiscutibile. Esiste una via d'uscita che non ci faccia sembrare degli ingenui supplici, mentre costruiamo la nostra cattedrale anti-tempo?

Fortunatamente esiste. Benché molti adoperino l'entropia con noncuranza come argomento a sostegno del tempo, lo stesso Boltzmann non la pensava così. L'entropia, diceva, deriva dal fatto che viviamo in un mondo di particelle che collidono meccanicamente, dove gli stati disordinati *sono i più probabili*. Dal momento che gli stati disordinati possibili sono molti di più rispetto a quelli ordinati, lo stato di massimo disordine è semplicemente il più probabile a manifestarsi. In altre parole, l'entropia è solo una questione di cose che collidono con altre nel qui e ora. Non esiste alcuna freccia. La randomizzazione è un processo del momento presente. Certo, noi umani possiamo sempre osservare una scena dinamica, discostare lo sguardo per un attimo, quindi tornare a osservare, e le cose saranno cambiate. Ma scene diverse, il cambiamento in sé e la randomizzazione non coincidono con il tempo.

Boltzmann affermò sostanzialmente che uno stato di ordine nel quale le molecole si muovono tutte con la stessa velocità e nello stesso verso è il caso più improbabile che si possa immaginare. In altre parole, la seconda legge della termodinamica è solo una questione statistica. Ogni progressivo degrado dell'energia equivale all'atto di mescolare un mazzo di carte. Quello che chiamavamo «ordine», quando il mazzo appena acquistato era ancora intonso, con le carte di ogni seme disposte in ordine crescente, era un caso particolare. L'atto della randomizzazione non richiede alcuna magica ed evanescente entità esterna.

Ma allora, se il tempo in realtà non esiste, che cosa sperimentiamo nella quotidianità? Dobbiamo saperlo prima di affrontare la spaventosa conseguenza ultima del tempo, la conclusione apparente della vita. Ma, ed è ancora più importante, dobbiamo sapere chi prova che cosa, dove avvengono queste avventure e come si svolgono le nostre vite.

5. I fisici quantistici distruggono il tavolo da biliardo

«Viceversa» continuò Pizzichino, «se fosse così, potrebbe esserlo; e se era così, lo sarebbe stato; ma se non è così, non lo è. È logico.»

LEWIS CARROLL,
Attraverso lo specchio, e quel che Alice vi trovò, 1871

La maggior parte delle persone ritiene che vi sia un universo fisico indipendente, «là fuori», che non ha nulla a che vedere con la consapevolezza che ne abbiamo. Questa verità apparente è perdurata senza grandi opposizioni fino alla nascita della meccanica quantistica. Soltanto allora emerse una voce scientifica credibile, in grado di incontrare il favore di chi sosteneva che l'universo non sembrava esistere senza che qualcuno lo potesse percepire.

Fino ad allora, l'intera faccenda veniva reputata oscura e più attinente alla filosofia che alla scienza. Tuttavia, il rapporto tra il mondo fisico e la coscienza, così impregnato dell'arbitrarietà delle norme culturali, ha in realtà tormentato e affascinato la scienza per secoli.

A prima vista, la coscienza (o percezione) sembra completamente diversa dagli atomi, dalle forze e dalle trame causa-effetto del cosmo. Se oggi si tentasse di unificare l'una agli altri, il primo impulso sarebbe quello di riconoscere la supremazia dell'universo materiale, per poi provare a capire come ne sia potuta emergere la coscienza. Per esempio: il cervello è composto di atomi, composti a loro volta di particelle subatomiche – tutte entità note – e opera per mezzo di un processo elettrochimico la cui natura non è più un mistero. Se la consapevolezza non è che un derivato percepito soggettivamente di tutto questo, allora potrebbe essere davvero accessoria e marginale per il modello automatico di realtà adottato nel mondo moderno, nel qual caso avreste buttato i vostri soldi comprando questo libro. La

scienza avrebbe liquidato la faccenda proprio adottando quel modello, non fosse stato per una piccola, fastidiosa questione emersa poco più di un secolo fa: la meccanica quantistica.

In pratica – e torniamo a più di duemila anni fa, all'epoca di Aristotele – la possibilità che la coscienza appartenesse a una sfera separata dal mondo fisico è un'idea antica. Non era balzana. Pensarla in quel modo consentiva a chi avesse voluto esplorare questioni come il libero arbitrio, la moralità, la spiritualità e (più avanti) la psicologia, di avere un ambito di studio proprio, mentre chi si occupava dei come e dei perché del cosmo fisico ne aveva un altro. I due gruppi non erano costretti a complicarsi la vita vicendevolmente.

Se c'era un unico punto in comune tra i due domini – la coscienza da un lato e il mondo fisico dall'altro – era la certezza comune che gli dèi (o l'unico Dio) li avessero creati entrambi. Per questa ragione, sia i trattati sul comportamento individuale sia le scoperte dei «filosofi naturali» come Newton, che mise in luce con successo la logica e coerenza di tutti i moti fisici, citavano abitualmente il Creatore. La consuetudine venne meno soltanto nel secolo scorso. Al giorno d'oggi, probabilmente, né il vostro terapeuta né il vostro professore di fisica menzioneranno la divinità.

Ancora nel diciassettesimo secolo Cartesio dichiarava che due regni totalmente diversi dimoravano nel cosmo: mente e materia. Aveva i suoi buoni motivi. Infatti, affinché le due entità interagiscano, deve esserci uno scambio di energia. E nessuno aveva mai visto l'energia di un oggetto ridursi o aumentare solo perché lo si osservava. Ovviamente, se la mente non influenza la materia, deve essere vero anche il contrario. E se l'energia totale dell'universo non cambia mai (il che è vero), sembra che non vi sia spazio per una o più coscienze separate dotate di energia, e questo comporta che la coscienza nemmeno esista.

Però esiste, come dimostrò Cartesio con la sua massima più celebre. Dunque, sostanzialmente, da quel momento in poi gli scienziati smisero di occuparsene. Quand'anche, occasionalmente, si palesarono incerti tentativi di unificare il tutto, si basavano sempre sulla supremazia del mondo materiale, casuale e inerte, che si presumeva avesse dato origine, in qualche modo, alla consapevolezza. (A volte si parlava di monismo fisico.) Nessuno

tentava di compiere il percorso inverso, provando a sostenere che fosse l'universo materiale a scaturire dalla coscienza. E non gli si poteva dar torto. La coscienza era ed è tuttora percepita come un'entità quasi spettrale: come avrebbe potuto la mera percezione muovere una roccia, o addirittura creare un pianeta?

Così, fra i pensatori non vi furono dubbi. La decisione della scienza moderna fu, ed è tuttora, quella di attenersi al dualismo cartesiano di mente e materia. Per secoli sono state ritenute intrinsecamente disgiunte, oppure, secondo una visione via via più diffusa, si è pensato che la coscienza emergesse da un meccanismo ancora ignoto all'interno dei corpi materiali, come la struttura o la chimica del cervello.

La ragione per asserire la dualità tra mente e materia era sia nobile sia logica. Aristotele, che voleva disperatamente capire come funzionassero le cose e desiderava scoprire le regole fisiche del cosmo, pensava che rimuovere le opinioni inclini all'errore dei singoli osservatori potesse soltanto migliorare le cose. In breve, egli aspirava all'*oggettività*. Questo implica sostanzialmente che tutto ciò che esiste al mondo sia separato e indipendente dalle nostre menti. Anche Isaac Newton amava molto questa idea e, intorno alla metà del diciassettesimo secolo, i suoi tre principi della dinamica contribuirono a consolidare quella che ora chiamiamo fisica classica.

In Francia, più o meno nello stesso periodo, Cartesio concordava pienamente con questa ipotesi del *realismo materiale*, o *determinismo causale*. (Questi termini stravaganti si riferiscono semplicemente al modello standard dell'universo definito dalla fisica newtoniana, in base al quale tutti gli oggetti hanno una massa e si condizionano l'un l'altro. Senza lo «strappo» di questa miriade di oggetti in movimento, tutto il resto rimarrebbe in quiete, oppure continuerebbe a viaggiare indisturbato, e non osserveremmo alcun cambiamento.) Memore dello straziante travaglio di gente come Galileo, solo qualche decennio prima, Cartesio pensò che il presupposto del realismo materiale avrebbe consentito alla scienza di procedere nella massima sicurezza e con la minima interferenza della Chiesa. Che la Chiesa si tenesse pure l'altro regno – di mente, coscienza,

spirito individuale, moralità, regole sociali, rituali religiosi e via dicendo – per disciplinare il comportamento personale.

Funzionò. Scienza e Chiesa, così, avevano ciascuna il proprio feudo. La visione newtoniano-cartesiana considerava essenzialmente il cosmo come una macchina gigante. All’inizio gli scienziati riconoscevano, almeno a parole, la divinità; in sostanza, però, vedevano l’universo come una gigantesca partita a biliardo tridimensionale, regolata da automatismi. Conoscendo la massa e la velocità degli oggetti se ne potevano prevedere perfettamente le posizioni e il comportamento futuri o si poteva perfino estrapolare all’indietro per risalire alle posizioni che occupavano in precedenza.

Analogamente, nel secolo successivo, il matematico francese Pierre-Simon Laplace ipotizzò che se qualcuno avesse avuto intelligenza e informazioni sufficienti, avrebbe potuto sapere tutto dell’universo solo osservando le posizioni e le traiettorie attuali di tutti gli oggetti. Tutto era determinato dalle condizioni antecedenti. Non restava alcun mistero, fatta eccezione, forse, per la piccola questione delle origini ultime. Non era necessario neanche Dio; in effetti, Laplace omise ogni menzione della divinità nei suoi scritti sulla meccanica celeste.*

Questa era la visione del mondo verso la fine del diciannovesimo secolo e al principio del ventesimo. Ognuna delle due parti si atteneva sostanzialmente ai confini pattuiti. La scienza non interferiva con la religione e ignorava pure la coscienza. E per la religione, la scienza andava bene; dopotutto, sapeva spiegare il moto delle cose e non si allargava per tentare di spiegare come o perché il cosmo era venuto in essere.

Via via che il mondo occidentale guadagnava in tenore di vita e, contemporaneamente, diveniva meno religioso, il modello scientifico deterministico divenne il nuovo vangelo. Spesso lo si chiamava *realismo scientifico*, e come contestare una simile etichetta? Dovevi essere pazzo per essere anti-scienza o anti-realismo.

In sintesi, l’universo era ampiamente ritenuto oggettivo (esistente a prescindere dall’osservatore), composto di materia (che comprendeva energia e campi), governato dal determinismo causale e limitato dalla località. La coscienza (o l’osservatore), quando presa in considerazione, era

ritenuta semplicemente parte del cosmo fisico e materiale, essendo in qualche modo scaturita dal cosmo stesso. Il fatto che non si riuscisse a spiegarne le origini o la vera natura sembrava non turbare nessuno. Si pensava che un po' di misteri irrisolti fossero perfettamente compatibili con l'universo materiale.

E saremmo ancora là, se non fosse per la meccanica quantistica.

Il nuovo ramo della fisica ebbe un inizio piuttosto tranquillo. Fino agli ultimi anni del diciannovesimo secolo c'erano ben poche cose che la fisica classica non riuscisse a spiegare; gli enigmi, tuttavia, iniziavano a moltiplicarsi. In parte erano semplici stranezze. Per esempio, si riteneva che il Sole fosse un fuoco fiammeggiante, come un falò. (Il processo attraverso il quale il Sole produce energia, ovvero la fusione nucleare, fu spiegato da Arthur Eddington solo nel 1920.) Avvicinandosi troppo al fuoco con la mano, magari per arrostitire un hot dog o un marshmallow, la pelle può scaldarsi così tanto da farci balzare indietro dal dolore; un dolore più intenso di quello che si può provare esponendosi ai raggi solari, persino a quelli del mezzodì. E tuttavia, malgrado l'intenso calore, un falò non ci fa mai abbronzare, né provoca le classiche scottature da esposizione al Sole. Perché? Non c'era spiegazione alcuna.

I raggi ultravioletti (UV) erano noti dal 1801, quando Johann Ritter li aveva scoperti; si sapeva inoltre che erano questi fotoni (o pacchetti di luce) UV, in arrivo dal Sole, a produrre abbronzature e scottature. Ma perché un falò non li produce? Secondo la fisica classica, i raggi UV c'erano anche nei falò, ed esponendosi abbastanza a lungo a un fuoco da campeggio ci si sarebbe abbronzati. Ma non è mai successo.

La risposta chiamò in causa gli elettroni, scoperti nel 1897. Inizialmente si pensava che orbitassero intorno al nucleo di un atomo come pianeti intorno a un Sole. Ma il punto è questo: nel 1900 Max Planck ipotizzò che gli elettroni potessero assorbire energia da un ambiente estremamente caldo, e quindi re-irradiarla in forma di pacchetti di luce, che avrebbero dovuto includere una componente ultravioletta. Ma se gli elettroni – a differenza dei pianeti, che possono orbitare intorno al Sole a qualunque distanza – avessero orbitato intorno al proprio atomo a distanze specifiche e discrete, allora avrebbero potuto assorbire o emettere soltanto specifiche quantità di

energia, chiamate *quanti*, perché serve una precisa quantità, o *quanto* di energia, per spostare un elettrone di una specifica distanza. Se l'ambiente non fosse stato abbastanza energetico, però, gli elettroni avrebbero potuto compiere solo i salti più semplici, come quelli alla periferia esterna dell'atomo. Non sarebbero mai riusciti a compiere un salto vigoroso dall'orbita più interna a una più esterna, necessario per produrre un fotone UV quando l'elettrone ricade all'indietro.

L'idea di Planck, presto chiamata il *postulato di Planck*, era che l'energia elettromagnetica potesse essere emessa solo in specifici quanti. Non passò molto prima che Niels Bohr, il brillante fisico danese, confermasse che tutti gli atomi si comportano davvero in questo modo. Solo ricadendo da un'orbita più esterna (tra quelle ammesse) a una più prossima al nucleo gli atomi emettono pacchetti di luce, chiamati *fotoni*. Solo così si genera luce; se un atomo non viene stimolato, i suoi elettroni rimangono in orbite stabili e non produce alcuna luce.

Il salto energetico dalla seconda orbita permessa a quella più interna (o livello fondamentale), necessario per produrre un fotone UV, che provoca le scottature, richiede uno scarto energetico iniziale molto più intenso di quello che può produrre un falò. La teoria quantistica – l'idea che gli elettroni possano compiere solo specifiche mosse tra le orbite consentite, e quindi assorbire o emettere solo specifici quanti di energia – fu in grado di spiegare alcuni aspetti della natura sino ad allora rimasti misteriosi. E fin qui tutto bene. Ma altre stranezze erano in agguato. Secondo Bohr, un elettrone non può esistere in una posizione intermedia, al di fuori di una precisa orbita consentita; ogni volta che cambia posizione deve passare da un'orbita specifica a un'altra e non può mai trovarsi tra l'una e l'altra. Ecco cosa c'è di strano: quando un elettrone passa da un'orbita all'altra, non attraversa lo spazio che le separa!

Immaginate che cosa succederebbe se la Luna si comportasse in questo modo. Un tempo era molto più vicina alla Terra, e ancora oggi si allontana da noi al ritmo di quasi quattro centimetri all'anno. Sta spiraleggiando via, come un fuoco d'artificio incurvato. Inoltre, la fisica ammette che la Luna possa trovarsi a una qualsiasi distanza da noi. Ora, immaginate se la Luna non si scostasse per milioni di anni dalla sua distanza attuale, ma poi, in un

istante, svanisse improvvisamente, rimaterializzandosi in un altro posto ottantamila chilometri più in là. Immaginate anche che questo salto fosse fatto in tempo zero, senza attraversare lo spazio compreso tra le due distanze.

Ebbene, è quel che fanno gli elettroni. Come è ovvio, ciò comporta nuove, bizzarre implicazioni e a suo tempo innescò dei terremoti tali da sconvolgere per sempre la fisica classica. Perfino Planck si sforzò senza successo di comprendere il significato dei quanti di energia. «I miei vani tentativi di riconciliare in qualche modo il quanto elementare con la teoria classica continuarono per molti anni e mi costarono grandi sforzi» scrisse esasperato molti anni dopo. Alla fine, smise di cercare di dargli un senso logico, o anche di provare a convincere i suoi più caparbi oppositori. «Una nuova verità scientifica non trionfa perché i suoi oppositori si convincono e vedono la luce» egli disse con preveggenza, «quanto piuttosto perché alla fine muoiono, e nasce una nuova generazione a cui i nuovi concetti diventano familiari.»

Ma era difficile per chiunque acquisire troppa familiarità con la meccanica quantistica, perché continuavano a sopraggiungere nuove e strane rivelazioni. I fisici appresero che la luce e i frammenti di materia non sono solo particelle, ma anche onde, e che il comportamento che esibiscono dipende da chi sta interrogando – ovvero, il metodo di osservazione determina il modo in cui appaiono questi oggetti! La verità è ancora peggiore. Queste entità possono anche esistere in due o più posti contemporaneamente, in una sorta di indistinta modalità probabilistica. Potremmo affermare che gli elettroni che esibiscono un comportamento ondulatorio sono in realtà *pacchetti* d'onda, e che là dove il pacchetto è più denso è più probabile che il singolo elettrone si materializzi in forma di particella. L'elettrone, tuttavia, in seguito a osservazione, potrebbe anche materializzarsi in un luogo improbabile, ai margini quasi totalmente vuoti del pacchetto stesso. Con il passare del tempo, una serie di osservazioni mostrerà gli elettroni o i quanti di luce materializzarsi secondo le leggi della probabilità. Questo significa che l'elettrone (o il fotone) non gode di alcuna esistenza indipendente come vero oggetto in un luogo reale e con un moto reale. Esso esiste, invece, solo probabilisticamente. Il che equivale a dire

che non esiste affatto, finché non lo si osserva. E chi lo osserva? Noi, con la nostra coscienza.

Improvvisamente, la coscienza e il cosmo – separatisi dai tempi di Aristotele, e il cui divorzio, in apparenza, era stato consolidato dal credo cartesiano e newtoniano – potevano non essere entità così disgiunte, in fin dei conti.

Lentamente, nei primi decenni del ventesimo secolo la fisica classica e il concetto di località, suffragato dal buon senso, vennero intaccati. Dopotutto, un certo tipo di «moto» poteva avvenire senza che l'oggetto attraversasse alcuno spazio o impiegasse alcun tempo.

Anche l'oggettività perdeva pezzi, perché soltanto l'osservatore faceva materializzare quei minuscoli oggetti. Lo stesso dicasi per il determinismo causale, perché nulla di tangibile o visibile faceva assumere a queste entità una posizione piuttosto che un'altra. Quanto al «monismo fisico», secondo il quale la coscienza era un'emanazione casuale del cosmo materiale, guadagnava nuovo interesse e veniva riesaminato. Improvvisamente, sembrava che la coscienza potesse godere di grande importanza nella realtà complessiva dell'universo. In fin dei conti, si riteneva adesso che fosse la consapevolezza dell'osservatore a determinare quel che accade nel mondo fisico.

E tuttavia, negli anni venti del secolo scorso, malgrado la crescente consapevolezza di queste profonde stranezze, la vera bizzarria quantistica era solo all'inizio.

* Il modello della fisica classica si basava implicitamente su un ulteriore elemento, che Einstein in seguito chiamò *località*. Nulla si muove se non per azione di un oggetto o di una forza vicini. Einstein dimostrò, come è noto, che la velocità massima raggiungibile, quella della luce, pari a 299792,458 chilometri al secondo, impone un limite alla velocità con cui una cosa può influenzarne un'altra. Einstein spiegò che nessun oggetto dotato di massa (vale a dire, che pesi qualche cosa) può raggiungere la velocità luminale, poiché la sua massa aumenterebbe a dismisura; così, per esempio, anche una piuma in moto a una velocità prossima a quella della luce potrebbe oltrepassare, in massa, una galassia. E sarebbe impossibile accelerare ulteriormente una massa così grande, poiché non basterebbe tutta l'energia dell'universo. In effetti, alla velocità della luce un granello di senape «peserebbe» più dell'intero cosmo. (Questa variazione di «peso» che accompagna automaticamente la velocità faceva parte della teoria della relatività ristretta, formulata da Einstein nel 1905. Accade perché il moto coinvolge sempre dell'energia, ed energia e massa, sosteneva Einstein, sono due lati della stessa medaglia. Sono equivalenti, come sancisce la famosa equazione $E = mc^2$, dove E è

l'energia e m la massa dell'oggetto. Così, se si incrementa l'energia intrinseca di un oggetto aumentandone la velocità, si sta incrementando anche la sua massa equivalente.) Si veda il settimo capitolo per una discussione più ampia sulle implicazioni della località.

6. La fine del tempo

Fermatevi sfere del cielo che eternamente ruotate,
che il tempo finisca, e mezzanotte non venga mai!

CHRISTOPHER MARLOWE,
La tragica storia del Dottor Faust, 1604

Quando, crescendo, vediamo le persone amate invecchiare e morire, pensiamo che un'entità esterna chiamata *tempo* sia responsabile del crimine. Tuttavia, come abbiamo visto, molte correnti della scienza e della logica mettono in discussione l'esistenza del tempo così come lo conosciamo. È bene ripetere che, anche se osserviamo il cambiamento, quest'ultimo e il tempo non sono la stessa cosa.

Che cos'è, dunque, che sperimentiamo? Per osservare il cambiamento – per esempio, il moto da un punto a un altro – dovremmo esaminare il processo, ciò che davvero è in atto. Ora, misurare con precisione la posizione di un qualunque oggetto significa isolarne un «fermo immagine», come per un singolo fotogramma o screenshot di un film. Viceversa, quando ne osserviamo il movimento, non possiamo isolare un fotogramma, perché *il moto è la somma di molti fotogrammi*. L'accuratezza nella misura di un parametro produce indeterminatezza nella misura dell'altro.

Rendiamo omaggio a Zenone e immaginiamo un film della sua freccia in volo. Possiamo fermare il proiettore su un singolo fotogramma. La pausa ci permette di conoscere con estrema precisione la posizione della freccia – eccola, si libra a due metri e mezzo di altezza sul campo di gara – ma abbiamo perso ogni informazione sulla sua quantità di moto. La freccia non va da nessuna parte; la sua traiettoria è indeterminata.

La cosa interessante è che, a partire dagli anni venti del secolo scorso, numerosi esperimenti hanno confermato che tale incertezza non dipende

semplicemente da un'inadeguata tecnologia di misura: l'indeterminazione è intrinseca alla struttura della realtà. Questo aspetto fondante della natura fu espresso per la prima volta in forma matematica dal fisico tedesco Werner Heisenberg e oggi, naturalmente, è noto dovunque come *principio di indeterminazione* di Heisenberg.

La verità che esso racchiude iniziò a chiarirsi quando gli scienziati presero in esame gli oggetti come gli elettroni. Più era accurata la determinazione della loro velocità (quantità di moto), maggiore risultava l'incertezza riguardo a dove si trovassero in ogni dato istante (posizione). All'inizio tutti pensavano che prima o poi si sarebbe riusciti a determinare entrambe le grandezze con estrema precisione. In altre parole, le nostre incapacità dipendevano da una tecnologia immatura, e presto avremmo ottenuto risultati migliori. Ciò non accadde. Così, fu presto chiara una cosa sorprendente: un elettrone non *ha* una posizione esatta e un moto esatto; piuttosto, l'atto di osservare si traduce nella percezione di una o dell'altra caratteristica, oppure in una vaga sensazione di entrambe. Il principio di indeterminazione divenne un concetto fondamentale della fisica quantistica.

Potrebbe sembrare un po' sinistro, ma la stranezza svanisce completamente e il tutto acquista un senso in una prospettiva centrata sulla vita. Secondo il biocentrismo, il tempo è il senso interno che anima i fotogrammi fissi del mondo spaziale. Ricordate, non possiamo vedere attraverso il cranio; tutto ciò che sperimentiamo in questo istante, incluso il nostro corpo, è un vortice di informazioni nella nostra mente. Lo spazio e il tempo sono solo gli strumenti della mente per organizzare il tutto senza sforzo.

E dunque, che cosa è reale? Se l'immagine successiva è diversa dalla precedente, allora è diversa, punto. Possiamo attribuire al cambiamento la parola *tempo*, ma questo non significa che esista una matrice invisibile entro la quale avvengano i cambiamenti.

La vita si osserva ai margini del paradosso descritto da Zenone. Poiché un oggetto non si può trovare simultaneamente in due posti diversi, possiamo riassumere le conclusioni di Zenone notando che una freccia si trova in una data posizione (e in nessun'altra) in ogni istante del suo volo. Trovarsi in un posto, tuttavia, vuol dire essere in quiete, sebbene momentaneamente. La

freccia pertanto deve essere immobile in ogni istante discreto. Ciò che si verifica, quindi, non è il moto di per sé, almeno non se insistiamo a considerarlo un fenomeno basato sul tempo.

Okay, potrebbe essere disorientante negare il moto senza approfondire. Quello che stiamo affermando, in realtà, è che il moto non è una caratteristica del mondo spaziale esterno, ma piuttosto un'ideazione del pensiero. Prova ne è che l'osservatore influenza il moto nel mondo «esterno». Un esperimento pubblicato nel 1990, ribattezzato appunto l'«effetto Zenone quantistico», mostra – nelle parole del fisico Peter Coveney – che «l'atto del guardare un atomo gli impedisce di mutare la sua condizione» (nei capitoli che seguono vedremo come funzioni veramente nel mondo visibile). Poiché lo spazio e il tempo sono forme di intuizione animale, sono strumenti della mente e pertanto non esistono in quanto oggetti esterni indipendenti dalla vita. Quando sentiamo intensamente il trascorrere del tempo, come in occasione della morte dei nostri cari, si tratta della percezione umana del suo passaggio e della sua esistenza. I bambini si fanno adulti, noi invecchiamo. Questo, per noi, è il tempo; è in relazione a noi.

Dal 2000 nuovi esperimenti, che esploreremo nell'ottavo capitolo, ne danno conferma. Essi suggeriscono che il «passato» – la storia del cosmo, della Terra, o di qualunque altra cosa – non sia come una statua immobile, bensì si svolga nel momento presente e *solo all'atto dell'osservazione*.

In effetti, secondo la meccanica quantistica, nessuno dei 10^{80} oggetti subatomici che compongono l'universo osservabile ha esistenza reale o moto effettivo. Le uniche cose reali, insiste la teoria quantistica, sono gli eventi *osservati* che emergono dalle possibilità indistinte che sempre esistono.

Questo concetto è così importante che dobbiamo allacciare le cinture di sicurezza e capire veramente gli esperimenti che hanno cambiato per sempre il tempo e lo spazio.

Quanto segue è scienza, non speculazione. Convalida così inequivocabilmente la nuova visione del mondo da essere cruciale per chiarire come mai il biocentrismo non sia filosofia o speculazione, ma sia radicato nell'osservazione e nell'esperimento. La fisica che segue non è

difficile e abbiamo evitato le equazioni e gli aspetti più tecnici. Ciò malgrado, chi fosse davvero mal disposto nei confronti della scienza, o forse poco interessato a capire come la meccanica quantistica corrobori l'unità tra natura e osservatore, si senta libero di saltare avanti, al nono capitolo.

La teoria quantistica ebbe inizio, come abbiamo visto, quando ci si rese conto che nel regno del minuscolo – il quale, in ultima analisi, determina ciò che succede nella realtà macroscopica visibile – le particelle non si comportano come la logica vorrebbe. I sostenitori della teoria quantistica compresero abbastanza in fretta che, affinché avesse un'utilità e riuscisse a prevedere il comportamento delle particelle nell'universo fisico, essa poteva trattare solamente di probabilità. Così, i concetti di luoghi *probabili* di comparsa delle particelle o di *probabili* azioni che avrebbero intrapreso (invece delle posizioni e azioni definite) divennero la norma in fisica. Era utile e soddisfacente quando si trattava di comprendere la natura. Non destava particolare turbamento la consapevolezza che, a determinati livelli, il meglio che si poteva fare era conoscere la *probabilità* che le cose accadessero.

Gli aspetti veramente strani della teoria quantistica iniziarono a emergere con il celebre esperimento della doppia fenditura. A breve ci concentreremo su una nuova versione di questo esperimento. Ma prima, nel caso non abbiate letto il nostro libro precedente (o anche se lo avete fatto, ma volete cogliere l'opportunità per un veloce ripasso), esporremo i rudimenti di questa dimostrazione classica, compiuta per la prima volta oltre un secolo fa e ripetuta poi innumerevoli volte. Fu il primo esperimento a mostrare senza riserve che l'osservatore influenza intimamente ciò che viene percepito.

Tutto ebbe inizio quando gli scienziati stavano ancora tentando di capire la natura della luce. Isaac Newton aveva sostenuto che la luce fosse composta di corpuscoli, ma ben presto altri studiosi iniziarono a dubitarne. All'inizio del diciannovesimo secolo lo scienziato britannico Thomas Young fece passare un raggio di luce attraverso dei fori posti a distanze variabili e mostrò che questa disposizione produceva una strana serie di frange. Poiché tale figura era coerente con una serie alterna di interferenze

distruttive e costruttive, che solo le onde potevano produrre, ciò dimostrava la natura ondulatoria della luce. (I proiettili, o le particelle, non possono mai cancellarsi l'uno con l'altro, mentre l'incontro tra la cresta di un'onda e il ventre di un'altra fa sì che entrambe si cancellino, scomparendo del tutto.)

Da allora e per quasi un secolo i fisici dichiararono senza riserve che la luce consiste di onde. Nel 1887, tuttavia, si osservò un curioso fenomeno, presto noto come effetto fotoelettrico, la cui spiegazione del 1905 valse ad Einstein il premio Nobel; esso rivelò che, in condizioni diverse, la luce agisce come se fosse composta da una serie di proiettili discreti e privi di massa. La spiegazione fornita da Einstein per questa dicotomia onda-corpuscolo fu, in effetti, uno dei primi impulsi allo sviluppo della meccanica quantistica.

Il primo esperimento moderno della doppia fenditura fu compiuto nel 1909 dal fisico britannico Geoffrey Taylor. Si comincia puntando la luce verso uno schermo rivelatore. (Oggi per l'esperimento si possono impiegare particelle subatomiche «solide», come gli elettroni, oppure luce, ma a quei tempi era praticabile solo con quest'ultima.) Prima di colpire lo schermo, però, la luce deve attraversare una parete ostacolo nella quale sono stati praticati due fori, le fenditure destra e sinistra. Ogni quanto di luce avrà il 50 per cento di probabilità di attraversare la fenditura di destra e il 50 per cento di attraversare quella di sinistra.

Possiamo inviare un grosso fascio di luce o un solo fotone indivisibile per volta: il risultato non cambia. Dopo un po', l'insieme di questi fotoni-proiettile dovrebbe creare una precisa distribuzione della luce sullo schermo: poiché nella maggior parte dei casi la luce compie un percorso rettilineo dalla sorgente, la logica vorrebbe che si osservasse una concentrazione luminosa dietro a ciascuna delle due fenditure, come mostra la Figura 1:



Figura 1. I fotoni o gli elettroni attraversano le fenditure; in base alla logica, i «colpi» dovrebbero comporre una figura ben distinta dietro a ciascuna delle due aperture.

Ma non è così; si ottiene invece una strana figura, simile a quella illustrata nella Figura 2:



Figura 2. In realtà si materializza una figura di interferenza, indice della presenza di onde che interagiscono tra loro. Questa figura si riscontra sempre, anche facendo passare attraverso le fenditure un solo fotone o elettrone alla volta. Come è possibile? Con che cosa interferisce questo fotone o elettrone solitario?

Questo schema, guarda caso, è esattamente quello che ci aspetteremmo se la luce fosse fatta di onde, non di particelle. Le onde si scontrano e interferiscono le une con le altre, dando origine a increspature. Quando si lanciano insieme due sassolini in uno stagno, alcune onde si sovrappongono in fase, amplificando l'ampiezza dell'onda risultante, altre, quando la cresta dell'una incontra il ventre dell'altra, si annullano a vicenda, e l'acqua in quel punto risulta piatta.

Così, la figura di interferenza osservata all'inizio del secolo scorso, che soltanto le onde possono creare, dimostrò ai fisici che la luce è un'onda, o almeno, che agisce come tale quando si compie questo esperimento. La

cosa affascinante è che quando, più avanti, si impiegarono corpi fisici «solidi» come gli elettroni, si ottenne esattamente lo stesso risultato. Ma allora anche le particelle dotate di massa hanno natura ondulatoria! Ecco quindi che, fin dall'inizio, l'esperimento della doppia fenditura ha fornito informazioni sorprendenti sulla natura della realtà. Purtroppo, o per fortuna, questo era solo l'antipasto. Pochi capirono che le vere assurdità sarebbero arrivate a breve, servite su un piatto fumante.

La prima stranezza si osserva quando nell'apparato viene immesso un solo fotone o un solo un elettrone per volta. Dopo un certo numero di passaggi, che vengono registrati a uno a uno, quando sullo schermo si comincia a formare una figura emerge lo stesso schema di interferenza. Come è possibile? Questi singoli elettroni o fotoni *con che cosa* stanno interferendo? Come possiamo ricavare una figura di interferenza se nell'apparato, di volta in volta, viaggia una singola entità indivisibile?

Per questo fenomeno non è mai stata fornita una spiegazione esaustiva, fondata sulla logica semplice o sulla fisica classica. Inizialmente si sprecavano le spiegazioni più insensate.

Potevano esserci altri fotoni, o altri elettroni, presenti in un universo parallelo «della porta accanto», prodotti da un ricercatore impegnato nello stesso esperimento? I suoi elettroni potevano forse interferire con i nostri? Troppo forzata per ritenerla un'ipotesi valida.

L'interpretazione più diffusa sul perché vediamo quella figura d'interferenza, oramai accettata pressoché universalmente, spiega che i fotoni, o gli elettroni, hanno una duplice possibilità quando incontrano le due fenditure, ma che non esistono davvero come entità reali in posizioni reali finché non vengono osservati, e non vengono osservati finché non colpiscono lo schermo del rivelatore. Pertanto, quando arrivano alle fenditure, esercitano la loro libertà probabilistica di compiere *entrambe* le scelte. Anche se i *veri* elettroni e fotoni sono indivisibili, e non si scindono mai, sotto nessuna condizione, non diventano davvero elettroni o fotoni finché non vengono osservati – e raggiungono le fenditure prima di essere osservati.

Esistono perciò come «onde di probabilità» pre-elettroniche o pre-fotoniche, che soggiacciono a regole diverse. Quelle che passano attraverso

i fori non sono entità reali, ma solo inafferrabili probabilità. Ogni onda di probabilità di ogni singolo fotone interferisce con se stessa! Quando ne sono passate in numero sufficiente, via via che tutte le probabilità si rapprendono in vere e proprie entità che colpiscono lo schermo e vengono osservate, emerge lo schema generale di interferenza... come se fossero delle onde. Un'onda di probabilità (che nessuno può davvero visualizzare) può essere immaginata come un precursore o una tendenza verso l'esistenza reale di un fotone o di un elettrone, che non raggiunge mai la condizione di entità reale se non quando è osservata. È come se non esistesse e tuttavia, allo stesso tempo, esistesse in quanto insieme di tutte le possibilità.

Certo è molto strano, eppure sembra proprio che la realtà funzioni così. E siamo solo all'inizio delle stramberie quantistiche. La teoria quantistica comprende un principio, detto di *complementarietà*, secondo il quale per certe coppie di variabili osservabili, possiamo ravvisare un aspetto di un oggetto, ma non quello a esso complementare, quindi mai i due aspetti contemporaneamente. Di nuovo, questo è legato al celebre principio di indeterminazione di Heisenberg, in base al quale tanto più è precisa la determinazione di un aspetto di un oggetto – per esempio, la sua posizione – quanto più incerto risulta il suo moto. Dipende da quello che si sta cercando e dal tipo di apparato sperimentale che viene utilizzato.

In realtà, secondo Heisenberg, tutte le possibilità esistono simultaneamente, finché una di esse non si materializza attraverso l'osservazione.

Supponiamo di voler sapere quale fenditura ha attraversato un dato elettrone o fotone lungo il suo percorso verso il rivelatore. Domanda più che lecita, a cui è anche piuttosto facile rispondere. Possiamo utilizzare la luce polarizzata linearmente, ovvero luce che, invece di vibrare lungo tutti i possibili piani di oscillazione ortogonali alla direzione di propagazione, oscilla lungo un piano verticale o orizzontale (tale orientamento può anche subire una lenta rotazione, ma è meglio non complicare la spiegazione e tralasciare, in questa sede, la «polarizzazione circolare»). In natura, la luce risulta polarizzata, per esempio, quando è riflessa. Gli occhiali da sole possono schermare il riverbero dei vetri o della superficie marina proprio perché vengono trattati per bloccare la luce riflessa polarizzata; se si piega

la testa, però, i riflessi compaiono di nuovo. Pertanto, ogni lente polarizzata viene disposta a un angolo tale da consentire a uno soltanto dei due tipi di fotoni di passare attraverso la fenditura, etichettando in questo modo i quanti di luce e permettendoci di capire da quale parte sono passati.

Quando si impiegano polarizzazioni miste si ottengono gli stessi risultati. Ora, però, proviamo a determinare da quale fenditura passa ciascun fotone usando luce con polarizzazione «verticale» oppure «orizzontale». A questo scopo si possono sfruttare varie tecniche, ma il metodo scelto non ha molta importanza. Quel che conta è che l'apparato sperimentale utilizzato ci permetta di accertare, per ogni elettrone o fotone che attraversi uno dei due fori, «da che parte» vada.

Ripetiamo perciò l'esperimento sparando i fotoni uno alla volta verso le fenditure; questa volta, però, sapremo quale fenditura ha attraversato ogni fotone. Possiamo acquisire questa informazione collocando le lenti polarizzate davanti a ciascuna apertura (come illustrato nella Figura 3), e sparando un fascio di luce con polarizzazione mista che contenga dei fotoni con allineamento sia verticale sia orizzontale. Le lenti polarizzate agiscono da marcatori, o da caselli: ognuna blocca tutta la luce incidente fatta eccezione per i fotoni con la giusta polarizzazione. Così, se abbiamo un polarizzatore «verticale» sulla fenditura destra, sappiamo che solo i fotoni con polarizzazione verticale possono attraversarla arrivando a colpire lo schermo.

Disponendo la lente sulla fenditura destra orientata in un modo e quella sulla fenditura sinistra orientata nell'altro, sapremo da che parte è andato ogni fotone, perché solo un fotone con orientamento «su/giù», per esempio, può attraversare la lente sulla destra, e solo un fotone con orientamento «laterale» può attraversare l'altra. In breve, possiamo acquisire il dato «da che parte».

Sorprendentemente, i *risultati* cambiano radicalmente. Benché sia riconosciuto che il nostro apparato non altera i fotoni o gli elettroni, non otteniamo più la figura di interferenza della Figura 2. I risultati diventano improvvisamente quelli che ci aspetteremmo se i fotoni fossero particelle: una concentrazione di «colpi di proiettile», sullo schermo, in

corrispondenza di ciascuna fenditura, come nella Figura 1. La figura di interferenza, legata a un comportamento ondulatorio, è scomparsa.



Figura 3. Le lenti polarizzate permettono agli osservatori di determinare da quale fenditura passa ogni fotone. L'acquisizione di questo dato da parte degli scienziati, fa sì che in qualche modo ogni quanto di luce perda la sua libertà di prendere simultaneamente entrambe le vie, costringendolo a materializzarsi in un oggetto reale (fotone) prima di attraversare le fenditure. Questo, a sua volta, distrugge la figura di interferenza; al suo posto si vedono adesso dei semplici urti dietro a ogni apertura.

È successo qualcosa. A quanto pare, il semplice atto della misura, ovvero la conoscenza del percorso del fotone, ha distrutto la libertà del fotone stesso di rimanere indistinto e indefinito e di percorrere entrambe le vie fino allo schermo finale.

La sua *funzione d'onda* probabilistica deve collassare in corrispondenza dei dispositivi per l'acquisizione del dato «da che parte», perché stavolta stiamo fondamentalmente osservando il fotone (ottenendo informazioni) *prima* che esso incontri le fenditure e il rivelatore posto più avanti. La natura ondulatoria di ciascun fotone è andata persa nell'istante in cui ha abbandonato la propria condizione indistinta, probabilistica, non-del-tutto-reale. Ma perché il fotone avrebbe optato per il collasso della propria funzione d'onda? Come faceva a *sapere*, o che cosa gli importava, che noi, l'osservatore, potessimo sapere da quale fenditura sarebbe passato?

Innumerevoli tentativi di aggirare il problema, elaborati dalle menti più brillanti del secolo scorso, hanno fallito. La nostra *conoscenza* del percorso del fotone o dell'elettrone, e nient'altro, l'ha trasformato in un'entità definita con anticipo rispetto alla situazione precedente. È ovvio che i fisici si siano chiesti anche se questo comportamento bizzarro potesse essere causato da un'interazione di qualche tipo tra il fotone e i polarizzatori, ma

non è così. Sono stati costruiti dispositivi totalmente diversi per acquisire il dato «da che parte», nessuno dei quali disturba il fotone in alcun modo, eppure si perde sempre la figura di interferenza, perché il fotone misurato, invariabilmente, modifica la sua natura, da onda a particella discreta. La conclusione ultima, raggiunta dopo tanti anni, è che semplicemente non si possano ottenere le informazioni sul percorso scelto *e*, allo stesso tempo, la figura di interferenza prodotta dalle onde.

Questo esperimento ci mostra che i fotoni possono esistere in qualità di particelle, se passano attraverso una fenditura sola, e non entrambe, o come onde, che le attraversano indistintamente e simultaneamente entrambe. Però, non li si può vedere come particelle *e* come onde. Di nuovo, il punto chiave è che il fotone o l'elettrone si presenta nell'una o nell'altra forma in base a *dove* lo osserviamo. E se per caso dubitaste ancora dei dispositivi, sappiate che quando sono usati in tutti gli altri contesti, inclusi esperimenti della doppia fenditura che non restituiscano l'informazione sul percorso fatto, i filtri polarizzatori non interferiscono mai con la creazione di una figura di interferenza.

Non ci resta altra scelta se non accettare che la nostra presenza in qualità di osservatore e il modo in cui compiamo l'osservazione stessa alterino fisicamente quello che stiamo esaminando. Ma ci servono altre prove. A quanto pare, lo strumento per raggiungere il livello successivo di dimostrazione si palesò attraverso una delle realtà più pazzesche previste dalla teoria quantistica: l'*entanglement* tra particelle.

7. Un bizzarro regno di gemelli *entangled*

Le stelle che vedi di notte lassù sono più vicine di quello che pensi.

DOUG DILLON, *Sliding Beneath the Surface*, 2010

Qual è l'aspetto più strano e misterioso di questo incredibile universo?

I candidati non mancano, ma ce n'è uno che spicca su tutti. All'apparenza è sconcertante, anche se ormai è universalmente accettato tra i fisici. Per esplorarlo è necessario gettare un rapido sguardo all'intrigante ambito di studio che riguarda, in senso lato, la velocità della luce; questa, fino a poco tempo fa, sembrava il limite assoluto di velocità nell'universo.

Nel 1905 Einstein trovò una spiegazione per una pazzesca osservazione compiuta nei decenni precedenti da Hendrik Lorentz, George FitzGerald e altri. Costoro si erano tutti resi conto che la luce viaggia a una velocità costante e avevano colto l'eccezionale rilievo di questa scoperta. Significa che i fotoni provenienti dai fari di un'automobile che si avvicina a gran velocità ci colpiscono all'irremovibile velocità di 299792,458 chilometri al secondo, la stessa che avrebbero se l'automobile non fosse in moto. E ancora: a giugno il moto orbitale della Terra ci porta verso la stella Deneb, ma a dicembre ce ne allontaniamo, e tuttavia la sua luce si comporta come se fossimo stazionari e ci raggiunge sempre alla stessa velocità. Immaginate se il vento si comportasse in modo analogo e lo percepissimo sempre nello stesso modo, come una brezza leggera, indipendentemente dal fatto di essere fermi o con il braccio fuori dal finestrino di un'automobile o un aereo in corsa. E dunque, fin dal principio, la luce appare strana e peculiare.

Naturalmente, come abbiamo visto, restava anche da chiarire una questione non da poco: che cosa sia, esattamente, la luce. Nel capitolo precedente abbiamo visto che i fisici, alla fine, scoprirono che poteva essere un'onda o una particella a seconda dell'osservatore e della tipologia di

allestimento sperimentale. Più di recente, nell'attuale modello standard che spiega come funzionano le cose, il fotone è considerato una particella mediatrice della forza, una sorta di maggiordomo che trasporta la forza elettromagnetica da un posto a un altro.

Dunque, che cosa è esattamente la luce? La domanda è semplice, ma la risposta è piuttosto confusa, perché i quanti di luce (fotoni) si comportano in modo diverso in base al modo in cui li rileviamo e analizziamo. Quando incontra un oggetto, un fotone si comporta come una particella, una specie di minuscolo proiettile dotato di energia, ma che in realtà non pesa niente (supponendo di poterlo fermare per pesarlo, il che non si può fare). La sua energia dipende dal colore: i fotoni viola sono più energetici di quelli rossi.

Se un fotone colpisce una lamina metallica può liberare elettroni come se fosse un proiettile e come solo una particella può fare. Tuttavia, finché è di strada tra un punto e l'altro, probabilmente è meglio immaginarlo come un'onda di energia, o piuttosto due. Ogni quanto di luce è una «vibrazione» o «campo» magnetico di energia di intensità oscillante; ortogonale a questo, si propaga un'altra onda o campo, quello elettrico. È l'insieme delle due onde a costituire un singolo fotone. Ognuno dei due campi crea l'altro, pertanto questa entità a due componenti, nel suo complesso, viene chiamata onda *elettromagnetica*. Essa sfreccia alla sua celebre velocità costante: in un solo secondo, può compiere più di otto giri intorno alla Terra.

Di recente alcuni ricercatori si sono guadagnati l'attenzione dei media rallentando drasticamente la luce. Abbiamo sempre saputo che la luce rallenta automaticamente quando attraversa l'aria, l'acqua, o altri mezzi più densi. Quando la luce del Sole attraversa il vetro della vostra finestra decelera a circa 200000 chilometri al secondo; una volta attraversato, ritorna istantaneamente alla velocità di prima. In materiali semitrasparenti estremamente densi, e in particolari condizioni, la luce può essere quasi del tutto frenata. Di recente dei fotoni sono stati rallentati a 60 chilometri all'ora. Pensateci: una luce così lenta da non prendersi nemmeno una multa in tangenziale!

Con l'eccezione del vuoto, si può fare in modo che in alcune sostanze le particelle accelerate superino senza difficoltà la velocità della luce in quelle stesse sostanze. Si può citare un esempio in natura: gli elettroni eccitati da

potenti campi magnetici in prossimità di alcune stelle di grande massa (processo di sincrotrone) possono essere scaraventati attraverso una nebulosa a una velocità superiore rispetto a quella della luce in quel mezzo. Nel momento in cui la particella rompe il «muro della luce» si crea una bella onda d'urto di colore blu, chiamata *radiazione Cherenkov*. La luce è strana, ma ci si può fare l'abitudine.

In tutto questo, la sovranità della luce nel vuoto non è mai stata seriamente messa in discussione. Fino a ora. Torniamo al nostro strano mondo della meccanica quantistica. Questo regno, rispetto al quale le avventure di Alice sono una noiosa passeggiata nel parco, è un Paese delle meraviglie in cui, come sappiamo, le particelle possono esistere e non esistere simultaneamente, per poi balzare alla realtà non appena qualcuno dà uno sguardo.

L'idea di una sorta di inseparabilità per quel che concerne spazio e tempo fu affrontata da John Bell negli anni sessanta del secolo scorso. Secondo Bell le particelle – di materia o di luce, è lo stesso – non esistono davvero in modo indipendente se non come entità probabilistiche. (Non riuscite a immaginarlo? Non siete gli unici.) L'atto dell'osservazione fa sì che questa funzione d'onda puramente probabilistica «collassi» e che l'oggetto si materializzi bruscamente come entità reale in una vera posizione. In breve, bisogna abbandonare l'idea classica che il nucleo atomico sia circondato da uno o più elettroni in orbita, ciascuno con un'esistenza indipendente in ogni istante, in una vera posizione e con un vero moto. Dovremmo immaginare, invece, che gli elettroni esistano in uno stato indefinito chiamato *sovrapposizione*, nel quale, sostanzialmente, qualunque cosa sia possibile che accada esiste a un qualche livello, pronta a materializzarsi. Nel momento in cui si compie un esperimento o un'osservazione, l'elettrone abbandona la sua esistenza probabilistica e si manifesta nella realtà fisica.

Nell'*entanglement*, due particelle vengono prodotte insieme, per esempio indirizzando la luce entro certi cristalli come quello di beta-borato di bario. Dentro al cristallo, un fotone violetto ad alta energia emesso da un laser viene convertito in due fotoni rossi, ciascuno con un'energia che è la metà di quello originale (e con lunghezza d'onda raddoppiata), pertanto non vi sono guadagno o perdita netti di energia. I due fotoni escono insieme dal

cristallo e proseguono in direzioni diverse, ma condividono in segreto una funzione d'onda. Se uno dei due viene osservato, la sua funzione d'onda e quella del gemello collassano simultaneamente, a prescindere dalla distanza a cui si trovano.

Anche se i fotoni gemelli fossero separati da una distanza pari al raggio dell'universo, dice la meccanica quantistica, l'osservazione di uno dei due trasformerebbe entrambi in entità reali. Inoltre, essi debbono mostrare caratteristiche complementari. Nel caso della luce, un fotone può presentare polarizzazione orizzontale o verticale; un elettrone, invece, può avere spin «su» o spin «giù». Così, quando il «potenziale» o la «funzione d'onda» dei gemelli collassa, perdono entrambi la propria natura indistinta e improvvisamente si materializzano in entità reali. Uno dei due fotoni o elettroni presenterà un aspetto (per esempio, spin su o giù, oppure polarizzazione orizzontale o verticale), mentre il fotone gemello presenterà sempre l'altra proprietà, l'attributo complementare.

Quello che lascia veramente sconcertati è che quando uno dei due viene osservato, il gemello «sa» che cosa è successo al suo *doppelgänger*, o «doppio», (cioè che ha guadagnato un'esistenza fisica propriamente detta, in forma di fotone o di elettrone) e assume istantaneamente la caratteristica complementare, perfino se il gemello si trova in un'altra galassia. Durante questo processo non intercorre del tempo, indipendentemente da quanto sono lontani. È come se tra i due non esistesse alcuna separazione spaziale: sono sostanzialmente due lati di una stessa medaglia e la distanza tra loro è inesistente, anche se per noi è la metà del cosmo.

Einstein detestava questo fenomeno perché credeva nella località: un oggetto può subire soltanto l'azione di qualcosa che si trovi nelle sue vicinanze. Una foglia, a Brooklyn, può agitarsi per effetto di una locale folata di vento, ma di certo non verrà istantaneamente mossa dalle perturbazioni atmosferiche generate da un'animata rivolta dei contadini su un pianeta alieno nella galassia di Andromeda.

Nel 1935, Einstein e i due colleghi Boris Podolsky e Nathan Rosen scrissero un articolo, poi divenuto celebre, nel quale si dedicarono a questo aspetto della teoria quantistica. L'esame del comportamento previsto per le particelle *entangled* – il fatto, cioè, che esse potrebbero in qualche modo

sapere l'una quello che fa l'altra – portò i tre fisici ad affermare che un parallelismo di tal genere doveva essere imputabile a effetti locali, a una contaminazione dell'esperimento, piuttosto che a una qualche «spettrale azione a distanza». L'articolo incontrò un favore così ampio che questi farseschi comportamenti quantistici sincronizzati presero il nome di «correlazioni EPR», dalle iniziali dei cognomi dei tre fisici, e la «spettrale azione» venne citata innumerevoli volte in tono dispregiativo, una frecciata alla ridicola idea che – a qualche livello fondamentale – potesse non esserci alcuno spazio fra gli oggetti o alcun intervallo temporale tra gli eventi.

Molto dipendeva da questo. In un certo senso, fu un momento cruciale: ci si poteva aggrappare alla fisica classica e deterministica, accettando la località, come insisteva a fare Einstein, oppure avventurarsi negli strani, indefiniti anfratti quantistici che, ironia della sorte, lo stesso Einstein aveva contribuito a creare nel 1905 con la sua spiegazione dell'effetto fotoelettrico.

Secondo il realismo materiale (un'altra denominazione ancora per il punto di vista classico), gli oggetti fisici sono reali, che li si osservi o meno. Inoltre, i singoli oggetti non possono interagire a meno che non siano a contatto diretto, stabiliscano un contatto indiretto (mediante l'emissione, per esempio, di fotoni), o si trovino almeno sotto l'effetto di un campo elettrico, magnetico o gravitazionale che possa mediare l'interazione. Di certo non possono interagire se distano così tanto che l'energia elettromagnetica dell'uno non ha il tempo di raggiungere l'altro.

Quanto all'interazione istantanea, che non richiede alcun tempo, o all'interazione che avviene come se non ci fosse alcuno spazio tra gli oggetti... scordatevela, dissero Einstein e i suoi colleghi. In breve: governa la località.

Il punto di vista opposto, sostenuto allora da fisici del calibro di Niels Bohr, Paul Dirac e, più avanti, John Wheeler, è che gli oggetti possono essere *entangled*, o «correlati», tanto da risultare fundamentalmente inseparabili. L'osservazione di un oggetto o la sua misura (le due cose si equivalgono) influisce sull'altro in tempo reale, indipendentemente dalla distanza che li separa. È come se il tempo e lo spazio non esistessero. Inoltre, il «collasso della funzione d'onda» dell'uno, che comporta il

passaggio dalla non esistenza – o da una semplice potenzialità probabilistica – a oggetto reale, ha lo stesso effetto sull'altro, come se l'osservatore ed entrambi gli oggetti fossero tutti nello stesso posto e nello stesso tempo.

Impossibile, disse Einstein. L'intero castello di carte – l'universo oggettivo, l'indipendenza della materia dalla coscienza, la fiducia nella località, l'intero realismo materiale della fisica classica – dipendevano da questa faccenda, e Einstein non era disposto a scambiare un cosmo governato dalla logica e da un elegante meccanismo stile biliardo, per uno in cui, a dir suo, le cose si sarebbero materializzate solo in base a leggi probabilistiche. «Dio non gioca a dadi», fu il suo celebre e beffardo commento. Einstein non riusciva ad accettare che le cose potessero entrare e uscire dall'esistenza in base alla sola probabilità o osservazione, specialmente se l'osservatore non toccava l'oggetto in alcun modo, ma si limitava ad apprenderne alcuni aspetti!

In altre parole, se queste correlazioni EPR sono proprio quel che sembra, allora non solo gli oggetti correlati non sono in alcun modo a contatto fra loro (il che distrugge la località), ma l'osservatore la cui consapevolezza determina lo svolgersi di questi eventi deve manifestare una coscienza che è a sua volta non locale e, in effetti, capace di «spettrale azione a distanza». Come disse Erwin Schrödinger nel 1935: «È piuttosto disagiata che la teoria quantistica permetta [a un paio di oggetti] di essere governati o pilotati in un tipo di stato o in un altro alla mercé dello sperimentatore, benché [l'osservatore] non vi abbia accesso».

Non lo ripeteremo mai abbastanza: nella fisica classica gli oggetti o i quanti di luce hanno proprietà definite, per esempio l'esistenza in una data posizione. Inoltre, hanno un moto reale o uno spin orientato in un determinato verso o una precisa polarizzazione; l'universo è pieno di oggetti di tal genere che possiedono queste caratteristiche indipendentemente dalle nostre misure o dalla consapevolezza che ne abbiamo. Di nuovo, è questo che credeva Einstein.

D'altra parte, secondo la teoria quantistica, nulla ha posizione, quantità di moto, spin o polarizzazione definiti se non viene misurato. Per questo il

famoso fisico John Wheeler disse: «Nessun fenomeno è un fenomeno reale finché non è un fenomeno osservato».

Alcuni esperimenti più recenti (*vedi* il nono capitolo) hanno dimostrato che Einstein aveva torto. È importante capire esattamente come sia stato appurato e come funzioni questo genere di dimostrazioni, in modo da non avanzare dubbi sul fatto che la questione sia ancora in qualche modo in sospeso. È fondamentale, inoltre, che non si attribuiscono alla teoria quantistica poteri o concetti errati, come quelli visti in certi film, tra cui l'idea che secondo la teoria quantistica si possa individualmente controllare il futuro, assunto completamente falso. La teoria quantistica è già abbastanza bizzarra di suo, senza l'aggiunta di attributi fittizi.

Inoltre, quando si parla di gemelli *entangled* che scambiano istantaneamente informazioni nello spazio-tempo, è bene sottolineare il fatto che Einstein non concepì mai lo spazio-tempo come una griglia fisica assoluta, come una sorta di quadrettato tridimensionale permeante lo spazio. Egli invece elaborò il concetto per spiegare da un punto di vista matematico il modo in cui due osservatori posti in sistemi di riferimento diversi (in moto a velocità diverse o immersi in campi gravitazionali differenti l'uno rispetto all'altro) avrebbero ciascuno percepito il passaggio del tempo, la lunghezza degli oggetti o le distanze misurate. Utilizzando le equazioni di campo della sua relatività generale, le contraddizioni e i paradossi tra gli osservatori erano risolti. Tali equazioni mostravano come ciascun osservatore avrebbe misurato la distanza, la massa o il tempo.

Inoltre, in conseguenza di questo, le equazioni di Einstein sottrassero al tempo e allo spazio la prerogativa dell'inviolabilità. La distanza tra un oggetto e un altro qualunque non era più assoluta. Un intervallo temporale non era più necessariamente lo stesso per due osservatori diversi: poteva trascorrere un secondo solo per un osservatore, mentre «simultaneamente» trascorreva un millennio per un altro! Così, malgrado la percezione diffusa ed errata che il tempo e lo spazio siano entità reali, e a dispetto degli svariati capitoli di questo libro volti a confutarla, Einstein, in realtà, lo aveva già fatto oltre un secolo fa.

Infine, ricordiamo che sottraendo a spazio e tempo lo status di «costanti» o di realtà assolute frana il terreno sotto i piedi delle più comuni

interpretazioni della realtà, secondo le quali un universo fisico dominato da oggetti fluttuanti nello spazio fu creato in un istante specifico e inviolabile, e continua a perdurare entro un'intelaiatura a base temporale.

8. Il mondo quantistico moderno

Spooky Action at a Distance
(Terrificante azione a distanza)

IRON CHIC, titolo di canzone, 2013

Nel 1997, un professore dell'Università di Ginevra, il fisico Nicolas Gisin, produsse coppie di fotoni *entangled*, inviandoli poi a grande distanza l'uno dall'altro tramite una rete di fibre ottiche. Quando un fotone incontrava un interferometro ed era costretto a scegliere casualmente quale braccio dell'apparato percorrere, il suo gemello *entangled*, a più di dieci chilometri di distanza, agiva all'unisono, istantaneamente, scegliendo sempre l'opzione complementare.

La caratteristica sbalorditiva, qui, è quell'«istantaneamente». La reazione del secondo fotone non era ritardata dal tempo che avrebbe impiegato la luce per percorrere quei dieci chilometri; si verificava, invece, entro l'intervallo temporale corrispondente alla risoluzione dell'apparato sperimentale, almeno diecimila volte più rapidamente. La reazione, dunque, sembrava proprio simultanea. La meccanica quantistica, in effetti, prevede che una particella *entangled* sappia che cosa sta facendo il suo gemello e ne replichi le azioni istantaneamente anche se i gemelli si trovano in galassie separate da miliardi di anni luce.

Si tratta di un risultato così bizzarro, con implicazioni di portata così enorme, che molti fisici si impegnarono in un'affannosa ricerca di una via d'uscita. Nel 2001, tuttavia, una squadra di ricercatori del National Institute of Standards and Technology, guidata da David Wineland, riuscì a far fronte a una delle principali categorie di critiche, secondo la quale gli esperimenti precedenti non contavano un numero statisticamente valido di fotoni. Ciò avrebbe introdotto un *bias*, portando gli osservatori a misurare

preferibilmente solo quei fotoni gemelli che avevano sincronizzato il loro comportamento.

Wineland non utilizzò la luce, ma ioni berillio (dotati di massa); il suo apparato sperimentale si avvaleva di rivelatori ad altissima efficienza, e riuscì a osservare una percentuale di eventi sincronizzati abbastanza elevata da chiudere il caso. Questo straordinario comportamento, dunque, è un fatto, è reale. Ma come fa un oggetto materiale a determinare istantaneamente come deve agire o in quale forma deve presentarsi un altro oggetto, se i due sono separati da enormi distanze? Secondo alcuni fisici, ne sarebbe responsabile una forza o interazione ancora sconosciuta. Nel tentativo di capire, uno di noi autori chiese personalmente a Wineland che cosa ne pensasse, ed egli diede voce a un'opinione sempre più condivisa: «C'è davvero una fantomatica azione a distanza di qualche tipo». Naturalmente, sappiamo bene che questo non chiarisce nulla.

Pertanto, la situazione è questa. A quanto pare, particelle e fotoni – materia ed energia – trasmettono istantaneamente informazioni da un punto all'altro dell'universo. Il tempo che impiega la luce a coprire le distanze non costituisce più un limite. Questa è una novità importante, perché la relatività di Einstein insisteva sul fatto che nulla può viaggiare più velocemente della luce, e tutti gli esperimenti svolti nell'ultimo secolo lo hanno confermato. Qualunque cosa anche minimamente dotata di peso o di massa, perfino uno sbuffo d'incenso, non può essere accelerata alla velocità della luce, neanche con i dispositivi più potenti. E nemmeno le entità prive di massa come le onde gravitazionali o i fotoni di luce possono mai superare la velocità della luce. Pertanto, questo sapere quantistico, se di ciò si tratta, tale per cui un oggetto «risponde» alla situazione di un altro in tempo zero – il che significa a velocità infinita – è stupefacente. Secondo alcuni fisici ciò non viola il limite relativistico della velocità della luce: risulta impossibile per *noi*, infatti, inviare informazioni a velocità superluminale, visto che il comportamento della particella «che invia» è casuale e, pertanto, incontrollabile. Altri ritengono che sia un pretesto, che le limitazioni legate alla velocità della luce siano già state superate; bisogna accettarlo e andare avanti. A ogni modo, ci muoviamo su un sottile crinale:

il tema è che cosa sia l'informazione. *Qualcosa* viene trasferito istantaneamente.

Tenendo a mente questo, torniamo all'esperimento della doppia fenditura che abbiamo approfondito nel sesto capitolo; questa volta, però, adopereremo particelle *entangled*, siano esse fotoni oppure oggetti dotati di massa. Se ricordate, un'obiezione spesso sollevata in questo caso è che gli strumenti di misura condizionino i fotoni o gli elettroni, modificandoli; se così fosse, non sarebbe la semplice conoscenza mentale che ne abbiamo a determinare fisicamente i risultati. Questa obiezione, tuttavia, è stata superata più volte, e con efficacia.

Per esempio, nel 2007 è stato pubblicato su *Scientific American* il resoconto di un esperimento in cui, per conoscere il percorso di ciascun fotone, fu posizionata una lente polarizzata all'ingresso di ciascuna delle due fenditure, con l'asse di polarizzazione ortogonale l'una rispetto all'altra. Come abbiamo visto nel sesto capitolo, questo espediente permette di filtrare un fascio di luce a polarizzazione mista per sapere quale fenditura è attraversata da ciascun fotone. Nel fare questo la figura di interferenza scompare (Figura 4) e ciò non ci stupisce affatto. Se ricordate, nel momento in cui riusciamo a sapere qual è la fenditura attraversata da ciascun fotone, lo schermo in uscita non restituisce traccia dell'arrivo di onde, ma mostra una figura che corrisponde a collisioni discrete e separate.



Figura 4.

Ma non potevano essere i filtri polarizzatori a far svanire la natura ondulatoria della luce? Forse i filtri interferiscono con la luce, e questo non ha nulla a che vedere con l'osservatore in carne e ossa. Ma non è così! Se si introduce un altro polarizzatore di fronte allo schermo, con l'asse ruotato di

45° rispetto a entrambe le fenditure, si «cancellano» tutte le informazioni utili sulla polarizzazione; di nuovo, abbiamo fotoni che, casualmente, attraversano una fenditura o l'altra e non c'è modo di sapere da quale fenditura è passato ciascuno di essi. Nel momento in cui viene inserito questo filtro «destabilizzante» ricompare la figura di interferenza, ed è identica a quella che vediamo in assenza di qualunque dispositivo per misurare il dato «da che parte» (che riportiamo nella Figura 5).

Gli esperimenti con la luce sono un po' più semplici rispetto a quelli compiuti con particelle dotate di massa, specialmente quando si consente a un solo oggetto alla volta di attraversare l'apparato. Il primo esperimento di singolo elettrone a usare una vera doppia fenditura risale al 1976; fu realizzato da Giulio Pozzi insieme ai colleghi Merli e Missiroli dell'Università di Bologna. Il team italiano condusse l'esperimento anche con una fenditura otturata; come previsto, in quel caso la figura di interferenza non si formò. Fu necessario attendere fino al 2012 perché lo stesso team riuscisse a ripetere l'esperimento registrando uno alla volta l'arrivo dei singoli elettroni. Il punto è questo: la scienza ha pienamente confermato tutte le conclusioni emerse dall'esperimento della doppia fenditura utilizzando non solo quanti di luce, ma anche particelle dotate di massa.



Figura 5.

Tuttavia, fu solo quando si cominciò a utilizzare l'*entanglement* quantistico, alla fine del secolo scorso, che gli esperimenti della doppia fenditura, ancora più sorprendenti, iniziarono a incantare il mondo. Immaginiamo dunque di impiegare un apparato in grado di indirizzare coppie di fotoni *entangled* in direzioni diverse, utilizzando un cristallo di borato di bario per

generare i gemelli. Indicheremo con A e B, rispettivamente, i tracciati dei due fotoni e i relativi rivelatori.

Allestiamo dunque il nostro esperimento originale, quello che ci permette di misurare da che parte va il fotone per mezzo di filtri polarizzatori, ma questa volta aggiungiamo un «circuitto di coincidenza». Quest'ultimo serve a un unico scopo: a seconda che sia acceso o spento, ci permette o ci impedisce, rispettivamente, di ottenere informazioni senza interferire in alcun modo con i fotoni che attraversano l'apparato della doppia fenditura, a cui il circuitto è estraneo. Il funzionamento del circuitto di coincidenza è semplice: esso arresta le informazioni relative alla polarizzazione di ciascun fotone registrato in A – tra cui l'informazione «quale fenditura» – a meno che *anche* il fotone gemello non colpisca contemporaneamente il rivelatore B (nei limiti di risoluzione temporale del circuitto).

Come abbiamo visto più volte, nel momento in cui si viene a sapere qual è il percorso di un fotone (e i filtri polarizzatori ci consentono di farlo, perché ogni lente permette solo il passaggio della radiazione con polarizzazione verticale oppure orizzontale), la figura che si forma sul rivelatore cambia radicalmente, evidenziando che i fotoni sono passati da onde a particelle.

Nella versione di questo esperimento che include un circuitto di coincidenza, i fotoni gemelli (A e B) viaggiano lungo due percorsi separati verso i due rivelatori (A e B), ma c'è un solo apparato a doppia fenditura, lungo il percorso del fotone A; il fotone B viaggia direttamente verso il rivelatore B. Solo quando entrambi i rivelatori sono colpiti quasi nello stesso istante sappiamo che i due gemelli hanno completato il loro viaggio: il circuitto di coincidenza si accorge che i fotoni sono stati rilevati entrambi, e solo allora l'apparato registra i dati (Figura 6).

Se si conduce l'esperimento senza applicare i filtri polarizzatori, il rivelatore A restituisce la figura di interferenza ormai ben nota (Figura 5). Ciò è sensato: non abbiamo idea di quale fenditura abbiano attraversato i singoli fotoni A, pertanto questi sono rimasti onde di probabilità finché non hanno colpito lo schermo.

Ripristiniamo adesso le lenti polarizzate davanti a ogni fenditura, in modo da poter risalire all'informazione «da che parte» per i fotoni del percorso A.

Come ci aspettiamo, la figura di interferenza scompare istantaneamente, sostituita dallo schema particellare della Figura 4.

Fin qui tutto bene. Ma adesso, complichiamo un po' le cose. Mettiamoci nelle condizioni di non poter conoscere la fenditura scelta dai fotoni A, ma *senza interferire fisicamente in alcun modo con i fotoni stessi*. Lasciemo anche le lenti polarizzate al loro posto; sarà sufficiente, infatti, interrompere il circuito di coincidenza. La registrazione di qualunque informazione sul completamento dei percorsi da parte dei fotoni gemelli dipende dall'attivazione del circuito; se esso è spento, è impossibile saperne alcunché. Ora l'intero apparato è totalmente inutile, se il nostro obiettivo è sapere quale fenditura attraversano i singoli fotoni del percorso A, perché non li possiamo confrontare con i loro gemelli; nulla infatti viene registrato se il circuito di coincidenza non lo permette. È bene precisarlo: abbiamo lasciato al suo posto l'apparato di lenti polarizzate per il fotone A; non abbiamo fatto altro che sopprimere la nostra capacità di conoscere la fenditura attraversata. (Ripetiamolo: l'apparato sperimentale ci fornisce informazioni – registra i «colpi» – solo quando i fotoni A sono registrati dal rivelatore A e il circuito di coincidenza ci dice che, contemporaneamente, il rivelatore in B ha registrato anch'esso l'arrivo dei rispettivi fotoni gemelli. Se viene spento il circuito di coincidenza, non si registra alcuna informazione.)

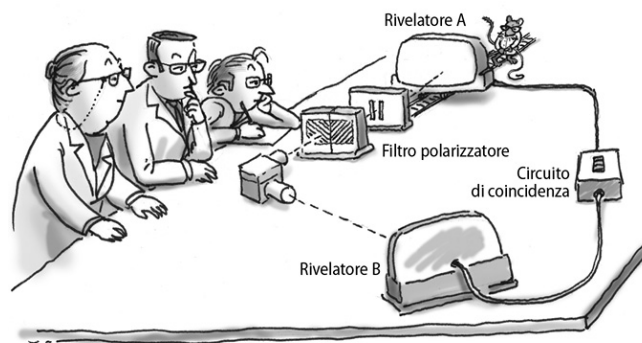


Figura 6. L'aggiunta di un circuito di coincidenza o ci permette di conoscere i risultati sperimentali, oppure interrompe il flusso dei dati prima che riusciamo a registrarli, senza interferire in alcun modo con il resto dell'apparato. La distanza variabile del rivelatore A (in alto) permette di compiere un'altra indagine: riducendo la distanza dal rivelatore, e quindi il tempo necessario ai fotoni A per raggiungerlo, possiamo sapere che cosa accade quando i fotoni B completano il percorso verso il

proprio rivelatore (in basso) dopo che i fotoni A hanno completato il loro viaggio. Il risultato ci mostra che il tempo non ha realtà nel mondo quantistico.

Il risultato: sono di nuovo onde; torna a formarsi la figura di interferenza. I fotoni A hanno disegnato una figura diversa sul rivelatore, colpendo fisicamente punti diversi. Noi, però, non abbiamo agito in alcun modo sui percorsi dei fotoni, dalla loro creazione al generatore fino al rivelatore; abbiamo perfino lasciato al loro posto i polarizzatori. Non abbiamo fatto altro che compromettere la nostra capacità di ricavare informazioni per mezzo del circuito di coincidenza. L'unico cambiamento è avvenuto nella nostra mente.

Come facevano i fotoni del percorso A a sapere che avremmo spento un apparecchio situato da un'altra parte, lontano dalle loro traiettorie? La teoria quantistica ci dice che avremmo ottenuto lo stesso risultato anche se avessimo collocato l'elemento distruttivo dell'informazione (il circuito di coincidenza spento) all'estremo opposto dell'universo.

Fra le altre cose, abbiamo ottenuto in questo modo una prova significativa del fatto che non erano i filtri polarizzatori in sé e per sé a causare la trasformazione dei fotoni da onde a particelle, alterandone i punti di impatto sul rivelatore A. Si ottiene infatti una figura di interferenza anche senza rimuovere i filtri, purché il circuito di coincidenza sia spento. Sembra che i fotoni o gli elettroni si preoccupino della nostra conoscenza; è questa soltanto a influenzarne il comportamento.

È bizzarro, e tuttavia gli stessi risultati si ripetono ogni volta, senza fallo. Ci dicono che la mente di un osservatore determina il comportamento fisico degli oggetti esterni.

Potrebbe *diventare* ancora più strano? Tenetevi forte. Finora l'esperimento si concentrava sulla possibilità di distruggere l'informazione «quale fenditura» interrompendo il circuito di coincidenza. Tenteremo adesso qualcosa di ancora più radicale, un esperimento compiuto per la prima volta nel 2002. Anzitutto, collocheremo il rivelatore A su un binario; potremo così ridurre la distanza percorsa dai fotoni A prima di essere rilevati, così che impieghino un tempo inferiore per raggiungere il rivelatore. In questo modo, i fotoni del percorso B colpiranno il rispettivo rivelatore *dopo* che i

fotoni A avranno completato il loro viaggio (il circuito di coincidenza è acceso, quindi il flusso di dati è attivo).

Ma, davvero stranamente, i risultati non cambiano. Quando inseriamo le lenti polarizzate nel percorso A, la figura di interferenza scompare, benché l'opportunità di misurare la coincidenza – quella che ci permette di ottenere, per i fotoni A, l'informazione sulla fenditura attraversata – *si concretizzi solo più tardi*. Come è possibile? I fotoni del percorso A hanno già completato il loro viaggio: sono passati da una fenditura o dall'altra o da entrambe. O la loro funzione d'onda è collassata e sono diventati particelle oppure no. Il gioco è finito, l'azione è conclusa. Ognuno di essi ha già colpito lo schermo finale, ed è stato rilevato, *prima* che il gemello B finisse il suo viaggio, attivando così il circuito di coincidenza e il flusso di dati utili per risalire all'informazione «quale fenditura».

In qualche modo, i fotoni sanno se ricaveremo o meno, *nel futuro*, l'informazione «quale fenditura». In altre parole, il fotone A sa se i dati relativi a questa informazione, *alla fine*, saranno disponibili. Sa quando può comportarsi in modo tale da produrre interferenza – attraversando tranquillamente entrambe le fenditure e restando nella propria fantomatica realtà indistinta – e quando invece non può; apparentemente, infatti, il fotone A sa se il fotone B, che pure si trova a grande distanza, colpirà o meno, *alla fine*, il suo rivelatore, attivando così il circuito di coincidenza che da ultimo ci consegnerà un segnale utile.

Non importa come abbiamo allestito l'esperimento: la nostra mente, e la sua eventuale conoscenza, è *l'unica cosa* che determina il comportamento di questi quanti di luce o particelle. Questi risultati sono consistenti con quello che affermò già negli anni settanta del secolo scorso l'acclamato fisico John Wheeler. Egli colse la portata del lavoro matematico di John Bell riguardo al collasso della funzione d'onda, e stabilì che è solo l'osservatore a determinare la realtà, la quale, altrimenti, non esiste. L'articolo di Wheeler del 1978 «Il “passato” e l'esperimento della doppia fenditura “a scelta ritardata”» ispirò gli esperimenti appena descritti un quarto di secolo dopo.

Come ebbe modo di spiegare allora Wheeler: «La natura a livello quantistico non è una macchina che avanzi inesorabile. Piuttosto, la risposta

che otteniamo dipende da quello che ci siamo chiesti, dall'esperimento che abbiamo allestito e dal rivelatore che abbiamo scelto. Siamo inevitabilmente coinvolti nella determinazione di quello che apparentemente accade».

A titolo di esempio, egli ideò un affascinante esperimento mentale. Basandosi sul fatto che una grande massa (o gravità) deforma lo spazio-tempo, egli immaginò una fonte di luce piccola e distante, come un quasar, i cui quanti di luce, per arrivare fino a noi, debbano passare nelle vicinanze di una galassia molto massiccia. Se vi è un perfetto allineamento (quasar, galassia e Terra sono disposti lungo una linea retta), la traiettoria di ciascun fotone si dovrà incurvare, passando sopra o sotto alla galassia. Il fotone non può compiere un percorso rettilineo attraverso la galassia, perché la massa di quest'ultima ha alterato la geometria dello spazio-tempo, cosicché la «via» più breve da percorrere verso la Terra non è più un'apparente linea retta. (In ogni caso, il materiale di cui è costituita la galassia impedirebbe alla luce del quasar di penetrarvi, anche se provasse a proseguire dritta.) Una volta oltrepassata la galassia, la luce continuerà ancora a viaggiare per miliardi di anni prima di raggiungere i nostri telescopi, sulla Terra (Figura 7).

Posto che avesse veramente una probabilità del 50 per cento di scegliere l'una o l'altra via, quale percorso compierebbe ciascun fotone? La conclusione di Wheeler è la seguente: l'evento, miliardi di anni fa, *non è realmente accaduto fino a che non lo osserviamo, oggi*. Soltanto adesso un particolare fotone passa sopra o sotto alla galassia... miliardi di anni fa. In altre parole, il passato non è qualcosa che è già irrevocabilmente accaduto. Invece, gli eventi di molto tempo fa dipendono dall'osservatore presente. Finché non vengono osservati nel momento attuale, tali eventi non si sono svolti veramente; si annidavano piuttosto in uno stato probabilistico indefinito, pronti a diventare dei veri eventi «passati» solo in seguito alla nostra osservazione che eseguiamo adesso. Questa stupefacente possibilità prende il nome di *retrocausalità*.

Sembra impossibile, ma sono in corso dei veri esperimenti per indagare la natura, ondulatoria o particellare, della luce di quasar molto distanti, con risultati finora incoraggianti.

Benché la retrocausalità sia ancora oggetto di indagine, la natura istantanea degli eventi quantistici non è più in discussione. Inoltre, anche se alcuni pensano che questo comportamento sia circoscritto al mondo quantistico, la prospettiva «a due mondi» (l'idea che esista un insieme di leggi per gli oggetti quantistici e un altro per il resto dell'universo, noi inclusi) è oggetto di indagine nei laboratori di tutto il mondo. Nel 2011 un articolo pubblicato su *Nature* suggerì che il comportamento quantistico si estenda al mondo comune. In effetti, è la stessa teoria quantistica ad affermare che gli effetti dovrebbero pienamente estendersi al nostro mondo ordinario e macroscopico.

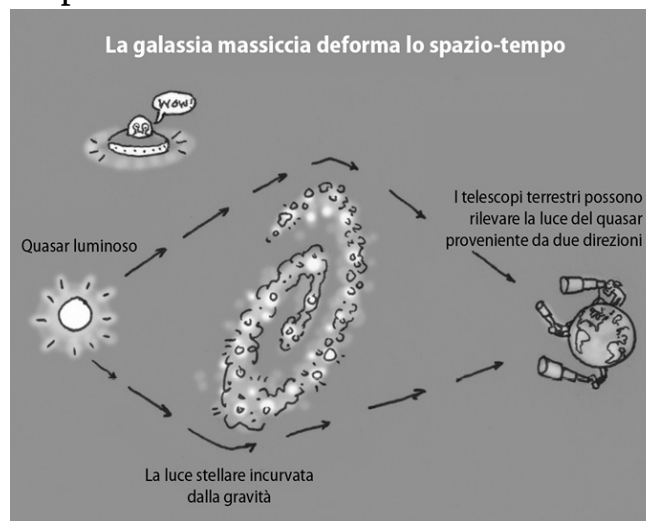


Figura 7. Le nostre osservazioni, compiute adesso, determinano il percorso tracciato nello spazio da un fotone emesso da un quasar miliardi di anni fa.

Nel numero di ottobre 2010 di *Scientific American*, i fisici teorici Stephen Hawking e Leonard Mlodinow affermarono che «non c'è alcun modo di rimuovere l'osservatore – noi – dalle nostre percezioni del mondo [...]. Nella fisica classica, si assume che il passato esista come serie definita di eventi, ma secondo la fisica quantistica il passato, come il futuro, è indefinito ed esiste soltanto come uno spettro di possibilità».

È incredibile che questa scissione dalla fisica classica sia ancora relativamente sconosciuta ai più, anche se la maggior parte delle persone identifica la teoria quantistica con la stranezza.

Come possiamo fare a immaginarci tutto questo? Un oggetto fisico – un atomo, un fotone, o perfino una molecola – può «collassare» da semplice

probabilità a oggetto reale; simultaneamente il suo gemello lo sa e, anche se si trova dalla parte opposta dell'universo, adotta proprietà speculari: riusciamo a raffigurarci mentalmente un meccanismo del genere? Forse è meglio pensare che un altro regno pervada la realtà – un regno oltre lo spazio-tempo dei pianeti in orbita intorno alle stelle.

Così, quando Einstein schernì beffardo la «spettrale azione a distanza», non era una reazione esagerata a quello che si stava palesando. Si tratta davvero di un regno spettrale. I fisici chiamano «correlazione quantistica» (o «non locale») qualunque tipo di comunicazione intercorra tra oggetti distanti senza lo scambio di segnali. Secondo altri, significa semplicemente che i gemelli rappresentano i due lati di una stessa medaglia... come se questo spiegasse qualcosa!

In verità, significa che esiste una realtà soggiacente l'universo che ne connette tutti i contenuti. In questo luogo non esistono separazioni tra una cosa e l'altra. Questo regno crea degli eventi che si materializzano nello spazio-tempo, nel cosmo fisico osservabile.

Proviamo a dirlo in altri termini. La fisica classica non permette connessioni istantanee tra gli oggetti o, almeno, non nell'universo in cui abbiamo sempre immaginato di vivere. Per coprire la distanza tra – poniamo – la Terra e Saturno, alla luce serve più di un'ora, all'astronave migliore servono alcuni anni. È una separazione vera. Tuttavia, allo stesso tempo, questo spazio è parte integrante di un sistema unitario nel quale gli oggetti sulla Terra o su Saturno sono in contatto simultaneo.

Un esperimento dopo l'altro suggeriscono che noi – la coscienza, la mente – creiamo lo spazio e il tempo, e non il contrario. Senza la coscienza, spazio e tempo non sono nulla. Questa coscienza è correlata con gli oggetti del regno spazio-temporale. La conclusione sembra inevitabile: il cosmo è pervaso dal regno della mente, le cui osservazioni fanno sì che gli oggetti si materializzino, assumano una proprietà oppure un'altra o saltino da un posto all'altro senza attraversare alcuno spazio intermedio.

È stato detto che questi risultati eludono una comprensione logica. Però si tratta di veri esperimenti, riprodotti ormai così tante volte che nessun fisico li mette in discussione. Come disse una volta il premio Nobel per la fisica Richard Feynman: «Penso che si possa tranquillamente affermare che

nessuno capisce la meccanica quantistica. [...] Non continuate a ripetere a voi stessi, se riuscite a evitarlo: “Ma come può essere?”, perché finirete intrappolati in un vicolo cieco dal quale, finora, nessuno è sfuggito».

Ma il biocentrismo dà un senso a tutto questo, per la prima volta, perché la mente non è secondaria a un universo materiale, bensì è una con esso. Noi siamo più dei nostri singoli corpi, eterni anche al momento della morte. Questo è il preludio indispensabile per l'immortalità.

9. Niente di niente

Il Grande Inizio produsse il vuoto e
il vuoto produsse l'universo.

LIU AN, *Huainanzi*, II secolo a.C.

Nella visione moderna e dominante del cosmo siamo qui, minuscoli e irrilevanti granelli di protoplasma, accidenti della natura, a guardare oltre il cielo, verso un vuoto quasi illimitato. Vaste, anonime distese vuote dominano la scena. Ovvio che ci sentiamo piccoli.

Tuttavia, come vedremo nel dodicesimo capitolo, noi non guardiamo l'universo che sta fuori: esso, invece, è dentro di noi, una ricca esperienza visiva tridimensionale che avviene nella nostra mente. Ma allora che cosa ne è di tutto quel presunto deserto, di quel vasto spazio senza vita tra le stelle e le galassie? Se riusciremo a sbarazzarci dello spazio vuoto, saremo sulla buona strada per abbandonare l'idea di un «io-isola» che progredisce con coraggio in un cosmo vasto e solitario. Ci aiuterà a demolire la prospettiva moderna che vede in un'inanimata vastità la qualità dominante del reale.

D'altra parte, in una prospettiva centrata sulla vita, lo «spazio» è essenzialmente un senso d'ordine creato da algoritmi inconsci nella nostra mente. Oltre l'osservatore non esiste alcun vuoto reale. Per tutte queste ragioni, un'esplorazione dello spazio è importante, ed è anche piacevole per chi trovi il «nulla» affascinante. Infatti, per cominciare a sentirci a nostro agio via via che abbandoniamo la comune prospettiva d'oggi, *esistere* risulta una parola chiave, poiché la nostra amena gita in barca lungo il fiume dell'esistenza ha inizio con l'esame della sua antitesi: il nulla.

L'universo, secondo i libri di fisica, sembra proprio un'enorme sfera vuota. D'altra parte, anche la ricchezza che ci circonda qui sulla Terra è un'illusione. Se rimuovessimo tutto lo spazio vuoto entro ogni atomo,

l'intero pianeta si potrebbe comprimere nel volume di una biglia. La biglia, a quel punto, sarebbe un buco nero, poiché un tale densità farebbe incrementare il suo campo gravitazionale tanto che la sua stessa luce non potrebbe più sfuggirle. È una biglia che pesa sei sestilioni di tonnellate (6×10^{21} tonnellate).

A dire il vero, in proporzione, sono più vuoti (privi di materia nota) gli atomi di quanto non lo sia lo spazio oltre la Terra. Fantasiosi autori suggeriscono a volte che un sistema solare con i suoi pianeti si possa paragonare agli elettroni turbinanti attorno a un nucleo atomico. Non è una buona metafora, in realtà. In proporzione, considerate le dimensioni dei rispettivi componenti, gli atomi sono diecimila volte più vuoti dei sistemi solari. A ogni modo, con i nostri occhi o telescopi, tra i pianeti e le stelle vediamo ben poco. Questo non significa che ci sia il vuoto; scopriremo che è esattamente il contrario.

La natura dello spazio ha ossessionato gli esseri umani fin dalle prime testimonianze scritte di *Homo bewilderus*.^{*} Secondo gli antichi greci, che esercitavano compulsivamente il pensiero logico, le regioni apparentemente deserte dell'universo non potevano essere vuote perché il nulla non può esistere. Per poter dire che lo spazio «è nulla», bisogna prendere il verbo *essere* – che significa esistere – e poi negarlo. *Essere nulla*, dicevano, è una contraddizione, un ossimoro. È insensato, è come se affermassimo di camminare senza camminare.

Molto più avanti ci fu il Rinascimento, con la sua improvvisa proliferazione di intellettuali europei, e poi americani. Nel diciottesimo e diciannovesimo secolo la maggior parte degli scienziati sosteneva che la luce fosse composta da onde (fatta notevole eccezione per Newton, che concepiva la luce come un insieme di corpuscoli); queste avevano bisogno di un mezzo in cui viaggiare. Senza l'aria, le onde sonore del basso che picchia nell'autoradio di un teenager non raggiungerebbero i passanti. Si pensava che, analogamente, servisse un mezzo per trasmettere le pulsazioni delle onde luminose in arrivo dal Sole o dalle stelle fino a noi. La Chiesa accolse con un «amen» l'idea secondo cui «il nulla non esiste»: se Dio è ovunque, il vuoto non può esserci. Così, la lobby anti-nulla annoverava membri delle comunità scientifica, religiosa e filosofica. Ed era dominante.

Se osavi essere pro-vuoto, rientravi nella categoria degli svitati. Il presunto mezzo universale che permeava interamente lo spazio fu chiamato prima *plenum*, poi *aether*, o etere. Per secoli la sua esistenza fu un dato di fatto.

Si cominciò a dubitare dell'etere solo in seguito a una delle più celebri dimostrazioni della storia, l'esperimento di Michelson–Morley, condotto nel 1887. Il ragionamento di Albert Michelson fu il seguente: se la Terra si muove attraverso l'etere, un osservatore solidale alla Terra che punti un fascio di luce nella stessa direzione del suo moto orbitale dovrebbe registrare un incremento di velocità di quella luce, che verrebbe riflessa più rapidamente da uno specchio rispetto a un fascio analogo puntato in direzione perpendicolare al moto del pianeta.

Per farvi un'idea del perché, immaginate che il commissario della Major League Baseball autorizzasse un'importante eccezione alle regole, permettendo a un lanciatore di scagliare la sua palla non dal monte di lancio (il *mound*), ma dal cassone di un pick-up in corsa. Il lanciatore scaglierebbe la palla in avanti – oltre la cabina del pick-up, verso la casa base – nel momento in cui il veicolo raggiunge il *mound*, così da effettuare il lancio alla normale distanza dal battitore (circa 18 metri).

Se in quel punto il pick-up viaggiasse alla velocità di 160 chilometri orari e il lanciatore scagliasse la sua palla alla stessa velocità, il battitore osserverebbe attonito la palla avvicinarsi in volo alla velocità di 320 chilometri orari. Sarebbe a dir poco impegnativa da colpire.

Gli scienziati del diciannovesimo secolo pensavano che, analogamente, puntando un fascio di luce nello stesso verso del moto orbitale terrestre, ogni fotone avrebbe beneficiato di un incremento di velocità di circa 30 chilometri al secondo rispetto a quelli della luce orientata in direzione perpendicolare o addirittura in verso opposto alla traiettoria della Terra nello spazio. Si poteva misurare questo effetto?

Con l'aiuto di Edward Morley, Michelson ideò un esperimento che si avvaleva di un apparato a multispecchi posto sopra a un blocco di cemento che galleggiava su una vasca di mercurio liquido; in questo modo l'apparato sperimentale poteva essere ruotato facilmente. Dapprima puntarono la luce in avanti, nello stesso verso del moto orbitale terrestre, facendo in modo che colpisse uno specchio e rimbalzasse all'indietro, e misurarono il tempo

impiegato. (Anche il «rimbalzo» doveva essere più rapido, come succede a una pallina da squash, che rimbalza all'indietro più rapidamente quando colpisce il muro a una velocità maggiore.)

Poi l'apparato fu ruotato di 90° ; questa volta il fascio di luce era indirizzato a uno specchio che non si trovava lungo la direttrice del moto terrestre. I risultati furono incontrovertibili: la luce che aveva viaggiato in andata e ritorno *attraverso* l'ipotetico «flusso dell'etere» che riempirebbe il cosmo intero, anche le stanze delle nostre case, impiegava esattamente lo stesso tempo del fascio che percorreva la stessa distanza nel verso del moto terrestre. O la Terra si era fermata, smettendo di orbitare attorno al Sole, o l'etere non esisteva. (Un'altra spiegazione ancora – il fatto che la luce ha una velocità costante, indipendentemente da tutto il resto – era decisamente ancora prematura.)

Albert Einstein risolse la questione pochi anni dopo. Nel 1905, la sua prima teoria della relatività mostrò che la luce viaggia felicemente nel vuoto. Le sue onde sono impulsi elettrici e magnetici; non serve nulla per la loro trasmissione. La notizia fu accolta con favore: non aveva alcun senso, in effetti, che i pianeti attraversassero una sostanza senza incontrare una minima resistenza. Era proprio ora di sbarazzarsi dell'etere.

Ci fu un cambiamento di tendenza, e il «nulla» iniziò a piacere a tutti. Perfino la Chiesa non era più anti-vuoto.

Ma si esultò troppo presto. Si scoprì infatti che una piccola parte della luce in arrivo dalle stelle lontane era assorbita da una specie di sottile materiale intercorrente. Qualcosina c'era, allora, nello spazio. Semplici calcoli rivelarono che, in media, nello spazio si trova disperso un atomo per centimetro cubo.

Intorno alla Terra, la concentrazione di materiale dalle dimensioni piccolissime è molto più alta, perché il Sole emette un flusso costante di particelle cariche. Questo «vento solare» – come lo chiamò il fisico Eugene Parker negli anni cinquanta del secolo scorso, e la cui esistenza fu confermata al termine dello stesso decennio durante i primi lanci satellitari – ha una densità media di 3-6 atomi per centimetro cubo di spazio. È quel che basta per spingere all'indietro le code delle comete (come le maniche a vento degli aeroporti), che infatti puntano sempre in

verso opposto rispetto al Sole. La presenza di una piccola quantità di materiale assorbente, che fluttuava, ma anche si muoveva nello spazio, fu avallata inoltre circa un secolo fa dalla scoperta dei raggi cosmici, che colpiscono ininterrottamente il nostro pianeta. Si pensa che vengano prodotti nel corso di eventi distanti e violenti come le supernove, quando le stelle esplodono e scagliano i loro detriti a enormi distanze.

Malgrado tutto questo, lo spazio è così poco affollato che non sarebbe scorretto chiamarlo un vuoto spinto. Ma allora, davvero c'è qualcosa a permeare la realtà in ogni suo recesso? Il punto è che per descrivere lo «spazio» non basta elencarne le densità particellari. Per cominciare, esso è permeato di *campi*. Campi magnetici ed elettrici riempiono il cosmo, e possono influenzare il moto di ogni particella elettricamente carica. Lo spazio è anche attraversato da un flusso incessante di fotoni di ogni tipo, che rappresentano l'entità più diffusa. Anche i neutrini, che vengono al secondo posto, sfrecciano continuamente per l'intero cosmo: mille miliardi di neutrini attraversano ogni unghia delle vostre mani ogni secondo. E, secondo i fisici, le onde gravitazionali fluiscono ovunque. Ci sono molte cose, quindi, anche se nel complesso pesano poco o niente.

Poi c'è la cosiddetta energia oscura, che fa sì che l'universo visibile si stia espandendo. Fino al 1998 la sua esistenza era sconosciuta e inattesa. Allora, nuove misurazioni delle distanze cosmiche, che si avvalevano di un tipo particolare di supernova come «candela standard», mostrarono che il cosmo si sta espandendo sempre più velocemente. Quando qualcosa esplode, l'espulsione rapida del materiale decelera rapidamente. Ma nel cosmo l'espansione si fa sempre più energica. Sembra che questo processo sia iniziato circa sette miliardi di anni fa, quando il cosmo aveva circa la metà della sua età attuale. È come se ogni gruppo di galassie avesse un suo potente motore a razzo e tutti, all'improvviso, lo avessero attivato in quel momento.

È chiaramente impossibile; i fisici si sforzarono quindi di trovare qualche spiegazione. La più convincente: l'energia oscura. Non ne sappiamo nulla, ovviamente, tranne che si deve opporre alla gravità. Dovrebbe pervadere tutto lo spazio. Secondo le elaborazioni teoriche, a un certo punto durante l'espansione cosmica l'universo fu abbastanza grande – e le galassie

abbastanza distanti l'una dall'altra – da far sì che l'energia oscura potesse iniziare a sopraffare il collante gravitazionale locale. Più il cosmo si fa vuoto, più si può imporre l'energia oscura, poiché è proprio nel vuoto dello spazio che risiede questa forza repulsiva. Inoltre, poiché energia e massa sono equivalenti, e poiché la quantità di energia necessaria per l'espansione cosmica è così enorme, l'energia oscura deve essere l'entità dominante nell'intero universo!

Se questa qualità dello spazio è la causa ultima del Big Bang, allora l'universo sta ancora «scoppiando», e tutto grazie a questo spazio «vuoto». Così, a ben vedere, cominciamo a capire che il niente, in realtà, è un vitale e potente *qualcosa*. Oggi si ritiene che il cosmo sia permeato di un vuoto apparente che in realtà ribolle di inimmaginabile energia: l'energia del vuoto, appunto.

C'è un altro aspetto del vuoto, completamente diverso, che è più difficile da comprendere, e che ha cambiato lo spazio, da logico a enigmatico. Come abbiamo visto, soprattutto dalla fine degli anni novanta del secolo scorso gli esperimenti hanno via via confermato la realtà dell'*entanglement*. Due quanti di luce o due oggetti fisici reali, addirittura piccoli grumi di materia, vengono creati insieme, si allontanano e vivono vite separate, ma sono sempre «consapevoli» l'uno dello *status* dell'altro. Se uno dei due viene osservato o misurato il gemello lo sa e istantaneamente assume le sembianze di una particella o di un quanto di luce dalle proprietà complementari. Questa «informazione» attraversa lo spazio vuoto senza alcuno scarto temporale, anche se i gemelli si trovano agli estremi opposti della galassia. In breve, lo spazio viene penetrato istantaneamente, in tempo zero, a prescindere dalla distanza.

Tutto questo suggerisce con forza che lo spazio che separa i corpi, a qualche livello, non sia reale: il vuoto non è quello che pensavamo. Se oggetti lontanissimi possono trovarsi in contatto simultaneo a prescindere dalla distanza, che implicazioni ha questo per lo spazio o per la separazione?

Se ancora non bastasse ad accertare che c'è un collegamento – basato sulla scienza – tra tutti gli oggetti, a prescindere dalla loro separazione apparente, c'è dell'altro. La teoria della relatività speciale di Einstein

mostra che lo spazio non è una costante e che pertanto non è intrinsecamente sostanziale. Lo spostamento a velocità relativistiche determina una drastica contrazione delle distanze. Così, se contempliamo il cosmo, magari volgendo lo sguardo alla volta celeste durante una notte all'aperto, in campeggio, potremmo meravigliarci al pensiero della distanza delle stelle e della vastità dell'universo. Gli esperimenti, però, hanno dimostrato più volte che questa separazione apparente tra noi e qualunque altra cosa dipende dal punto di vista, quello che Einstein chiamava *sistema di riferimento*, e quindi non ha nessuna realtà *intrinseca* fondamentale. È questo il motivo per cui lo stesso Einstein rinunciò a considerare lo spazio un'entità attendibile e reale di per sé, e lo sostituì con il concetto matematico di *spazio-tempo*. La sua scoperta fu che lo spazio preso di per sé è incerto, perché altera le sue dimensioni: nessun divario tra due oggetti qualunque è attendibile e inviolabile.

Basta che modifichiate la vostra velocità, o che chiediate al vostro agente immobiliare di trovarvi una bella villetta indipendente su un pianeta con una gravità molto più forte, e scoprirete che tutte quelle stelle adesso si trovano a distanze completamente diverse. Se attraversassimo un ampio salotto viaggiando al 99,9999999 per cento della velocità della luce, ogni strumento o percezione ci mostrerebbe una sala 22360 volte più piccola, larga a malapena come il punto alla fine della frase. Lo spazio cambierebbe fin quasi a svanire. Allora dov'è la matrice spaziale apparentemente fidata, la griglia entro la quale osserviamo l'universo o anche gli oggetti nel nostro ambiente terrestre?

Oltre alla scienza spiegata finora, riguardo alla quale i fisici non hanno dubbi o incertezze, si profila la questione se i divari o le separazioni esistano oggettivamente o siano solo il risultato dell'incessante processo mentale che ci porta a dare un ordine a quello che vediamo. Se ricordate, percepiamo solo un intervallo limitato di lunghezze d'onda delle radiazioni elettromagnetiche e sentiamo gli oggetti perché i nostri campi elettrici incontrano i loro. Solo in base a queste sensazioni percepiamo assenze apparenti o spazi vuoti. Lo spazio apparente, quindi, fa parte della logica mentale dell'organismo animale, il software che plasma le sensazioni in oggetti multidimensionali, in modo che possiamo dare un senso al mondo e

adempiere alle nostre funzioni vitali, come procurarci il cibo o cercare dove si è nascosto il telecomando.

Probabilmente quasi tutti, se mai ci capita di pensarci, consideriamo lo spazio una specie di vasto contenitore privo di pareti che ospita tutte le entità visibili. Miriadi di oggetti distinti sembrano annidarsi in questo enorme magazzino senza fondo. È necessario che ogni oggetto, affinché lo si possa distinguere come entità individuale, trovi riscontro in una forma impressa nella mente. Lo spazio circostante è necessario allora per identificarli come entità disgiunte.

Ma questi spazi sono spesso pure costruzioni mentali. Quando vediamo una cascata, annoveriamo tra gli spazi i «buchi» tra le goccioline d'acqua, o piuttosto li accludiamo all'«oggetto cascata»? E che dire della foschia? E dell'interno del Sole? Lo si può annoverare tra gli «spazi»? La maggior parte di noi direbbe no: l'intero Sole è un singolo corpo materiale. Eppure i gas e il plasma che lo compongono sono quasi interamente spazi vuoti, in particolare entro ogni atomo. Così, più ci soffermiamo a pensarci, più diventa arbitraria l'idea di cosa è vuoto e cosa no.

Non è tutto: un vero vuoto, ovviamente, non dovrebbe ospitare alcuna traccia di vitalità o di energia. Come potrebbe il vuoto, se fosse veramente tale, dar segno di una qualche dinamicità? Tuttavia, gli astrofisici sostengono da più di cinquant'anni che le vaste distese di vuoto cosmico ribollono di energia. Come vedremo, questa strada ci avvicinerà a comprendere l'illimitato potenziale dell'amalgama mente-natura.

Già sappiamo che, per quanto freddo e perfetto possa essere un vuoto, è pur sempre attraversato da luce stellare, radiazioni infrarosse e microonde avanzate dal Big Bang. Tali radiazioni permeano il vuoto senza bisogno di alcun mezzo per propagarsi. Poiché massa ed energia sono equivalenti, queste onde che sfrecciano ovunque nello spazio fanno sì che non si possa mai avere un vero vuoto.

Ma questa è una pignoleria tecnica in confronto alle vere novità anti-nulla. Il principio di indeterminazione formulato dal fisico tedesco Werner Heisenberg nel 1927 asserisce che non può esistere un vuoto perfetto. A quel tempo l'idea ricevette l'appoggio di altri fisici teorici, i quali sostenevano che lo spazio vuoto dovesse contenere uno strano tipo di

energia. Allora nessuno riuscì a trovarne traccia, anche se, in base alle previsioni teoriche, ogni centimetro cubo di spazio vuoto dovrebbe contenere un'enorme quantità di energia, più che se tutti gli atomi dell'universo fossero le bombe atomiche di prossima generazione. Ci volle un po' di tempo, ma alla fine si dimostrò che avevano ragione. Gli esperimenti danno prova del fatto che ovunque e in ogni istante ci sono «particelle virtuali» – come gli elettroni e le loro antiparticelle, i positroni – che saltano, scattano e scoppiettano dal nulla. Tipicamente ogni particella rimane in essere per appena un millesimo di un miliardesimo di un miliardesimo di secondo, poi sparisce. Se c'è un campo di energia intorno, una particella virtuale può prenderne in prestito un po' per continuare a esistere per sempre. Così l'universo, apparentemente vuoto, continua a pullulare di esuberanti ed evanescenti particelle, che saltano dentro e fuori dalla realtà come pulci ammaestrate.

Oggi i fisici ritengono che questa sottostante «energia del vuoto» non sia soltanto onnipresente, ma complessivamente enorme. Le stime di quanta energia sia contenuta in ogni pezzetto di spazio apparentemente vuoto variano di molto. È probabile che lo spazio entro un barattolo di maionese contenga energia sufficiente per far evaporare in un istante l'intero Oceano Pacifico. (A dire il vero, gli scienziati cominciano soltanto adesso a capire questa energia onnipervasiva. C'è un allarmante divario di cento ordini di grandezza tra le previsioni teoriche e i valori misurati a oggi: questo divario è noto come *catastrofe del vuoto*.)

Anche se ne è ignota la reale entità, l'esistenza dell'energia del vuoto è ormai indiscussa. A sua riprova abbiamo innanzitutto l'effetto Casimir, che prende il nome dal fisico olandese Hendrik Casimir. Costui nel 1948 fece una bizzarra previsione: se si appendono due piastre di metallo parallele molto vicine l'una all'altra si riduce l'energia del vuoto tra le piastre, perché le onde di energia hanno bisogno di «spazio vitale». Il motivo è lo stesso per cui nelle insenature riparate non ci sono grosse onde marine e per cui gli occhi non bollono quando guardiamo dentro al forno a microonde – le microonde sono troppo grandi per passare dai buchi del retino stampato sullo sportello. Così, il sottile spazio tra le piastre restringe l'intervallo di

lunghezze d'onda disponibili per le particelle virtuali e l'energia quantistica all'esterno delle piastre, rimasta immutata, le spinge l'una verso l'altra.

Bene, questo accade veramente. L'effetto Casimir è reale. Se si appendono due piastre a una distanza pari a 100 volte le dimensioni atomiche, queste si rifiutano di penzolare e basta e si muovono spontaneamente, invece, l'una verso l'altra, per effetto di una forza di 103 400 newton per metro quadro (circa un'atmosfera). Se si dimezza la distanza, la forza cresce di sedici volte. Qualcosa nello spazio vuoto esercita una forza potente.

Alcuni sognatori vorrebbero sfruttare l'energia del vuoto per dare al mondo potenza illimitata e gratuita. Potenza dal nulla. Ma c'è un problema: questa energia è distribuita ovunque, uniformemente, motivo per cui non la percepiamo né la rileviamo. L'energia fluisce solo da un punto di energia maggiore a uno di energia minore, proprio come il calore, che si muove solo verso dove ce n'è di meno. Come si può fare, dunque, a creare una condizione di energia inferiore rispetto a quella che si trova ovunque? È possibile instaurarne un flusso nella nostra direzione, e quindi riuscire a gestirlo per generare potenza illimitata?

Il massimo che si riesce a fare è raffreddare la materia allo zero assoluto, a $-273,15$ °C, dove tutto il moto molecolare si arresta. Soltanto ed esclusivamente allora le cose vanno «in pari» con questa energia onnipervasiva, motivo per cui è nota anche come *energia di punto zero*.

È possibile dimostrare che, a quel punto, questo geysir nascosto si rivela. L'elio non potrebbe rimanere liquido allo zero assoluto se non ricevesse un po' di energia che gli impedisce di congelare. (Si tratta dell'unico elemento in natura che, per quanto lo si raffreddi, non congela.) L'energia di punto zero, dunque, si manifesta quando è assente ogni altra forma di energia. Per far fluire verso di noi l'illimitata energia di tale schiuma quantistica dovremmo creare condizioni di temperatura inferiore allo zero assoluto. Questo significa far muovere gli atomi più lentamente rispetto a quando sono «fermi».

Più lenti che fermi? I greci di sicuro indugerebbero su questo grattacapo. Risolvetele, e l'energia dell'universo sarà vostra. Nel frattempo, chiariamo bene una cosa: se il cosmo è soffuso di un'energia che fa ampiamente

sfigurare le onde di luce e i campi elettrici che ci circondano, questo significa che la sostanza dell'Essere, la natura di tutte le cose, il vero Sé che soggiace alla consapevolezza e alla vita stessa, l'apparente vacuità che sembra essere la matrice, il cavalletto, lo scenario di tutte le umane sventure, è invece un'entità di inconcepibile potenza.

La sua energia va oltre gli standard. Il potenziale è illimitato. Il fatto che non riusciamo a vederla o a percepirla non significa niente: i nostri sensi sono architettati per percepire quello che ci è utile nella vita quotidiana. Quale vantaggio avremmo se riuscissimo a percepire l'accecante ultraenergia che permea ogni recesso della realtà?

Allora, cambiamo il nostro modo di vedere il cosmo. Proviamo a concepire le entità visibili come oggetti fluttuanti che si materializzano dalla soggiacente energia del vuoto, ben più potente, ma ignota, in quanto impercettibile alla vista. Cambiando prospettiva in questo modo, riusciamo forse a percepire un'unità fondamentale invece delle singole entità divise dallo spazio? Non ci rendiamo conto, in ogni caso, che è la nostra mente pensante a isolare gli oggetti conosciuti entro margini di colore, forma o utilità? Lo spazio, dunque, è ancora una realtà o è solo percezione?

Proviamo a riassumere tutto questo ricordandoci per prima cosa i vari motivi per cui lo spazio non può essere quel semplice divario vuoto tra gli oggetti che si pensava fino a qualche tempo fa. Proviamo a elencarli.

1. Lo spazio vuoto non è mai vuoto, soprattutto se prendiamo in considerazione i campi, i fotoni, i neutrini, l'energia del vuoto e le transitorie coppie particella-antiparticella.
2. Le distanze tra gli oggetti variano in funzione di una moltitudine di condizioni relativistiche; non esiste pertanto una distanza inviolabile, da nessuna parte e tra nessuna coppia di oggetti.
3. In base alla teoria quantistica, vi sono seri dubbi sul fatto che gli oggetti anche molto distanti tra loro siano realmente e pienamente separati.
4. Le separazioni tra gli oggetti spesso vengono chiamate spazio solo perché il linguaggio e le convenzioni ci inducono a tracciare dei confini.

E poi, ancora, il biocentrismo ci mostra che poiché l'osservatore e l'universo sono correlati, lo spazio «là fuori» fa parte di un *continuum* di

coscienza e non esiste nulla oltre all'osservatore. In verità, le regioni più remote dello spazio si trovano qui, nella nostra mente.

E tuttavia, la sofferenza mentale imposta dal problema dello spazio non accenna ad attenuarsi. I fisici teorici si interrogano sulla possibilità che esista una quantità di spazio minima e indivisibile: per alcuni è così. Altri propongono di aggiungere altre dimensioni alle quattro dello spazio-tempo. Vi sono argomentazioni complesse e matematicamente plausibili a sostegno dell'esistenza di dimensioni extra, invisibili. D'altra parte, molti scienziati ritengono che le dimensioni spaziali aggiuntive siano pura speculazione, e che debbano restare tali finché non emerga una reale evidenza sperimentale o osservativa.

Anche a voler scartare le cose che ci sembrano più assurde, ne restano parecchie a cui pensare. Siamo partiti da una semplice domanda: «Che cos'è lo spazio?» – il componente principale del cosmo. E finiamo con la testa che gira. Una cosa è certa: la nostra idea del cosmo, antica e collettiva, è stata confutata, e non si può dire nemmeno che si tratti di una conclusione originale.

Già nel 1781, lo stesso anno nel quale fu scoperto il pianeta Urano, il filosofo prussiano Immanuel Kant scriveva: «Dobbiamo abbandonare la concezione di spazio e tempo come vere qualità insite nelle cose [...] tutti i corpi, e lo spazio in cui si trovano, devono essere considerati solo una mera rappresentazione in noi, e non esistono al di fuori dei nostri pensieri».

Il biocentrismo, ovviamente, mostra che lo spazio è una proiezione che origina dalla nostra mente, là dove nasce l'esperienza. È uno strumento della vita, è la forma attraverso la quale i sensi esterni permettono a un organismo di organizzare le informazioni sensoriali e di maturare dei giudizi su qualità e intensità di ciò che viene percepito. Lo spazio non è un fenomeno fisico e, pertanto, non dovrebbe essere studiato nello stesso modo in cui lo sono gli elementi chimici o le particelle in movimento.

Kant diceva anche che è la nostra mente a elaborare le informazioni sul mondo, per dargli un ordine, ed è la nostra mente a relazionare le condizioni di spazio e tempo agli oggetti che vengono esperiti.

In termini biologici, l'interpretazione degli input sensoriali nel cervello dipende dal percorso neuronale che essi compiono. Per esempio, tutte le

informazioni che arrivano sul nervo ottico sono interpretate come luce, mentre la localizzazione di una sensazione in una parte specifica del corpo dipende dal cammino che essa compie per arrivare al sistema nervoso centrale.

«Lo spazio» disse Einstein sprezzante, rifiutandosi (al momento) di farsi coinvolgere in riflessioni filosofiche più approfondite sul tema, «è ciò che misuriamo con un righello.» Ma è chiaro che anche la sua definizione dovrebbe enfatizzare il «noi». A cosa serve lo spazio, se non all'osservatore?

Potremmo compiere uno dei classici esperimenti mentali di Einstein e provare a immaginarci il cosmo se tutti gli oggetti e la vita venissero rimossi. D'impulso, potremmo affermare: «Esisterebbe solo lo spazio». Ma basta pensarci un attimo per capire quanto è «vacua» (ah!) questa dimostrazione. Non torniamo così agli antichi greci che inveivano contro il vuoto, perché non si può «avere» il vuoto? Che cosa ne definirebbe i confini?

È inconcepibile che qualcosa esista nel mondo fisico senza una sostanza o una fine. Anche se il vero vuoto trovasse ancora posto nella scienza – come abbiamo visto, non è più così – sarebbe insensato attribuire una realtà indipendente allo spazio veramente vuoto.

Pertanto, non siamo «qui», individualmente, con un divario vuoto – spazio morto – tra noi e, poniamo, le altre galassie. Lo spazio è irreali su più livelli ed è fuorviante concepire «tutto ciò che esiste» come una vasta sfera per la maggior parte vuota. Le dimensioni di un qualunque oggetto dipendono dal sistema di riferimento e cambiano ulteriormente per effetto delle leggi quantistiche, tanto che è legittimo chiedersi se permanga una qualche separazione assoluta. Una correlazione, pertanto, pervade quello che una volta si chiamava etere.

Infine, se proviamo a rispondere alla vecchia domanda sulle dimensioni dell'universo – che adesso sappiamo includere la coscienza ed essere correlato con noi stessi – dobbiamo prendere atto di quanto sia futile ogni sforzo di «raffigurarci» un'entità che non possiede un'estensione fissa.

Così, oltre a un cosmo che esiste al di fuori del tempo e che non ha un inizio né una fine, e oltre a capire che la parola *spazio* non simboleggia

nulla di sensato, siamo arrivati a un'altra rivelazione: *l'universo è adimensionale*.

* *Homo bewilderus* («turbato») è un'espressione coniata da Berman. [N.d.T.]

10. L'universo casuale

Un colpo di dadi non abolirà mai il caso

STÉPHANE MALLARMÉ, titolo di una poesia, 1897

Sarebbe inutile sforzarsi di inventare il taco, se già esistesse. Perché investire le proprie energie in un progetto che non è necessario? L'unica ragione per creare un nuovo modello della vita e del cosmo è che il paradigma vigente sia difettoso.

Lo è? Be', abbiamo visto nel primo capitolo che la biografia standard del cosmo, recitata nelle scuole di tutto il mondo, coinvolge un Big Bang e poi le quattro forze fondamentali della natura, le quali esercitano la loro magia su due delle tre tipologie fondamentali di materia. (Si tratta dei quark e degli elettroni; possiamo tralasciare i neutrini poiché non prendono parte alla costruzione degli oggetti che compongono l'universo.)

La vita e la coscienza, secondo questo modello, non sono centrali né per il processo della creazione né per la sua evoluzione o mantenimento. Sono posticci, fortuiti a dire il vero. Il fatto stesso che voi e io siamo qui è solo un colpo di fortuna senza conseguenze. Il fatto che sia comparsa la vita è irrilevante per il cosmo, come lo sono gli anelli di Saturno. È una specie di ciliegina sulla torta, un abbellimento. A ben pensare, in quanto forme viventi potremmo ritenere che la vita sia un'importante conquista della natura, ma secondo gli scienziati non è stata cruciale né inevitabile nella storia del cosmo.

A questo punto il lettore è ben consapevole che la *nostra* visione non potrebbe essere più antitetica, poiché biocentrismo, come suggerisce il nome stesso, significa che la vita e la consapevolezza sono attributi indispensabili del cosmo.

Il libro tratta ovviamente di questo; come in tribunale, stiamo procedendo per gradi, una prova alla volta, per dimostrare che le cose stanno proprio così. Un passo imprescindibile è confutare la visione dominante. Finché il paradigma corrente non viene messo in discussione, le alternative possono trovare spazio, se va bene, nei settori «se» e «forse» delle biblioteche.

Già sappiamo che la visione attuale è saldamente radicata in una modalità spazio-temporale: voi e io siamo corpi su un pianeta situato in una specifica regione cosmica. Il nostro mondo ha avuto origine 4,65 miliardi di anni fa, circa 9,15 miliardi di anni dopo il Big Bang, e così via. È così che immaginiamo le cose, o (si spera) le immaginavamo: già sappiamo, infatti, che né lo spazio né il tempo possiedono una realtà intrinseca, ma sono strumenti della percezione animale. Una volta eliminati spazio e tempo c'è un altro concetto che gioca un ruolo centrale nel modello standard odierno: la casualità, o la probabilità.

Abbiamo tutti familiarità con la «legge dei grandi numeri» e nessuno può contestarne il valore. È noto che se si lancia dieci volte una moneta il risultato più probabile è ottenere cinque volte testa e cinque croce. Ma non ci stupiremmo se ottenessimo sette volte testa e tre volte croce. Pertanto, il 70 per cento di risultati «testa» in una singola prova da dieci lanci non turba nessuno. Se abbiamo frequentato un corso di statistica all'università, ricorderemo anche che al crescere delle dimensioni del campione, o di N , la legge dei grandi numeri comincia a sembrare così magica da essere quasi inviolabile. Infatti, lanciando 10000 volte una moneta, possiamo essere ragionevolmente certi che non otterremo 7000 volte testa, anche se questo risultato non farebbe che replicare, apparentemente, il 70 per cento di risultati «testa» ottenuti nel primo esperimento. In effetti, se ottenessimo 7000 volte testa ci sembrerebbe così strano da indurci saggiamente a dubitare dell'autenticità della moneta o dell'imparzialità dello sperimentatore, invece di accettarne il risultato.

In altri termini, la statistica costituisce una chiave di lettura estremamente affidabile per capire quel che accade. Proprio per questo, quando i fautori del modello dell'«universo stupido e casuale» (in pratica, la quasi totalità delle persone) sostengono che tutto sia emerso per caso, la cosa sembra ragionevole. In base alla probabilità, sembra plausibile perfino che da un

cosmo insensibile e inanimato siano emersi, con il tempo, i colibrì, per puro caso.

Dalla parte opposta si trova un ampio spettro di punti di vista religiosi; tuttavia, eviteremo deliberatamente di parlare di Dio, soprattutto in considerazione del fatto che è possibile pensare ad altre vie non casuali che abbiano permesso al cosmo di modellare architetture complesse – per esempio, una natura intrinsecamente intelligente e l'intelligenza come parte integrante dell'intera faccenda.

Per secoli innumerevoli si diede per scontata l'esistenza di una qualche intelligenza cosmica o divinità creatrice; era consuetudine anche fra gli scienziati, che fino al diciannovesimo secolo si chiamavano *filosofi naturali*. Perfino un pensatore brillante come Isaac Newton, verso la fine della sua vita scrisse: «Da dove nascono tutto quell'Ordine e quella Bellezza che osserviamo nel mondo? [...] Come è possibile che il corpo degli animali sia stato architettato con tale arte? [...] Forse che l'occhio fu architettato senza le sue abilità ottiche?».

O potremmo citare Cicerone, che scrisse, oltre duemila anni fa: «Perché neghi che l'universo sia un'intelligenza cosciente, quando dà vita a intelligenze coscienti?».

Così il paradigma dell'«universo intelligente» ha prevalso per la maggior parte della storia documentata, o attraverso il riconoscimento di un burattinaio onnisciente – Dio – o presupponendo l'esistenza di un acume innato, come nell'affermazione «Non si può ingannare Madre Natura». L'eliminazione completa dell'intelligenza cosmica, in qualunque forma, è un traguardo abbastanza recente, benché sia la norma al giorno d'oggi per la scienza. Tuttavia, nel linguaggio comune si continuano a dire frasi come «La natura sa quello che fa».

A ogni modo, il moderno paradigma dell'universo stupido fa sì che la complessa architettura fisica e biologica che ci circonda si debba spiegare in qualche altro modo. E il caso è tutto quel che abbiamo. È tutto accidentale. Il modello dell'universo stupido è in balia della casualità.

La casualità è centrale anche nella teoria dell'evoluzione, dove funziona magnificamente. Darwin aveva colto nel segno con la selezione naturale. Ha un senso il fatto che le giraffe abbiano sviluppato un collo lungo perché

i progenitori che, per caso, avevano una mutazione casuale che codificava per un collo più lungo del normale erano avvantaggiati nel raggiungere le foglie e la frutta poste sui rami più alti. Nel tempo – e non ci vuole poi tantissimo – la selezione riproduttiva favorì i mammiferi dal collo più lungo e diede loro una marcia in più nella pianura di Serengeti.

L'evoluzione funziona, ed è basata sulle mutazioni casuali abbinata alla selezione naturale. Stando così le cose, la comunità scientifica è ben contenta se la gente si adagia sul pensiero che «il caso» sia applicabile anche a tutto il resto, inclusi l'intero universo e la comparsa della vita e della coscienza.

Ora, molti, se non la maggior parte dei fautori del disegno (o progetto) intelligente meritano la propria fama di ostinati anti-scientisti. Difendono la Bibbia a tutti i costi, anche quando sostiene che una persona chiamata Noè salvò due membri di ogni specie (ce ne sono otto milioni) perché sopravvivessero a un'inondazione di dimensioni planetarie di cui non c'è traccia. (In effetti, a parte il fatto che due animali per specie non avrebbero garantito una biodiversità sufficiente per la sopravvivenza della specie stessa, un'inondazione globale che arrivi a sommergere l'Himalaya è problematica: se anche ogni singola molecola di vapore d'acqua presente nell'aria precipitasse in forma di pioggia, le acque marine si innalzerebbero soltanto di due centimetri e mezzo.) La strenua difesa delle Scritture, a prescindere da quanto improbabile sia un determinato passaggio, inchioda costoro su posizioni indifendibili. Ma diamo loro credito di questo: quando lamentano che la creazione dell'architettura dell'occhio non si può spiegare con la selezione naturale, e alcuni scienziati rispondono liquidandoli con sufficienza, sono questi ultimi a peccare di superficialità.

La selezione naturale funziona perché una mutazione casuale conferisce un vantaggio che permette a un animale una miglior sopravvivenza ai fini della riproduzione. Ma per un occhio – qualunque occhio, anche il più primordiale – non basta che una mutazione abbia creato una cellula sensibile alla luce; serve anche un sistema nervoso o qualche altro sistema per trasmettere le sensazioni a un cervello, o a un precursore dello stesso, in modo che le informazioni trovino un impiego, per esempio, nella locomozione da o verso la sorgente luminosa. La vista richiede anche una

struttura cellulare «percettiva» dove si possa formare un'immagine, fosse anche solo una rudimentale sensazione di luminosità. In poche parole, anche la visione primitiva richiede ben più di una singola mutazione genetica. Non importa se ai primi occhi mancavano i sofisticati elementi della visione animale odierna, come lo straordinario insieme dei muscoli per la messa a fuoco e la regolazione del diametro della pupilla, o i diversi tipi di cellule retinali sensibili al colore, il cristallino, il nervo ottico e un anfiteatro di miliardi di neuroni e sinapsi specializzati, che determinano infine la percezione dell'immagine. Gli animali odierni possono beneficiare di un'architettura decisamente elaborata. Ma anche alla versione più semplice, più primitiva degli occhi serviva una *qualche* struttura per essere minimamente utile.

Una singola mutazione non avrebbe portato a nulla. Non avrebbe conferito alcun beneficio, niente di vantaggioso da trasmettere alla prole. E quali sono le probabilità che in un singolo animale si verifichi una profusione di mutazioni simultanee, indipendenti, ma necessarie l'una per l'altra?

Così (ragionano alcuni) l'occhio e altre disposizioni biologiche complesse, i cui componenti funzionano soltanto nel contesto di un'intera struttura architettonica, sono prove a favore di un'innata intelligenza «progettuale» o altrimenti (sempre secondo lo stesso ragionamento) di un abile Creatore. In breve, l'evoluzione spiega meravigliosamente i «miglioramenti» nella specie oltre che le strategie adattative e i cambiamenti di configurazione, ma non spiega molti aspetti biologici *originari*, come la comparsa della vita stessa, e nemmeno alcuni organi vitali.

Se si delega pigramente all'evoluzione il compito di spiegare pressoché ogni aspetto della vita e dei suoi cambiamenti, sorge un altro problema. Anche se l'evoluzione nella sua forma classica è di straordinario aiuto per comprendere il passato, non riesce a coglierne il «motore». Bisogna aggiungere l'osservatore all'equazione. In effetti, Niels Bohr, grande fisico e premio Nobel, disse: «Quando misuriamo qualcosa, forziamo un mondo indeterminato, indefinito, ad assumere un valore sperimentale. Non stiamo "misurando" il mondo, lo stiamo creando».

Gli evolucionisti provano a far tutto da soli. Pensano che noi, l'osservatore, siamo un accidente insensato, residui di un'esplosione avvenuta un giorno, dal nulla. Loren Eiseley, il grande naturalista, una volta disse che gli scienziati «non sempre sono riusciti a capire che una vecchia teoria, con una minima svolta, può spalancare un orizzonte completamente nuovo alla ragione umana». La teoria dell'evoluzione ne è la riprova perfetta: sorprendentemente, tutto acquista un senso se si assume che il Big Bang sia *la fine* della catena della causalità fisica, e non l'inizio.

Se noi, l'osservatore, determiniamo il collasso delle possibilità (ossia il passato e il futuro), che cosa ne è della teoria dell'evoluzione spiegata nei libri di scuola? Finché il presente non è determinato, come può esserci un passato? Il passato comincia con l'osservatore – noi – e non, come ci hanno insegnato, viceversa.

Forse serve un po' di tempo per assimilare questo concetto; risulta immediatamente chiaro, invece, quanto sia inutile attribuire un qualche ruolo alla casualità nella genesi della *coscienza*. La percezione, o consapevolezza, è una qualità che è rimasta sfuggente per tutti i ricercatori; la sua origine si sottrae a qualunque spiegazione. In effetti, chi ne ha affrontato lo studio si unisce a Ralph Waldo Emerson nel dichiararla un profondo mistero, come scrutare un «luogo sacro». Questa natura enigmatica comporta sfide e ostacoli per lo scienziato, dal momento che tutto quello che vediamo e pensiamo dell'universo – il fatto stesso di vedere e di pensare – coinvolge la percezione. Se la consapevolezza comporta di per sé dei preconcetti – e mostreremo che è così – non possiamo nemmeno iniziare a comprendere il cosmo se prima non capiamo la coscienza stessa.

Ma riprendiamo il filo del discorso. Separato da tutto questo, dalla coscienza e dalla vita, c'è il moderno paradigma, secondo il quale le fondamenta su cui è edificato l'universo sono il tempo, lo spazio e la casualità. Abbiamo attentamente esaminato e demolito il tempo e lo spazio in quanto entità dall'esistenza autonoma e indipendente. Passiamo alla casualità, cercando di essere altrettanto scrupolosi ed esaustivi.

In qualità di osservatori, riteniamo che gli eventi casuali abbiano prodotto la maggior parte di quello che vediamo. La distribuzione dei crateri sulla superficie di Mercurio sembra casuale tanto quanto le striature di uno

sciacallo. E nel mondo quantistico dell'infinitamente piccolo, le cose si possono inquadrare soltanto da un punto di vista probabilistico. Anche se in molti contesti funziona splendidamente, «il caso» è in realtà un processo interessante che spesso viene frainteso.

La più famosa introduzione alla probabilità è l'esperimento mentale delle scimmie con le macchine da scrivere, o «teorema della scimmia instancabile». Lo conosciamo tutti: se un milione di scimmie premeranno a caso i tasti di un milione di tastiere per un milione di anni, si otterranno tutti i capolavori della letteratura. È proprio così?

Una decina di anni fa alcuni primatologi misero davvero computer e tastiera davanti a un gruppo di macachi per vedere che cosa sarebbe successo. Gli animali non digitarono praticamente niente. Invece, gettarono per terra la tastiera, la usarono come toilette e in breve compromisero l'attrezzatura. Di certo non produssero alcun tipo di saggezza scritta.

Ma torniamo a noi. Confineremo l'esperienza nella nostra mente, come amava fare Einstein con i suoi esperimenti mentali. Davvero un milione di scimmie diligenti, premendo i tasti per un milione di anni, *potrebbero* creare *Amleto*? E se una di loro, battendo a caso sulla tastiera, al novantasettemiliardesimo tentativo riscrisse *Moby Dick* parola per parola, ma senza digitare il punto finale, varrebbe ugualmente?

Che ci crediate o meno, si tratta di un problema interamente risolvibile. Ora, le tastiere offrono diversi punti su cui premere; supponiamo che la nostra macchina da scrivere abbia cinquantotto tasti. Limitandosi a eventi casuali, considerate la difficoltà di produrre anche solo l'incipit originale di *Moby Dick*, «Call me Ishmael» («Chiamatemi Ismaele»), composto da quindici battute tra lettere e spazi. Quanti tentativi casuali servirebbero?

Dati 58 tasti possibili, servirebbero $58 \times 58 \times 58 \times 58 \dots$, per quindici volte, che corrisponde a circa 283 milioni di miliardi di miliardi di tentativi. Ma ricordatevi che abbiamo un milione di scimmie al lavoro. Supponiamo che scrivano quarantacinque parole al minuto; in questo modo, per le quindici battute della frase servono soltanto quattro secondi. Supponiamo inoltre che le scimmie non riposino né dormano mai. Quanto tempo ci vuole, quindi, secondo le leggi probabilistiche, prima che una scimmia finalmente scriva «Call me Ishmael»?

Risposta: circa 36000 miliardi di anni, ovvero circa 2600 volte l'età dell'universo.

Pertanto, un milione di scimmie che battono furiosamente la tastiera non riuscirà mai nemmeno a riprodurre un incipit brevissimo di un libro. Morale: dimenticate la storia delle scimmie con la macchina da scrivere: è falsa.

Il vero problema, quando ci si affida al caso per spiegare ciò che è altrimenti inspiegabile, è che si sopravvaluta di molto il potere degli eventi casuali. Per esempio, è indubbio che gli astronomi sperino di trovare la vita altrove, dando per scontato che l'esistenza di qualunque forma di vita aliena abbia fatto la sua comparsa attraverso processi fisici o chimici casuali. Gli esobiologi potrebbero tentare, quindi, di risolvere la questione della genesi della vita in un remoto sistema stellare in base a questo presupposto. A parer nostro, però, esso non è di alcuna utilità. Poiché, sia nell'immaginario popolare sia tra gli scienziati, si tende ad attribuire al caso molta più incisività di quella che merita, probabilmente faremmo meglio ad ammettere candidamente che «è un mistero»; i ricercatori potrebbero quindi iniziare ad affrontare la questione da capo, senza pregiudizi.

Quel che stiamo prendendo in esame è la possibilità che un particolare compito complesso, come la creazione della vita e della coscienza, sia espletato per puro caso. Dati i grossi limiti del caso, in questo senso, ci resta da capire perché – paradossalmente – gli eventi casuali creino comunque, in apparenza, una sbalorditiva serie di possibilità.

Consideriamo i modi in cui si possono disporre quattro libri su uno scaffale. Le possibilità si calcolano moltiplicando $4 \times 3 \times 2$, ovvero calcolando «quattro fattoriale», che si scrive $4!$ e dà come risultato 24. E dieci libri? Facile: si calcola 10 fattoriale, $10 \times 9 \times 8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2$, che dà come risultato – pronti? – 3628800 modi diversi. Pensateci: passando da quattro a dieci oggetti, le possibili disposizioni aumentano da 24 a oltre 3 milioni e mezzo.

Provate a immaginare di estrarre dieci libri da uno scatolone e poi disporli in fretta e a caso su uno scaffale. Direste mai che c'è una sola probabilità su circa 3 milioni e mezzo di ritrovarli in ordine alfabetico? Pochi di noi indovinarebbero un valore così basso. Certo, è molto improbabile che

della vita. Viviamo in un cosmo finemente calibrato. È un posto in cui qualunque aggiustamento casuale che determinasse la comparsa di parametri anche solo lievemente diversi in centinaia di modi indipendenti non consentirebbe l'emergere di alcun tipo di vita. Basterebbe che la costante di gravitazione universale differisse del 2 per cento, oppure che si modificasse l'ordine di grandezza della lunghezza di Planck, della costante di Boltzmann o dell'unità di massa atomica, e non ci sarebbero più né le stelle né la vita.

Pertanto, un cosmo che permetta perfino la vita – oltre che il suo sviluppo – solamente in virtù del caso è del tutto inconcepibile. *La casualità non è un'ipotesi sostenibile.* A dire il vero, come spiegazione è prossima all'idiozia, quasi al livello di «il cane mi ha mangiato i compiti». È come se i sostenitori dell'«universo stupido» pretendessero che la loro teoria fosse valida per marciare in sincrono con la sua premessa centrale.

E così, viene a cadere l'ultima pietra angolare dell'attuale «spiegazione» del cosmo. Il caso toglie il disturbo insieme ai suoi compagni, tempo e spazio. Il modello popolare moderno, che ruotava intorno a quella triade, sembrava in effetti una spiegazione debole e forzata, a cui bastasse un rapido esame o poco più per essere demolita.

Naturalmente, anche una volta schierato tutto l'insieme di condizioni idonee e di costanti fisiche favorevoli, la vita e la coscienza, secondo il moderno paradigma, devono comunque riuscire a emergere per puro caso. E non si tratta di cosette semplici, facili da confezionare.

Riassumiamo le principali condizioni fisiche indispensabili perché possa emergere la vita. Per prima cosa, due specifiche forze fondamentali, l'elettromagnetismo e l'interazione forte (che agisce solo a distanze molto piccole), devono avere degli specifici valori. Il primo è responsabile dei campi elettrici che trattengono gli elettroni in prossimità dei nuclei atomici, permettendo agli atomi di esistere. Tuttavia, anche i nuclei atomici non starebbero insieme senza un'interazione forte perfettamente calibrata, poiché è solo grazie a quest'ultima che più protoni possono accostarsi l'uno all'altro nel nucleo, sovrastando la natura repulsiva per le cariche dello stesso segno propria dell'elettromagnetismo. Senza protoni multipli, l'unico elemento che potrebbe esistere è l'idrogeno. Non abbiamo nulla contro

l'idrogeno, ma da solo non potrebbe produrre alcun tipo di organismo, anche se la natura attendesse con pazienza per eoni ed eoni.

Ecco che allora serve una terza forza fondamentale, la forza gravitazionale, che non sia né troppo debole né troppo forte, altrimenti non si possono formare le stelle. E potremmo proseguire in questo modo; ci limiteremo a dire che diverse decine di parametri fisici (secondo alcuni addirittura duecento) devono essere esattamente così come sono o, al massimo, entro un margine di uno-due punti percentuali, perché le stelle possano compiere la fusione nucleare, producendo calore e «nutrimento», perché si formino i pianeti e perché si creino gli elementi chimici oltre l'idrogeno. In breve: sì, è un universo perfetto, e ancora non ci siamo nemmeno occupati del processo di creazione della vita, con la sua pletora di requisiti – per esempio, un mondo che non sia né troppo freddo né troppo caldo né pieno di radiazioni – e le proprietà specifiche di alcuni elementi chiave come l'ossigeno e il carbonio che devono necessariamente manifestare proprio le caratteristiche che osserviamo.

Perfino localmente, qui sulla Terra, la vita sarebbe difficile o impossibile se non avessimo la nostra Luna, vicina e massiccia. In tal caso, infatti, l'inclinazione dell'asse terrestre subirebbe oscillazioni molto ampie e arriverebbe qualche volta a puntare direttamente al Sole; quest'ultimo, trovandosi lungo l'asse per interi mesi, produrrebbe temperature estremamente elevate. Il nostro pianeta, però, non è costretto ad affrontare questo caos. L'obliquità dell'asse è sostanzialmente stabile e mostra solo piccole e innocue variazioni di $\pm 1,2^\circ$ intorno a un valore medio di $23,3^\circ$ – appena inferiore a quello attuale. Se il momento meccanico dovuto all'attrazione della Luna fosse assente, l'inclinazione dell'asse passerebbe da un valore quasi nullo (che corrisponde all'assenza di stagioni) a circa 85° (in pratica, sarebbe sbilanciato verso il Sole come quello del povero Urano).

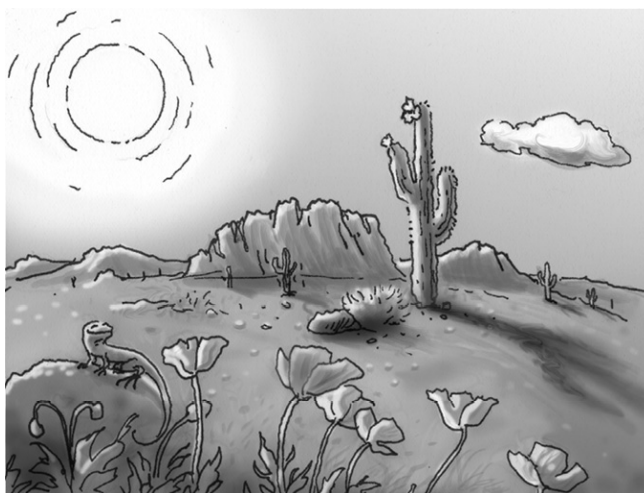
Così la Luna regola il nostro clima, mantenendolo mite e relativamente costante nel corso del tempo; se così non fosse, andremmo periodicamente incontro a condizioni estremamente ostili, rispetto alle quali le glaciazioni sembrerebbero cambiamenti impercettibili della temperatura ambiente.

E come abbiamo ottenuto la Luna? Grazie alla collisione con tempistiche perfette di un corpo grande come Marte, proveniente da una direzione

favorevole con una velocità corretta – non troppo veloce o massivo da distruggerci, né così piccolo da non riuscire a farcela. La direzione conta, perché, a differenza delle altre lune principali del sistema solare, *la nostra è l'unica a non orbitare sul piano equatoriale del proprio pianeta*. La nostra Luna ignora l'inclinazione assiale della Terra. Se orbitasse normalmente, non si troverebbe sempre sul piano orbitale terrestre, esercitando così il suo momento meccanico lungo la congiungente Terra-Sole, dove è massimo l'effetto di stabilizzazione che esercita sul nostro asse. Un altro evento fortuito.

Questo è un universo estremamente improbabile. Talmente improbabile che perfino i fisici più irriducibili, fautori della casualità e promotori dell'ateismo, devono ammettere che il cosmo è estremamente inverosimile in termini di predisposizione alla vita. L'esistenza combinata di tutti i valori favorevoli alla vita di tutte le sue costanti fisiche sussiste a dispetto di una probabilità incredibilmente bassa, di uno su diverse centinaia di milioni.

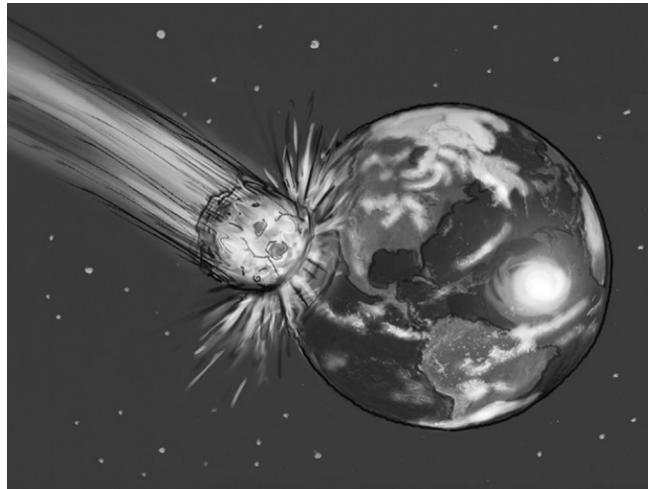
Le figure seguenti illustrano alcune delle caratteristiche che rendono la nostra realtà estremamente improbabile. Presa singolarmente, ciascuna di esse si potrebbe trascurare. Ma se le si considera nel loro insieme, queste «coincidenze» producono un universo così straordinariamente favorevole alla vita da esigere una spiegazione.



Il nostro universo fu creato accidentalmente, per caso? Se è così, abbiamo sfidato ripetutamente la sorte, poiché la nostra è una realtà estremamente improbabile. Il Sole, essenziale per la vita, non esisterebbe se il valore di una qualunque tra diverse costanti fisiche fondamentali differisse anche di un misero 1 per cento rispetto a quello che ha realmente.



Se il nostro Sole avesse avuto una massa sensibilmente più grande, sarebbe esploso in una supernova molto tempo fa. Anche una stella molto massiva nella nostra regione celeste, quando fosse «divenuta supernova» avrebbe modificato il flusso di radiazioni che investe la Terra.



La Terra è stata colpita da oggetti celesti, nessuno dei quali grande abbastanza da distruggerla. La storia sarebbe ben diversa se non fosse per il gigantesco Giove, che ha deflesso o alterato con la sua grande massa l'orbita della maggior parte degli oggetti pericolosi in arrivo.



Non ci sarebbero né stelle né vita, e nessun elemento oltre l'idrogeno, se l'interazione forte entro ogni atomo fosse anche solo leggermente più debole di quella che è.



La rigogliosa vita terrestre sarebbe impossibile senza la Luna. Il suo influsso stabilizza l'inclinazione assiale della Terra, evitando variazioni caotiche che avrebbero reso il pianeta inospitale.



La nostra fortuna non si è esaurita con le proprietà fisiche dell'universo. *S. tchadensis*, *O. tugenensis*, *A. ramidus*, *A. anamensis*, *A. afarensis*, *K. platyops*, *A. africanus*, *A. garhi*, *A. sediba*, *A. aethiopicus*, *A. robustus*, *P. boisei*, *H. habilis*, *H. erectus*, e *H. georgicus*, insieme ad altre specie di ominidi, si sono estinti tutti. Perfino i Neanderthal si sono estinti. Ce l'abbiamo fatta soltanto noi.

Questa natura iperimprobabile, proprio da un punto di vista prettamente fisico, mette a disagio molti fisici, costringendoli a riconoscere che c'è un gran bisogno di una spiegazione scientifica. Ne è derivata, a sua volta, una motivazione in più per perseguire concetti come le superstringhe, cui qualcuno si ostina ad aggrapparsi malgrado attualmente la si ritenga una teoria fallita. La teoria delle stringhe non ha rappresentato solo la speranza di arrivare a un'unificazione per tutte le forze: solo vent'anni fa si guardava

con ottimismo alla possibilità che, incorporando matematicamente otto dimensioni extra, si riuscisse a spiegare perché il cosmo è quello che è.

Non è così e non è accaduto. Al contrario, la teoria delle stringhe è compatibile con almeno 10^{500} «soluzioni», tanto che i suoi detrattori la chiamano sprezzanti una *teoria di qualsiasi cosa*. (E ogni ipotesi che permetta qualsiasi cosa, in realtà, non spiega niente). La ragione per cui rimane allettante per coloro che desiderano disperatamente spiegare la natura inverosimilmente favorevole alla vita del nostro universo è che, tra i pochi fautori rimasti, alcuni affermano che tutte quelle soluzioni non siano la prova di un'inutile ipotesi «va bene tutto», ma invece suffraghino l'idea di innumerevoli *multiversi* – altri universi paralleli dove le molteplici soluzioni delle stringhe si manifestano tutte.

E come può aiutare tutto questo? Be', secondo questo ragionamento, se ci sono davvero 10^{500} altri universi là fuori, ciascuno con diverse proprietà dettate dal caso, allora la stragrande maggioranza sarà governata da leggi fisiche che non sono favorevoli alla vita. Alcuni di questi multiversi potrebbero, per caso, accogliere le condizioni che permettono l'esistenza della vita. Noi viviamo in uno di questi. E dove mai potremmo vivere, altrimenti, se siamo qui a domandarcelo? Quindi il nostro cosmo, con le sue condizioni favorevoli alla vita apparentemente impossibili, non è più così strano. Non richiede più alcuna spiegazione. Questo ragionamento a multiversi basati sulle stringhe permette all'istante al nostro universo iperinverosimilmente propizio di subire un'improvvisa metamorfosi e di passare da straordinario ad appena degno di nota. Ragionando in questo modo, la spiegazione accidentale della realtà si guadagna una nuova possibilità, e l'assenza di vita diventa la normalità cosmica.

Naturalmente, la maggior parte dei fisici non se la beve. Il fisico matematico Peter Woit, della Columbia University, non la manda a dire e spiega:

Nel corso del xx secolo i fisici idearono potenti e persuasive teorie fondamentali, di grande successo, ma gli ultimi quarant'anni circa sono stati difficili, con scarsi progressi. Purtroppo, alcuni teorici di spicco si sono ormai sostanzialmente arresi e hanno optato per una facile scappatoia [...]. Costoro permettono che idee teoriche come la teoria delle stringhe, che sono risultate vacue e consistenti con *qualunque cosa*, restino in vita invece di essere abbandonate. C'è la deprimente possibilità che la fisica faccia questa fine. Ma io continuo a sperare che sia

una moda destinata a sparire presto. È estremamente oneroso trovare un modo migliore e più approfondito per comprendere le leggi della fisica, ma rientra nelle nostre capacità di esseri umani, nella misura in cui lo sforzo non viene affossato da chi offre una non-risposta al problema.

Applicando il rasoio di Occam – la teoria secondo la quale la spiegazione più semplice è in genere la migliore – scopriamo che il biocentrismo offre un’ovvia spiegazione alternativa al nostro universo improbabilmente favorevole alla vita, e cioè, che è favorevole alla vita perché è una realtà creata dalla vita stessa!

Detto questo, eviteremo *ancora* di presumere che la realtà comprenda una qualche intelligenza soggiacente, invece della semplice e stupida casualità. Invece, prenderemo un altro foglio bianco e continueremo a passare in rassegna quello che ci ha detto realmente la scienza durante l’ultimo secolo, senza alcun pregiudizio, né da una parte né dall’altra. Ma prima facciamo una piccola deviazione.

11. Affrontare la realtà

Gettate la sabbia contro il vento,
E il vento ve la getta indietro.

WILLIAM BLAKE, *Burlatevi, burlatevi, Voltaire, Rousseau*, 1796

Questo libro ha già dimostrato che l'universo è differente da come viene in genere percepito. La scienza, la logica e le scoperte degli ultimi cinquant'anni ci mostrano che i presupposti condivisi riguardo alla realtà sono lontani dal vero.

Adesso però facciamo una deviazione. In questo capitolo capiremo perché le conclusioni di questa ricerca reggano anche a livello viscerale, oltre la logica e la scienza... che fanno parte di una grande tradizione, dalle radici plurisecolari.

In fin dei conti, a essere onesti, una fraseologia ben congegnata può dimostrare qualunque cosa, almeno in apparenza – proprio come Zenone di Elea «dimostrò» che in una gara di corsa non si può battere una tartaruga. Gli autori sono ben consapevoli che alcuni lettori finiranno per minimizzare tutti gli argomenti razionali e le evidenze. Prendiamoci dunque alcuni minuti per andare brevemente in una direzione molto diversa. Esploreremo un approccio più intuitivo, anche a costo di aggirare il porto sicuro dell'analisi logica.

Non sorprenderà nessuno che la nostra deviazione comporti una svolta verso Oriente. È lì, nell'induismo e nel buddhismo, che permane la centralità di questi temi. Si tratta in verità di un'importante differenza tra le religioni occidentali e quelle che affondano le radici nel subcontinente indiano. Nella tradizione giudaico-cristiana, la dualità è essenziale nella percezione della realtà. I fondamenti della vita e del cosmo comprendono i rapporti – spesso tesi o conflittuali – tra l'individuo e la natura, oppure il sé individuale e il suo rapporto con una divinità da lui disgiunta. Quasi sempre

sono strutturati su base temporale, per esempio quando la vita presente è contrapposta al suo obiettivo spirituale, che si suppone essere nel futuro. Quindi per gli occidentali l'esistenza del tempo è un punto fermo. Aggiungete le prescrizioni dottrinali di obbedienza, il rituale praticato correttamente e le regole per il comportamento morale nella vita quotidiana, sancito dalla divinità, e otterrete gli ingredienti della maggior parte dei capitoli del Talmud, della Bibbia e del Corano.

In tutti questi testi, l'universo ha avuto un inizio. Solo Dio è al di fuori del tempo. Così la Sua creazione – il Tutto – esiste in una matrice a base temporale. Il tempo gioca un ruolo fondamentale nel determinare come «dovremmo» vivere e quel che ci dovrebbe esser più sacro. Infatti tutto il meglio, inclusa la ricompensa per un comportamento giusto, verrà soltanto nell'aldilà, e quindi non adesso, ma più avanti. Così le nostre tradizioni si basano sul fatto che inquadrano tutto in una prospettiva a base temporale. Nel fare questo, dividiamo il cosmo in diverse parti spazio-temporali, di cui la nostra anima e il nostro corpo sono solo un piccolo pezzo.

Questa mentalità pervade tutti gli aspetti della vita. Quando ammiriamo un'aurora o contempliamo il cielo attraverso un telescopio, il commento che si sente più spesso è: «Mi ha fatto sentire così piccolo». Benché questa umiltà, sulla carta, sembri ammirevole, sarebbe molto più edificante sentirsi del tutto inesistenti: né piccoli, né grandi, semplicemente assenti. Soltanto allora, senza il diversivo di provare a essere simultaneamente consapevoli dell'osservatore, la piena esperienza dell'oggetto percepito può manifestarsi, senza distrazione.

Confrontiamo la nostra visione dualistica con quella orientale. Quest'ultima si può comprendere con una lettura attenta dei testi originali – alcuni dei quali sono stati scritti molto prima della Bibbia – oppure attraverso le parole di interpreti moderni come Paramahansa Yogananda, Ramana Maharshi o Deepak Chopra. In ogni caso, si riduce essenzialmente a questo:

A prescindere da quello che si pensa e da come si ragiona, i saggi d'Oriente asseriscono da sempre che esiste un'esperienza diretta della realtà che è non verbale. Le religioni orientali, quindi, *si basano sull'esperienza*, in netto contrasto rispetto alla saggezza delle Scritture, che è sempre

mediata, anche se la fonte è affidabile. La saggezza delle Scritture va bene, ma nulla può sostituire l'esperienza diretta delle cose. Un libro può avvertirti che una stufa a legna scotta, ma basta un solo tocco accidentale e non dovrai più leggere nulla al riguardo.

Circa milletrecento anni fa, in India, Śāṅkara, da allora riverito, scrisse: «Sono realtà senza un inizio [...]. Non prendo parte all'illusione dell'“io” e del “tu”, del “questo” e “quello”. Sono [...] uno senza secondo, eterna beatitudine, l'immutabile, eterna verità. Dimoro in tutti gli esseri come [...] pura coscienza, il fondamento di tutti i fenomeni, interni ed esterni. Sono colui che ha e quel che è posseduto. Nei giorni della mia ignoranza, pensavo a queste cose come se fossero distinte da me. Ora so di essere tutto».

L'esperienza diretta della natura stessa della realtà è un evento che si riconduce essenzialmente al riconoscimento dell'unità, e a vedere oltre le illusioni del tempo e della morte. L'esperienza prende nomi diversi: realizzazione, illuminazione, unione con Dio, Satori, Samadhi, Nirvana e molti altri. Pare che, nel corso dei secoli e nel mondo intero, non siano solo i santi o alcuni guru a vivere questa esperienza di trasformazione. Succede anche alle persone ordinarie.

Il motivo per cui in questo capitolo ci avventuriamo in un simile argomento – commettendo una specie di eresia scientifica, poiché abbandoniamo temporaneamente l'evidenza empirica a favore di un resoconto aneddotico – è che uno degli autori (Berman) ha vissuto davvero questa esperienza quando aveva vent'anni. Questo ha generato una situazione piuttosto singolare e interessante nella stesura coautoriale del libro. Un autore arriva a conclusioni biocentriche rigorosamente attraverso la logica e la scienza; l'altro, benché sia pienamente d'accordo con la scienza, aderisce a questa idea soprattutto a un livello viscerale. Così, invece di aggirare il tema dell'«esperienza diretta della realtà», limitandoci a citare altri che ne avessero parlato, ci è parso opportuno condividere un'esperienza di prima mano, già raccontata da Berman nel 2008.

Ci fidiamo dei nostri istinti. Non serve un libro di scuola per insegnarci ad amare o a riconoscere un pericolo, o a lasciarci trasportare dalla gioia alla vista di un magnifico giardino. Ma quando si tratta di cogliere la natura

dell'esistenza, incappiamo e inciampiamo in teorie insensate, lo sguardo vacuo, mentre ci parlano di dimensioni extra e teoria delle stringhe.

In genere la vita ci offre varie e diverse fonti di conoscenza. Ma riguardo alle questioni essenziali della cosmologia e dell'esistenza? Qual è lo strumento giusto, in quel caso? La logica? La matematica? La scienza? I testi sacri? L'istinto?

Io l'ho scoperto poco dopo aver compiuto vent'anni. Lo racconto adesso per la prima volta.

Ero al terzo anno di università, e stavo ripassando in vista di un esame. Benché avessi completato con disinvoltura la maggior parte dei corsi di astronomia, sul piano filosofico l'universo era ancora essenzialmente, per me, un'entità vasta e misteriosa. Avevo provato a meditare durante l'ultimo mese, ma non si poteva veramente dire che avessi sperimentato nulla di illuminante. Mi stavo preparando per un esame di fisiologia, quando qualcosa che era scritto nel libro riguardo alla parte visiva del cervello mi procurò improvvisamente e pressoché istantaneamente la percezione intuitiva che la distinzione tra «esterno» e «interno» fosse illusoria. Poi quell'intuizione intellettuale divenne bruscamente qualcosa d'altro.

Fui improvvisamente sollevato da un enorme peso che non mi ero mai accorto di portare. Ebbe inizio un'esperienza indescrivibile a parole. Fu ineffabile e dirompente. Il meglio che posso dire è che l'«io» era improvvisamente scomparso, rimpiazzato dalla certezza di essere l'intero cosmo. Regnava una pace assoluta. Sapevo con certezza – non razionalmente, perché, come ho detto, Bob non esisteva più – che la nascita e la morte non esistono, che tutto è eternamente perfetto, che il tempo è illusorio e che tutto è uno. La gioia oltrepassava ogni possibile immaginazione. Questa certezza profonda, fino al midollo, si sarebbe potuta descrivere meglio, forse, come un *riconoscimento*, una sensazione antica di essere a Casa.

Quando si affievolì l'intensa esperienza iniziale, la stanza e i libri ritornarono di fronte a me, con la differenza, però, che tutto era profondamente alterato. Chiamiamolo «il secondo livello dell'esperienza». La sensazione di un «io» separato, di un osservatore che guardasse il mondo esterno, ancora non era tornata. Invece, tutto era uno, e io ero tutto quello

che vedevano i miei occhi. Era come se fino a quel momento la mia coscienza fosse stata confinata, simile a un canarino in una gabbia, e la falsa sensazione di essere un individuo pensante separato e isolato fosse svanita. Gli oggetti non erano più entità disgiunte esistenti nello spazio; tutto, invece, faceva parte dello stesso *continuum*.

Quando vedevo qualcuno, io *ero* quella persona. L'universo era un'unica entità senza tempo. Non c'erano miliardi di umani e di animali. C'era un'unica entità, vivente e imperitura. (E no, nel caso ve lo foste chiesti, *non* si trattò di un'esperienza indotta da sostanze chimiche.) Se vi sembra favoloso, be', non ci sono altre parole per descrivere quella chiarezza.

Questa esperienza durò tre settimane, durante le quali nessun pensiero attraversò la mia coscienza. Alla fine, però, il flusso delle chiacchiere mentali, la consapevolezza di essere un individuo, un osservatore, ritornarono e con loro si persero la pace e il senso di unità. Fu terribile.

In seguito, viaggiai all'estero, soprattutto in Oriente, visitando trentacinque paesi. Provai di tutto, lessi libri di argomento spirituale.

In qualche occasione riconquistai quel «secondo livello» di percezione, mai, però, l'esperienza nel suo insieme. I libri dicevano che nel corso dei secoli gente di ogni cultura aveva vissuto la stessa esperienza, chiamata di volta in volta illuminazione, risveglio e così via.

In effetti, è capitato quasi a tutti, magari contemplando qualche aspetto della natura, di provare un flusso inarrestabile di gioia, la sensazione di «uscire da se stessi» e diventare, essenzialmente, l'oggetto osservato. Nel gennaio del 1976 il *New York Times* pubblicò un intero articolo su questo fenomeno, insieme a un sondaggio secondo il quale il 25 per cento (o più) della popolazione ha avuto almeno un'esperienza che ha descritto come «un senso di unità del tutto». A quanto pare non è così raro.

Questo è il resoconto personale del nostro coautore. Se è illusorio, allora è piuttosto strano che rispecchi resoconti analoghi che provengono da secoli e culture differenti. Questi sollevano inoltre una questione molto diversa: che cos'è che può determinare un simile cambiamento nella percezione? Come fanno i circuiti neuronali ad alterarsi così profondamente da creare un universo del tutto diverso, in rotta con i paradigmi della quotidianità?

Sappiamo che alcune droghe psichedeliche sembrano produrre questo effetto, ma non in modo sistematico, poiché la maggior parte delle persone che ne fa uso non vive una simile esperienza. Anche un trauma cranico, anomalie cerebrali congenite e alcune tecniche, come le pratiche yoga, sembra possano alterare lo stato della percezione. Uno degli autori (Lanza) lo spiega in questo modo:

«È sufficiente cambiare i dati in ingresso e la loro interpretazione da parte del rivelatore (il cervello, con il suo complesso sistema percettivo neuronale) per interpretare la realtà in maniera differente. Pertanto, non possiamo fare affidamento sui nostri primitivi cervelli animali per tracciare una rappresentazione accurata di quello che *davvero* accade. Quanto all'esperienza della "entità singola", l'interconnessione che essa riflette è coerente con lo *stato quantico globale* (che esploreremo nel diciannovesimo capitolo). Se si potesse sperimentare tutta la conoscenza, tutto il possibile (ovvero, tutto quello che può essere vissuto nello spazio e nel tempo), la nostra separatezza individuale scomparirebbe; è ciò che accade negli esperimenti di *entanglement* e ciò che questi mistici sembrano descrivere».

Il punto è che è possibile riorganizzare i circuiti neuronali del cervello in modo da sperimentare l'unità anziché la separazione. Il fatto che accada spontaneamente, ma non alla maggior parte delle persone, può significare semplicemente che queste percezioni, se troppo diffuse, non sarebbero vantaggiose in termini evolutivisti. Un mondo di persone tranquille, sorridenti e in pace con se stesse potrebbe non essere coerente con la natura della vita, dal momento che produrrebbe scelte e percorsi evolutivi molto differenti rispetto a quelli esistenti.

Anche chi non avesse mai vissuto un'esperienza del genere o fosse scettico al riguardo potrebbe convenire, probabilmente, che il fatto stesso che diverse persone presumibilmente credibili ne riferiscano è la prova di una cosa incontestabile: i nostri circuiti neuronali possono essere manomessi molto facilmente. A sua volta, ciò evidenzia quanto sia soggettiva, in realtà, la nostra visione del mondo: il cosmo stesso cambia, con un po' di aggiustamenti biologici.

Lanza racconta: «Mi ricordo di un paziente, quando studiavo medicina, che aveva subito un terribile incidente; una barra metallica gli si era

conficcata nell'area cerebrale deputata alla visione. Divenne completamente cieco. Tuttavia, se gli si poneva davanti un'asta orizzontale, egli si abbassava per schivarla, pur senza vederla». Oggi i casi di questo genere sono considerati esempi di «visione cieca» (o *blindsight*), e costituiscono una riprova di quanto siano profondamente intrecciati i circuiti neuronali che compongono le nostre realtà e di come essi creino l'universo – definiscano sostanzialmente la realtà – secondo meccanismi che cominciamo appena a intuire.

Il 22 dicembre del 2008, la prima pagina del *New York Times* era dedicata a questo fenomeno, con riferimento alla vicenda di un uomo rimasto completamente cieco in seguito a due ictus consecutivi. La questione era posta in questi termini: la percezione del mondo visivo è l'unico modo che abbiamo per vedere?

Un neuroscienziato di Harvard fece un esperimento notevole. Chiese al paziente di affrontare un percorso a ostacoli. Questi accettò con riluttanza, ma quel che accadde fu sbalorditivo. «Camminò a zigzag nella sala, evitando un secchio della spazzatura, un treppiede, una pila di carta e diverse scatole come se vedesse tutto chiaramente» spiegò il ricercatore, che lo aveva seguito da vicino per assicurarsi che non inciampasse.

«Bisognava vederlo per crederci» disse il neuroscienziato di Harvard, il cui articolo fu pubblicato nella rivista *Current Biology*, insieme a un'ampia documentazione di *brain imaging*. In altri termini, abbiamo una capacità innata di sentire le cose utilizzando il sistema subcorticale primitivo dell'encefalo, che è interamente inconscio. Si tratta di un sistema visivo, ma che bypassa i consueti percorsi corticali e impiega modalità diverse dalle normali immagini che coinvolgono luce e colore.

Questo studio recente, il primo a mostrare il fenomeno della visione cieca in una persona i cui lobi visivi erano completamente distrutti, impone una conclusione che già dovrebbe essere evidente. Il cosmo viene percepito, e diventa ciò che è, in base ai nostri circuiti neuronali.

La visione cieca sembra essere un ulteriore esempio di quella che si può chiamare *conoscenza implicita*. La conoscenza implicita denota l'esistenza di informazioni utili a un livello inferiore a quello pienamente cosciente, impiegate normalmente, tuttavia, per compiti ordinari come camminare,

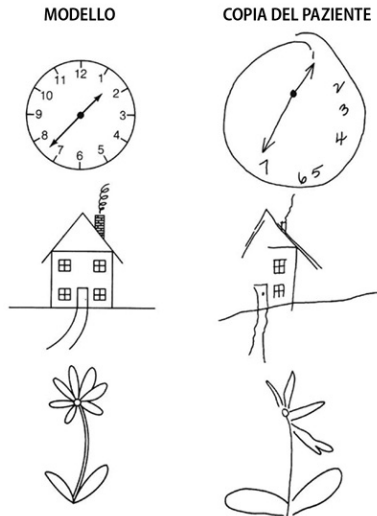
muoversi senza andare a sbattere sulle cose, prendere decisioni al volo e comunicare con gli altri, sia a parole sia con messaggi o simili. Per farne esperienza non è necessario subire un danno cerebrale che determini una cecità a livello corticale; anche un cervello normalmente funzionante esibisce una visione cieca istintiva.



Quello che «vediamo» è una costruzione complessa generata nella nostra testa. Ne è una prova il fenomeno neurologico chiamato «visione cieca». I pazienti sono ciechi a causa di traumi o lesioni alla corteccia striata dell'encefalo; benché non vedenti, possono compiere un percorso a ostacoli e perfino riconoscere dei visi spaventosi.

Detto in altri termini, le persone rispondono agli stimoli e anche a informazioni emozionali più sottili senza avere consapevolezza cosciente del processo. Una persona può abbassare la testa «di riflesso» se in un campo da gioco un pallone sta per colpirla, dando prova di un livello di percettività che sussiste oltre i canali standard della visione.

Quando si mostrano a adulti affetti da cecità corticale le immagini di volti spaventosi o felici, si riscontra un'attivazione misurabile nell'amigdala, la parte dell'encefalo associata all'elaborazione delle emozioni. La cosa interessante è che chiunque altro – tutti coloro che non presentano alcun danno cerebrale – mostra reazioni simili a livello dell'amigdala quando queste immagini emozionali evocative gli vengono mostrate a una velocità che le colloca al di fuori della soglia di consapevolezza cosciente.



Molti disturbi clinici dimostrano quanto la nostra visione del mondo sia soggettiva. Ogni manomissione dei circuiti neuronali del cervello può modificare drasticamente il nostro senso della realtà. Per esempio, in questo caso, un paziente con negligenza spaziale unilaterale risultante da un danno al lobo parietale destro dell'encefalo, percepisce soltanto un lato del mondo e ignora l'altra metà quando deve realizzare un compito. I disegni sulla destra sono stati fatti dal paziente nel tentativo di riprodurre i modelli sulla sinistra.

In conclusione, possiamo dire che la visione cieca – la percezione svincolata dai normali percorsi fisiologici – è a disposizione di tutti. Perfino degli animali. Nel 2015, i ricercatori hanno scoperto che almeno una specie di polpo può sentire la luce senza l'aiuto degli occhi o del cervello.

D'accordo, potrebbe pensare il lettore, la percezione dipende da diversi meccanismi cerebrali, alcuni dei quali cominciano a emergere soltanto ora. Però, non c'è lo stesso un universo visibile «là fuori», che esiste indipendentemente dai nostri circuiti neuronali? Non è forse vero che i colori del tramonto e il cielo azzurro esistono di per sé, in attesa che gli occhi di qualche animale cosciente, come finestre di vetro trasparente, insieme ai recettori visivi del lobo occipitale, possano percepirli e goderne? Come fanno le esperienze che abbiamo raccontato a provare l'unità tra il soggetto e il mondo naturale?

Dei molti aspetti del biocentrismo, questo è fortunatamente il più facile da dimostrare. Fra i più comuni presupposti errati, la presunzione di guardare al mondo esterno è il più facile da confutare.

12. Dove si trova l'universo?

Here, There and Everywhere (Qui, lì e ovunque)

John Lennon e Paul McCartney,
titolo di canzone, 1966

Per alcuni animali i sensi del tatto o dell'olfatto sono di primaria importanza. Per altri è critico l'udito: basta osservare Fido mentre ruota le orecchie. Gli esseri umani, invece, fanno affidamento sulla vista. Per esplorare il dominio celeste oltre il nostro pianeta non abbiamo a disposizione nient'altro. Non possiamo toccare l'universo né annusarlo. Lo spazio è assolutamente silenzioso: sia la collisione tra piccoli asteroidi sia la tumultuosa nascita delle galassie si svolgono in silenzio. La nostra conoscenza del cosmo arriva solo sulle ali dei fotoni.

Sappiamo ormai da un secolo che la luce si compone di onde magnetiche e di oscillazioni elettriche, ortogonali le une alle altre. Né il magnetismo né l'elettricità hanno colore o luminosità intrinseci; pertanto, anche se ci fosse un universo indipendente oltre la coscienza, dovrebbe necessariamente essere invisibile. È bene ripeterlo: nella migliore delle ipotesi, qualunque universo esterno separato da noi deve essere privo di colore oppure nero.

Però, guardatevi intorno. Siamo immersi in un mondo di intensi colori e bellezza. Prima dell'avvento della meccanica quantistica, circa un secolo fa, si pensava che il cristallino dell'occhio fosse una sorta di finestra di vetro trasparente che permettesse di percepire con accuratezza il mondo «là fuori»; ancora oggi è questa l'opinione più diffusa. Tuttavia, poiché sappiamo con certezza che quello che è «là fuori» non è altro che un insieme di invisibili campi elettrici e magnetici, è evidente che noi stessi – i nostri circuiti neuronali – creiamo i colori e le forme.

I meccanismi biologici all'origine della visione sono stati oggetto di ricerca per secoli, in un'alternanza di passi falsi e di momenti «Eureka!». I

primi filosofi non potevano concepire che luce e colore facessero parte di un mondo esterno. Come scrisse Platone nel quarto secolo a.C., la luce, originando da *dentro* l'occhio, «cattura gli oggetti» con i propri raggi. Seicento anni dopo, però, l'affermato medico Galeno dissentì, affermando che la visione è una funzione di uno *pneuma* ottico, ovvero fluisce dal cervello fino agli occhi attraverso nervi ottici cavi. L'idea di Galeno che il cervello giocasse un ruolo centrale nella vista era in anticipo sui tempi di circa quindici secoli.

Oggi tutti i testi di fisiologia tratteggiano una spiegazione molto chiara di quello che vediamo «di fronte a noi». Per prima cosa, la luce attraversa il cristallino (circa 6 millimetri di ampiezza) di ciascun occhio, dove, sulle due retine, viene messa a fuoco un'immagine rovesciata. Lì – in condizioni di piena luce, poiché la visione in penombra impiega un apparato diverso – sei milioni di cellule a forma di cono, in tre diverse varietà, ciascuna sensibile principalmente a uno dei colori primari blu, rosso o verde – sono stimulate solo in presenza di uno specifico intervallo di lunghezze d'onda. In seguito a stimolazione le cellule inviano segnali elettrici, attraverso un sistema di cavi, a un sorprendente universo di neuroni deputati a creare le immagini tridimensionali.

La maggior parte di questa architettura deputata alla visione risiede nella parte posteriore del capo, nel lobo occipitale. Lì, oltre dieci miliardi di cellule e mille miliardi di sinapsi creano il mondo che noi sperimentiamo. Soltanto lì, secondo i libri di fisiologia, prende forma la realtà visiva. È lì che la luminosità e il colore sono creati e percepiti.

Fin qui tutto bene; poi però ci accorgiamo, magari accidentalmente, che abbiamo appena descritto tre mondi visivi diversi. C'è il mondo esterno, di fronte a noi, con cui riteniamo di confrontarci o che pensiamo di osservare. Poi ci sono le immagini nella retina, ribaltate, formate dai sei milioni di cellule a cono. Infine, c'è il terzo regno visivo, nel cervello o nella mente, dove le immagini sono davvero costruite e percepite.

Sono tre regni, ma a noi ne appare solo uno. Non vediamo doppio, men che meno triplo. E dunque, *quale* dei tre? Quando osserviamo una finestra dall'altra parte della stanza, a qualche metro da noi, siamo autorizzati a domandarci: dove si trova? *dov'è* l'universo?

Il linguaggio e le consuetudini ci dicono che è esterno a noi, che si trova «là fuori». Ma c'è un gruppetto di scienziati consapevole del fatto che non può funzionare così. In realtà, tutto avviene rigorosamente nella nostra testa.

La questione, alla fine, è incontrovertibile, come la gravità, ma accoglierla fino in fondo richiede apertura mentale, e una logica ferrea, perché contraddice il linguaggio e le consuetudini di una vita intera.

Dunque, è meglio che chiariamo bene *dove* avviene l'esperienza visiva, poiché tale questione, che pare insignificante, ha implicazioni enormi. La risposta: la visione è elaborata da quelle mille miliardi di sinapsi nel cervello. Si tratta di un'architettura biologica di straordinaria ricchezza. Se solo provassimo a enumerare ciascuna delle connessioni neuronali preposte alla visione, al ritmo di una al secondo – senza esaminarle, ma contandole soltanto – ci servirebbero trentamila anni. Questa struttura fisiologica così ricca e complessa consuma molta energia. E la natura – lo sappiamo o sospettiamo tutti – non fa nulla invano. Quindi, senza girarci intorno: il dominio visivo è percepito solo lì. Non esistono molteplici mondi visivi. C'è n'è solo uno e lo sentite chiaramente: è dentro il vostro cranio.

Quel quadro incorniciato appeso «là in fondo», dall'altra parte della stanza, *in realtà* si trova nella vostra testa. Certo, avete sempre immaginato che l'interno del cervello fosse buio e molliccio, anche se avevate letto che esso è sede di segnali elettrici complessi e di guizzi di energia. Ma ora sapete che aspetto ha l'interno del cervello. È lì, quel quadro, e sono lì anche la finestra di fianco e il cielo azzurro: tutto dentro la mente. A dire il vero, il vostro stesso corpo e anche il vostro cervello sono rappresentazioni nella vostra mente.

Però, potreste obiettare, non esistono due mondi? Il mondo esterno, «reale», e poi un altro mondo visivo, separato, nella vostra testa? No, ce n'è uno solo. Dove l'immagine visiva è percepita, lì si trova veramente: non c'è nulla oltre la percezione. Come potrebbe?

«La gente è così certa di guardare il mondo “fuori”!» dice il fisico canadese Roy Bishop, principale curatore dell'*Handbook of the Royal Astronomical Society*; egli non finisce mai di stupirsi di come la maggior parte delle persone non colga questo aspetto elementare. Ma l'illusione di un mondo esterno viene dal linguaggio. Tutti, intorno a voi, partecipano alla

stessa farsa. Non in cattiva fede, ma per praticità, come quando si dice: «Per favore, mi passi il sale là in fondo?». A che cosa servirebbe chiedere di passarvi la saliera «nella vostra testa»? È normale alludere al mondo come se esistesse al di fuori di noi.

«D'accordo», potreste dire, questa volta con un po' di esitazione, «supponiamo che quella finestra sia dentro la mia testa, ma le punte delle dita delle mani, se mi allungo? Non definiscono i confini esterni del mio corpo?». No, non è così. Anche quelle dita sono nella vostra mente. Sono la rappresentazione della mente – in forma tattile, quando sperimentate il tocco, e visiva, quando guardate le unghie per valutare se tagliarle o se mangiarle – e dimorano anch'esse nella mente. *Sono una rappresentazione del vostro corpo, che si trova essa stessa nella mente.* La finestra in fondo alla stanza e il quadro sulla parete non sono più distanti delle vostre dita: sono tutti ugualmente nella mente.

Certo, in genere chiamiamo distanza il divario apparente tra il nostro mente-corpo e, poniamo, quel mente-albero. Le nostre mente-gambe richiedono uno sforzo e un lungo intervallo per raggiungere l'albero, pur essendo anch'esso nella mente. Pertanto, chiamiamo l'intervallo *divario* o *spazio* o *distanza*, e va bene, è il nostro modo di esprimere le cose; il ritratto mentale del corpo si correla così agli altri oggetti nella mente. È fuor di dubbio che serva un po' di tempo per abituarsi all'idea che tutta quella passeggiata avvenga rigorosamente da una parte all'altra della propria mente e che la rappresentazione mentale del proprio corpo non sia mai disgiunta da qualunque altra cosa si osservi nel mondo. Però è tutto vero.

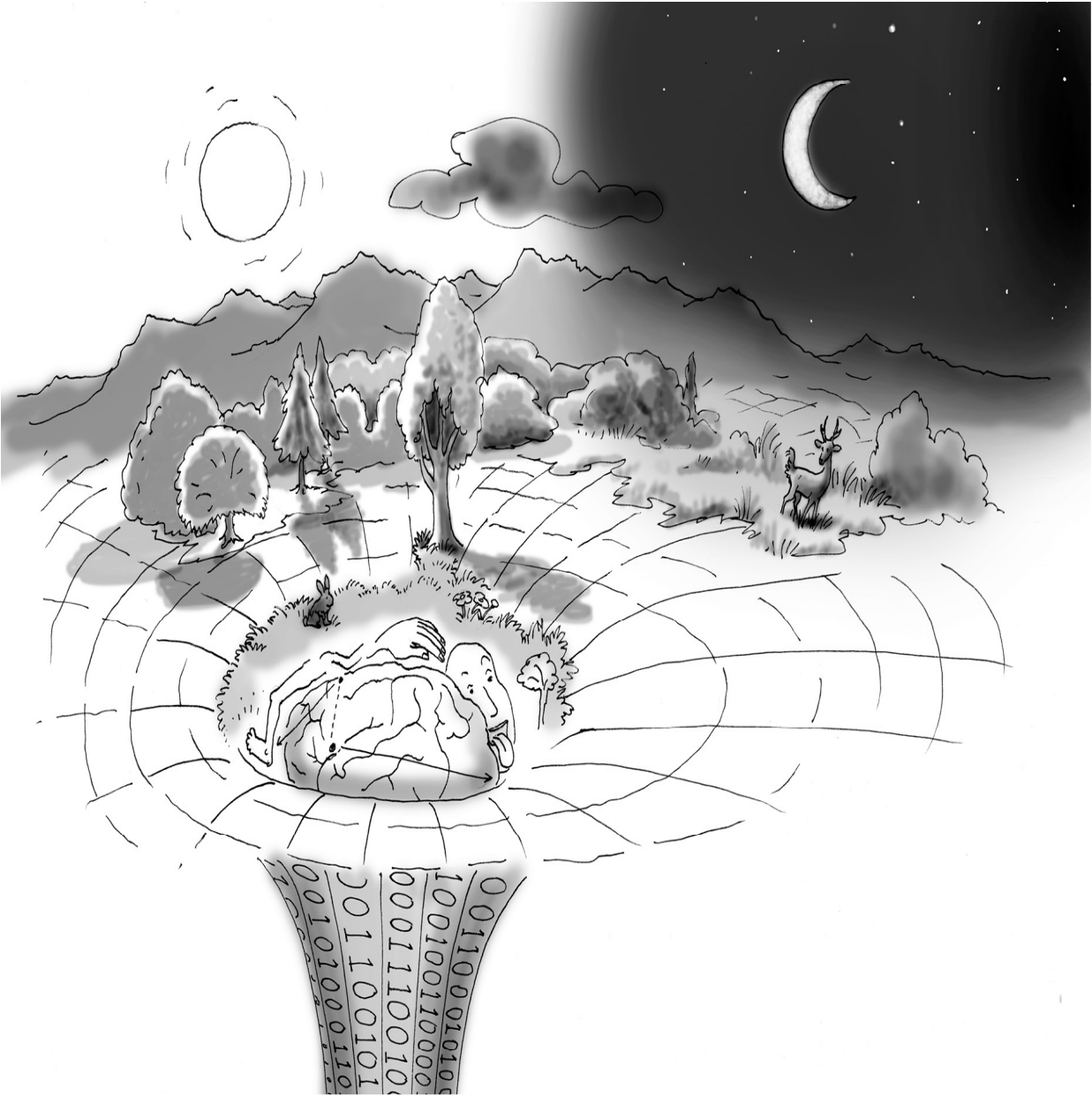
Siamo noi a creare i colori. L'intero universo visivo si trova qui e non là fuori. Non esiste un «là fuori».

Ora, se «quello» è dentro di me, allora, molto concretamente, tutto ciò che vedo è «me». Io non finisco, nemmeno a livello della Luna o oltre – almeno dal punto di vista visivo, uditivo e percettivo.

Ma non si riesce almeno a definire un confine tra il sé e l'altro in termini di controllo? Ovviamente posso battere le *mie* mani, ma non articolare le dita dei *vostri* piedi. Sembra una demarcazione reale, pratica.

Ma anche con la faccenda del controllo, ahimè, si entra in un ginepraio. La maggior parte delle persone ritiene di poter controllare le cose, anche se le

decisioni emergono spontaneamente. Non sappiamo come si prendono le decisioni; succede e basta. Non sappiamo come far battere il cuore o indurre il fegato a espletare le sue cinquecento funzioni. Non sappiamo nemmeno come schiacciare le dita al ritmo della musica, perché, a pensarci bene, sono implicati troppi movimenti muscolari e stimoli nervosi e non abbiamo idea di come dirigerli: lo facciamo e basta. E benché la maggior parte delle persone (ma non fu il caso di Albert Einstein) pensi di esser libera di controllare il proprio corpo, la propria mente e la propria vita, molti risultati sperimentali ottenuti a partire dal 1998 ci mostrano che anche questa convinzione potrebbe essere illusoria. Non ci addenteremo a esaminare la dicotomia apparente, dibattuta a lungo da scienziati e filosofi, tra libero arbitrio e determinismo, a valutare se le nostre vite si svolgano spontaneamente o siano regolate invece da un altro meccanismo ancora ignoto.



La realtà è un processo attivo che coinvolge sempre la nostra coscienza. Tutto quello che vediamo e sperimentiamo è un vortice di informazioni che avviene nella nostra mente, modellato da algoritmi (rappresentati qui dagli zero e uno) che creano la luminosità, la profondità e il senso del tempo e dello spazio. Perfino nei sogni la nostra mente può assemblare le informazioni in un'esperienza spazio-temporale quadridimensionale. «Qui» disse Emerson «siamo al cospetto del segreto del mondo, là dove l'Essere diventa Apparenza e l'Unità si fa Varietà.»

Quello che conta, qui, è che le separazioni tra me e l'altro, tra interno ed esterno del corpo e tra noi stessi e la natura sono concetti traballanti e relativi, indice di innumerevoli connessioni neuronali piuttosto che di certezze riguardo alla realtà.

Dobbiamo andare oltre. Dobbiamo capire che cosa è fondamentalmente, sostanzialmente reale se vogliamo tentare di afferrare la natura del cosmo. Nel fare questo, la percezione corretta che tutto quello che afferisce all'ambito visivo avviene nella nostra mente è forse il punto di partenza più semplice. Se questo concetto, in genere, produce sguardi attoniti è per via dell'abitudine consolidata a pensare in modo diverso.

All'inizio del 2015 abbiamo chiesto al professor Bishop se poteva darci qualche suggerimento per aiutare le persone ad «arrivarci». Eccone un paio.

Per prima cosa, la luce viaggia dal cosiddetto mondo esterno verso i nostri occhi. La maggior parte delle persone che abbia un minimo di conoscenze scientifiche ne converrebbe. Tuttavia, la maggior parte delle persone crede di guardare «verso» il mondo esterno. La contraddizione tra queste idee non suggerisce forse che una delle due sia sbagliata? Purtroppo, è il nostro stesso linguaggio a rinforzare l'idea sbagliata: diciamo «guarda nell'» armadietto, «guarda oltre» la strada, «dirigi lo sguardo verso» la Luna o «guarda attraverso» il telescopio. Pur riconoscendo correttamente qual è il verso della luce, quasi tutti pensano di dirigere lo sguardo «verso» le cose e che il proprio mondo visivo coincida spazialmente con un dominio esterno!

In secondo luogo, il fatto che il colore non esista al di fuori dell'osservatore è più difficile da comprendere, perché vari fenomeni connessi alla percezione del colore possono essere spiegati in maniera «soddisfacente» in base ai quattro tipi di cellule fotosensibili della retina: tre tipi di cellule a cono, sensibili rispettivamente al rosso, al verde e al blu in piena luce, e un singolo tipo di cellule a bastoncino che si attiva nella penombra (coni e bastoncini sono responsabili gli uni della visione fotopica gli altri di quella scotopica). L'assenza di colore in una scena illuminata da una falce di Luna, la «cecità» al colore, i fenomeni di contrasto che possono generare ricche sensazioni di colore e così via, si possono spiegare tutti ipotizzando che i coni della retina siano «recettori di colore», come se i colori facessero parte del mondo esterno. *Finché non «ci si arriva», finché non si capisce che non si guarda «fuori», che il proprio mondo visivo è una sensazione privata nella profondità del proprio cervello, che ogni singola scena visiva che si sperimenta risiede lì, è impossibile comprendere che quelle straordinarie tinte di colore sono anch'esse generate lì. Ci sono degli*

ovvi vantaggi evolutivi nella capacità di discriminare fra le lunghezze d'onda dello spettro luminoso e il nostro encefalo, nel corso dell'evoluzione, ha sviluppato un modo semplice per farlo: la percezione di tonalità diverse.

Non serve negare il mondo esterno. Non c'è bisogno di affermare che non esiste. È sufficiente non farsi trarre in inganno dalla falsa convinzione di «guardare verso» il mondo esterno mentre, simultaneamente (e altrettanto erroneamente), crediamo che un mondo visivo separato si annidi da qualche parte nel nostro cranio, benché impercettibile.

È importante capire che l'idea che esistano due mondi è illusoria. Quel mondo che vediamo è la percezione visiva che ne abbiamo entro la nostra testa.

Linguaggio escluso, non esiste alcun «io» reale che compia l'atto di «guardare fuori». Quell'«io» è una figura retorica che non corrisponde a nulla, vacua come il verbo *essere* nella frase «essere vuoto». Invece, tutto quello che vediamo è la mente. Si potrebbe pensare che le posate sulla tavola si trovino di fronte a noi, ma la loro collocazione reale è dentro la nostra testa. In effetti, probabilmente, con un po' di ingegneria genetica si potrebbe fare in modo che tutto ciò che è rosso si muova oppure faccia un rumore o perfino ci renda affamati, o ci spinga ad accoppiarci (è l'effetto che può fare il colore su alcuni uccelli). La manomissione dei nostri circuiti cerebrali altererebbe un universo esterno?

La concezione del cosmo come una singola entità immortale, sinonimo di coscienza, può richiedere diversi passaggi logici oppure scaturire da un singolo momento «Eureka!». Come nel caso di quelle illusioni ottiche in cui le scale sembrano andare verso il basso, finché improvvisamente tutto cambia e viene percepito in modo radicalmente diverso, questa realtà potrebbe palesarsi in modo brusco – un'esperienza straordinaria, invero.

Per questo oggi si investe tanto tempo in questa faccenda della visione. «Quante persone al mondo lo capiscono?» Quando gli abbiamo posto la domanda, il professor Bishop ha formulato questa splendida risposta:

«Se ho mai incontrato personalmente qualcuno che “ci arrivi”? Ho un amico che conosco da una vita. Abbiamo discusso di molte cose nel corso degli anni, inclusa la visione. Lui “ci arriva”, come dimostra il seguente testo, che ha scritto un paio di anni fa a commento della fotografia di un

paesaggio autunnale, per un calendario prodotto da una società locale che si occupa di storia naturale»:

Questo paesaggio autunnale mostra una festa di colori tipica della stagione. I raggi luminosi (onde elettromagnetiche di varie frequenze) vengono riflessi dalle foglie [...] e sono quindi elaborati dal cervello, che forma un'immagine entro l'oscurità del cranio. Grazie a una proiezione mentale, abbiamo l'impressione incredibilmente intensa che l'immagine di cui facciamo esperienza sia localizzata là fuori, oltre il nostro naso. È una meravigliosa illusione.

«Non si tratta di concetti scientifici avanzati» ha proseguito il professor Bishop. «Non c'è matematica e la scienza è minima. Ma per “arrivarci” bisogna rompere completamente con la nostra idea della visione, consolidata fin dalla prima infanzia. La visione funziona così perfettamente, facilmente, meravigliosamente, senza sforzo alcuno da parte di chi la pratica, che è necessario un grande salto intuitivo e introspettivo per compiere la transizione dalla convinzione ingenua che il proprio mondo visivo coincida spazialmente con il mondo esterno alla presa di coscienza che lucentezza, dettaglio, colori e tridimensionalità possano risiedere soltanto da qualche parte nell'assoluta oscurità del cranio. È un salto mentale importante che sembra essere troppo difficile da compiere per la maggior parte delle persone. È così facile essere indotti in errore dai misconcetti comuni. Anche fra gli scienziati, la maggior parte dei quali non ha mai speso troppo tempo per pensarci, secondo me “ci arriva” il 10 per cento circa, forse anche meno. La percentuale è sicuramente maggiore tra gli psicologi della percezione e i fisiologi.

«Nel mio caso, ho preso un Ph.D. in Fisica prima di capire dove risiedesse il mio mondo visivo, prima di rendermi conto che i colori e la luminosità sono sensazioni procurate dal mio cervello. Questa rivelazione mi colpì nell'autunno del 1969 mentre leggevo un libretto intitolato *The Rays Are Not Coloured (I raggi non sono colorati, 1967)*, di W.D. Wright. Il titolo del libro era un estratto dal classico di Newton, *Scritti di etica*, del 1704. Newton fu uno dei primi ad “arrivarci”. Il fatto che io abbia comprato il libro di Wright e che lo abbia letto indica che finalmente, all'età di trent'anni, ero pronto per questo balzo intuitivo. Questo è solo uno degli aspetti magici del mondo, un aspetto che contribuisce a rendere questa breve vita così interessante.»

Al lettore chiediamo soltanto di lasciar sedimentare questa faccenda della visione, di farla percolare.

«L'unica cosa che si possa percepire» disse George Berkeley, che diede il nome al campus e alla città, «sono le nostre percezioni.»

Non esiste universo senza percezione. La coscienza e il cosmo sono correlati; sono una cosa sola.

13. Informazioni, prego

Il puro ragionamento logico non può darci alcuna conoscenza del mondo empirico. Ogni conoscenza della realtà parte dall'esperienza e in questa si conclude.

ALBERT EINSTEIN, *Come io vedo il mondo*, 1955

La realtà è un vortice di informazioni nella mente.

Questo significa che assolutamente tutto – dagli alberi «là fuori» al nostro senso del tempo alla percezione che abbiamo della distanza – viene continuamente costruito e percepito per mezzo di velocissimi sistemi informativi di natura biologica. Vediamo come funziona.

Si dice a volte che tutti gli oggetti in movimento, non solo le creature senzienti, siano attivati dall'informazione. Un chicco di grandine in caduta libera «sente» le informazioni di un campo gravitazionale e risponde di conseguenza. Secondo la maggior parte delle definizioni, le informazioni funzionano attraverso uno scambio di energia; così, il pezzetto di ghiaccio che cade si sta in effetti correlando al campo nella misura in cui contribuisce alla massa del pianeta. In modo più evidente, voi stessi acquistate invariabilmente conoscenza attraverso l'assorbimento di energia, per esempio quando intercettate un flusso di fotoni (come le parole su questa pagina, veicolate da luce riflessa) o riconoscete un significato in determinate variazioni di pressione dell'aria (un «ciao» gridato da un amico). Se si definisce informazione tutto quello che è coinvolto in scambi causa-effetto, allora le interazioni informative sono continue e onnipresenti, a tutti i livelli.

Alcune persone ritengono che gli scambi informativi non debbano necessariamente coinvolgere un osservatore dotato di un sistema sensoriale, come nel caso di una cometa che «risponde» al vento solare orientando la

propria coda in verso opposto al Sole. Se è così, allora praticamente tutto è informazione, e le singole discipline scientifiche vi applicano le proprie categorie e sistemi di nomenclatura. Alcune sono effettivamente rilevanti per la coscienza e per la consapevolezza, almeno a livello teorico. Ma se si interpreta ogni possibile scambio di energia in ambito fisico, chimico e biologico come un trasferimento di informazioni (per esempio, il legame degli atomi di idrogeno con l'ossigeno per formare una molecola d'acqua, che avviene in meno di un millesimo di miliardesimo di secondo), il concetto diventa così vago da abbracciare un insieme di eventi pressoché illimitato.

D'altra parte, se usassimo la parola *conoscenza*, lo scambio dovrebbe coinvolgere un organismo senziente. Poiché però, secondo il biocentrismo, tutto rientra nel dominio della coscienza e nulla esiste oltre gli osservatori, preferiamo usare *informazioni*, in senso lato.

Lasciandoci alle spalle tutte queste definizioni e classificazioni, andremo a esplorare i sistemi coscienti su base animale; vedremo inoltre come vi si intreccia la tecnologia attuale, impartendo ritmi di acquisizione della conoscenza straordinariamente elevati, tanto da mettere alla prova le capacità di assorbimento del cervello dettate dalla sua stessa architettura.

Anche se la coscienza riserva molti profondi misteri, non è scorretto definirla una valanga di informazioni nel cervello, esso stesso un amalgama tra i meccanismi di codifica cosiddetti esterni e quelli cosiddetti interni, che permettono alla mente di creare un vasto mondo per comprendere le cose su più livelli.

Molti di questi algoritmi informativi non richiedono apprendimento; sono congeniti, presenti ancor prima della nascita. È sorprendente constatare di quali complesse azioni *multitasking* siamo capaci noi animali solo in base a quanto è programmato geneticamente. Perfino le piante non devono essere istruite, ma, come vedremo nel quindicesimo capitolo, rispondono automaticamente a vento, gravità, direzione della luce, presenza d'acqua e svariati altri input. A ogni modo, la prima questione basilare nello scambio delle informazioni riguarda il metodo: il fatto, cioè, che l'acquisizione della conoscenza sia diretta o indiretta. È informazione diretta, per esempio, il calore del Sole sulla cute. Non serve alcun linguaggio simbolico o

mediazione: il calore solare viene percepito direttamente, attraverso il sistema nervoso; la sua realtà, pertanto, è incontestabile. (A dire il vero, per i contestatori *tutto* è potenzialmente discutibile. In questo caso, a voler essere pignoli, si percepisce solamente il fatto che gli atomi della cute vibrano a un ritmo più elevato; chiamiamo calore questo movimento più rapido degli atomi. Il moto vibratorio è stato accelerato dalle radiazioni solari infrarosse, che gli esseri umani non possono percepire con la vista. Così, quando ci godiamo il calore del Sole durante una giornata primaverile, quello che stiamo percependo veramente è il ritmo vibratorio più elevato degli atomi dell'epidermide, causato da una forma invisibile di luce. In ogni caso, si tratta di un'esperienza diretta.)

Di contro, le informazioni che avete appena letto non erano per nulla dirette. Avete introiettato la questione dell'infrarosso per mezzo di simboli – le parole – ciascuno dei quali significava qualche cosa di diverso da se stesso: la parola *Sole* non è il vero Sole. Una conoscenza simbolica di questo tipo è rappresentativa e, a differenza della conoscenza diretta, è soggetta a revisione e a possibili future migliorie. Non per questo, tuttavia, non è reale. Di sicuro nel vostro cervello, dopo aver letto il paragrafo precedente, si sono formate connessioni neuronali fisiche, reali, alcune in modo permanente, soprattutto se vi è parso interessante. Inoltre, quando un cameriere vi avverte che la piastra sul tavolo è incandescente, vi trasferisce informazioni altrettanto valide rispetto a quelle che avreste acquisito in modo diretto toccando inavvertitamente il metallo. I due metodi sono ugualmente validi in termini di efficacia nell'acquisizione della conoscenza.

Un cane che abbaia per allertare i cani del vicinato è un buon esempio di informazione secondaria. Gli altri cani hanno riconosciuto un significato nel tono, nell'intensità, nella frequenza e nell'insistenza dell'abbaiare del primo e, per istinto, hanno inteso che significasse qualcosa – qualcosa di completamente diverso dall'abbaiare in sé. L'hanno interpretato come: «un estraneo si avvicina» e hanno reagito a queste informazioni.

Pertanto, non bisogna sminuire il valore delle informazioni indirette, simboliche. In alcune forme possono anzi essere sorprendenti. I delfini hanno la capacità di emettere una serie molto complessa di suoni in grado di «installare» un'immagine nella mente degli altri delfini. Possono dipingere

un'immagine di qualcosa di interessante, come un banco di pesci-cibo appena avvistato, e forse addirittura includere nell'immagine una specie di corsivo per evidenziare i punti di maggior rilievo.

Noi umani adoperiamo entrambe le modalità di acquisizione delle informazioni, in genere senza prestare molta attenzione a quale stiamo utilizzando. Per quanto riguarda il metodo fisico di acquisizione dei dati, si cominciò a impiegare l'attributo *analogico* per descrivere i metodi di recupero e immagazzinamento delle informazioni solo quando emerse la necessità di confrontarlo con il nuovo linguaggio digitale (on/off, zero/uno, sì/no) dei computer e dell'archiviazione musicale, poiché i due metodi esauriscono le scelte possibili. Naturalmente, ci si può chiedere quale delle due etichette, *analogico* o *digitale*, si applichi alle architetture presenti nelle forme di vita di ordine più elevato, quelle dotate di sistema nervoso e cervello avanzati, per l'acquisizione, l'immagazzinamento e la trasmissione delle informazioni. Il nostro sistema operativo (mente e cervello) lavora in modo digitale o attraverso strutture analogiche? Si leggono in giro molte cose inesatte a riguardo.

È opportuno fare una breve introduzione sul significato di questi termini. In genere, i sistemi informativi analogici si avvalgono di onde di qualche tipo o di transizioni graduali da uno stato all'altro, come un impulso che cresce da zero, raggiunge un certo picco e quindi torna a scendere. Si tratta indubbiamente di un processo continuo. Tracciato su un grafico, ha l'aspetto di una serie di «colline» dal profilo liscio, senza fratture o interruzioni. I valori che può esprimere sono sostanzialmente in numero infinito. Gli impianti elettrici domestici negli Stati Uniti, per esempio, erogano elettricità che pulsa 60 volte al secondo a una differenza di potenziale nominale di 120 volt, che oscilla da più a meno. In pratica, gli estremi possono variare: per esempio, potremmo avere $-117,77819$ volt un minuto e $118,9980003$ il successivo, e nessuno se ne accorgerebbe o si preoccuperebbe; il sistema funzionerebbe lo stesso.

Nella tecnologia analogica si può impiegare un microfono per registrare impulsi sonori (variazioni complesse della pressione dell'aria); questi ultimi assumono un insieme continuo di valori, sono tradotti in impulsi elettrici e vengono registrati su un nastro, per archiviazione, attraverso il

riorientamento di minuscole particelle ferromagnetiche. In un momento successivo questo segnale può essere letto, inviato a un amplificatore e infine a una cassa, dove un altro magnete ne fa pulsare il cono a ritmi lenti o veloci, muovendo l'aria nella stanza per riprodurre la musica. L'intero processo incorpora un universo di possibilità, e questo è l'analogico.

Il digitale è un altro paio di maniche. In natura è usato raramente. Dimentichiamo le infinite possibilità delle onde, con le loro innumerevoli sfumature. Ora tutte le informazioni assumono valori discreti, senza vie di mezzo. In pratica, la codifica consiste in una serie di segnali «on» oppure «off». Si può ottenere in diversi modi. In un cd musicale, si impiega un fascio di luce da circa 5 milliwatt: la luce monocromatica funziona meglio, e un laser è lo strumento perfetto per produrre e focalizzare a basso costo tale energia. Si punta un sottile fascio di luce verso i solchi del cd, che contengono circa quattro miliardi di minuscole incisioni (*pits*) non riflettenti, alternate ad aree piatte, chiamate «terre» (*lands*), che la riflettono verso un rivelatore. Ogni riflessione viene contata come un segnale «sì» (o uno), mentre l'assenza di segnale significa «no» (o zero).

In pratica, il cd, ruotando rapidamente su se stesso, fa in modo che ogni secondo siano campionati 44100 bit di informazioni in forma di uno o zero (senza niente in mezzo). Qui non ci sono infiniti, non c'è alcuna possibilità illimitata. Invece, gli uno e zero impiegano un linguaggio binario per creare dei numeri ordinari. Con 44100 numeri al secondo di musica suonata, tutti entro minuscoli canali o solchi che, se disposti in linea retta, coprirebbero una distanza di oltre cinque chilometri e mezzo, un ricco filone di dati viene inviato all'amplificatore digitale, che decodifica il significato dei numeri e li trasforma in onde di tensione elettrica. Queste ultime arrivano alle casse, che agiscono esattamente come nel caso dell'analogico, pulsando in modo da alterare la pressione dell'aria nella stanza secondo la modalità complessa che riconosciamo come musica. Alla fine, il risultato è lo stesso.

Perché allora, a detta di molti, il digitale è superiore? Be', le onde possono essere inquinate da rumore o degradarsi nell'archiviazione, mentre gli uno e zero saranno sempre uno e zero, e tendono pertanto a essere più immuni alla distorsione o alla perdita di dati nel corso del tempo. Inoltre, esistono algoritmi intelligenti in grado di cercare ricorrenze nei numeri e

comprimerli, affinché occupino meno spazio di archiviazione. Questo non si può fare con le onde.

Quando si passa al funzionamento del cervello, è naturale immaginare che le operazioni che esso svolge siano anch'esse puramente digitali. A livello cellulare, si potrebbe immaginare che un neurone o «spari un segnale» – invii un impulso elettrico – oppure no, definendo così, apparentemente, un perfetto sistema operativo digitale. Inoltre, oggi che il digitale è tutto per il mondo *geek*, è naturale immaginare che i nostri cervelli ultrasofisticati debbano senz'altro funzionare usando la tecnologia più recente e avanzata. Nella vita reale, però – chi l'avrebbe mai detto –, le cose sono molto più complesse. (Se questa lettura vi risulta interessante, è perché in genere il cervello ama leggere di se stesso.)

Per prima cosa, perché un neurone raggiunga il suo obiettivo – stimolare o comunicare con un altro neurone (o con diversi altri) – non gli basta «premere il grilletto» una volta, ma gli serve piuttosto una *serie* di impulsi elettrici. Può modificare l'intensità della segnalazione, come pure la rapidità; una serie più rapida corrisponde a un segnale più forte. Tali variazioni producono un livello di complessità che va ben oltre una semplice situazione zero-o-uno; piuttosto, denotano un sistema attraverso il quale i segnali delle cellule nervose del cervello sono amplificati o smorzati, insieme alle frequenze che formano un *continuum*, il che significa che il cervello è una macchina analogica.

Ma non è tutto: la complessità non si limita a queste finezze nella segnalazione. In genere un neurone riceve segnalazioni elettriche da diversi altri neuroni; alcuni di questi segnali in ingresso possono essere eccitatori, altri inibitori. L'intera cascata di eventi è come una sinfonia, dove i singoli strumenti modulano le rispettive intensità in modi complessi. Così, quello che «decide» un particolare neurone – il suo output finale – è il risultato della somma di tutti i diversi segnali che riceve, che appartiene indubbiamente a un *continuum* e quindi non è affatto digitale.

Inoltre, non solo varia la frequenza o la potenza dei segnali elettrici, ma le connessioni fisiche tra un neurone e l'altro variano in numero e, anche in questo caso, entro un ampio spettro di valori irriducibili a una situazione sì-o-no. Un neurone può avere più di una sinapsi (punto di connessione), che

può essere distante o vicina al corpo principale della cellula nervosa (il che conta) o può anche formare uno stretto fascio con molti altri, o comporre una connessione remota, più dispersa. Se le possibilità sono così tante già a livello di un minuscolo campione di tessuto cerebrale, l'insieme di tutti i modi in cui un segnale può manifestarsi è sbalorditivo. Per esprimere le diverse possibili connessioni cerebrali servirebbe un numero pari a uno seguito da più zeri di quelli necessari per riempire ogni riga di ogni pagina di questo intero libro. Non si esagera poi tanto se si afferma che il potenziale del cervello/mente, o la sua predisposizione alla varietà, sono illimitati.

La cosa diventa intrigante quando facciamo interagire con la nostra mente le tecnologie più recenti.

Supponiamo di voler sperimentare un film, magari in 3D. Proviamoci.

Fino a non molto tempo fa questa tecnologia si avvaleva di un processo analogico, utilizzando la pellicola, dove ogni punto di ciascun frame poteva accogliere uno qualunque di un *continuum* di valori di luminosità o colore. Inoltre, i primi anni della cinematografia ci hanno insegnato che il *frame rate* originale, pari a 16 frame al secondo, era inferiore alla «soglia di fusione dello sfarfallamento», pari a 20 flash al secondo. Ovvero, mostrare 16 immagini diverse al secondo con un momento di oscurità tra l'una e l'altra, come accadeva all'epoca del muto, non era sufficiente per evitare che la mente cogliesse la separazione tra le immagini. Tutti percepivano uno sfarfallamento.

L'avvento del sonoro portò con sé anche un'importante miglioria sul piano visivo. Poiché la nostra mente «memorizza» e quindi fonde le immagini che si susseguono a una velocità superiore a circa 20 al secondo, i film passarono bruscamente da 16 a 72 immagini al secondo, il che creava un flusso continuo, senza più traccia di sfarfallamento o pulsazioni. In pratica, nei film ci sono solo 24 immagini *diverse* al secondo, ma ogni frame viene mostrato per tre volte prima che compaia, per tre volte, l'immagine successiva. Il punto è che la tecnologia va sempre progettata per funzionare in sintonia con i capricci della nostra architettura mentale, incluse le sue peculiarità.

La pellicola funzionava bene ma, al giorno d'oggi, con una capacità sufficiente, ogni parte dei sensori CCD (*charge-coupled device*) di una videocamera digitale codifica in forma binaria una tale quantità di queste stesse informazioni che il risultato non dovrebbe essere da meno. Ciò nonostante, la qualità dell'immagine è inferiore rispetto alla pellicola da 35 millimetri, anche nelle sale che impiegano i più recenti proiettori a 4K, ed è completamente sfocata nelle molte sale cinematografiche che impiegano ancora i proiettori a 2K. Tuttavia, quando la stessa immagine a 4K, composta da circa otto milioni di singoli pixel, è confinata sullo schermo di un televisore domestico, sia pure uno a 80 pollici, l'immagine osservata a distanze normali supera la soglia di risoluzione del sistema visivo occhio-cervello, e risulta splendida per il livello di dettaglio.

Se il film è codificato in un dvd, dove cinquanta gigabyte di dati possono essere impiegati per un singolo film in Blu-ray, per ottenere l'effetto 3D è sufficiente che ciascun occhio veda un'immagine diversa. Negli anni cinquanta si otteneva questo risultato con una pellicola in bianco e nero che aveva una versione in blu e una in rosso, proiettate simultaneamente; lo spettatore indossava occhiali rosso/blu o rosso/verdi, in modo che ciascun occhio potesse vedere un'immagine e mai l'altra. I metodi odierni o impiegano occhiali in cui le lenti sinistra e destra filtrano la luce con polarizzazione rispettivamente verticale e orizzontale, oppure degli otturatori che oscillano rapidamente in modo che ogni occhio si alterni in sincronia con l'immagine sdoppiata rivolta a esso soltanto. Il fatto che questi metodi possano produrre un'autentica sensazione di tridimensionalità è istruttivo rispetto alla realtà.

Chiunque abbia una normale visione binoculare sperimenta la meravigliosa sensazione della profondità nel proprio campo visivo. La potente esperienza della terza dimensione fu generata con gli stereogrammi (o «stereo-coppie») bidimensionali già nel diciannovesimo secolo, per mezzo dello stereoscopio, allora molto in voga, e ancora al giorno d'oggi in ogni sala IMAX dove si proietta un film in 3D. In tutte queste situazioni le due immagini bidimensionali contengono informazioni di parallasse; le immagini, cioè, sono leggermente dissimili, proprio come quelle ricevute da ciascuno dei due occhi, che differiscono di poco, con gli oggetti più vicini

traslati maggiormente, grazie al fatto che ogni occhio osserva le cose da un'angolazione un po' diversa. E tuttavia l'osservatore sperimenta un'incredibile profondità, proprio come se la vera scena tridimensionale fosse presente di fronte a lui o a lei. Morale: la magica sensazione di profondità *deve* emergere internamente, quando l'input visivo con le sue discrepanze di parallasse viene elaborato e presentato al livello cosciente del cervello. Ne consegue che anche il resto del mondo visivo percepito deve essere localizzato là, e non «là fuori», da qualche parte oltre il nostro corpo.

Vale la pena di ripeterlo: non c'è niente «là fuori», oltre la realtà costruita nelle nostre menti. Oppure, se ci fosse, sarebbe qualcosa di assolutamente misterioso e mai provato, di certo non il mondo con le sue automobili sfreccianti e gli alberi che si piegano al vento. Tutto quello che sappiamo e che *possiamo* conoscere è contenuto nella nostra mente/nelle informazioni elaborate nel nostro cervello.

Se sembra impossibile accettarlo, ricordatevi che, se dovesse esserci un precursore dei colori, della luminosità e della profondità tridimensionale del mondo visivo che siamo abituati ad apprezzare, qualche stimolo «esterno», non potrebbe trattarsi che di campi magnetici ed elettrici, vacui e invisibili, perché questa è la luce, in realtà.

Comprendere la realtà è un processo informativo continuo e non finalizzato. Ma tentare di concepirla da un punto di vista logico è un progetto diverso, un'impresa progressiva. Di certo, nessuna singola immagine mentale può rappresentare adeguatamente l'Essere. Una battuta finale o singola frase che possa esprimere con pienezza la conoscenza ultima resterà elusiva.

Ma un buon inizio è già il seguente: considerare l'esperienza cosciente, semplicemente, come un vortice di informazioni e, nello stesso tempo, abbandonare l'idea che esista qualcosa di davvero esterno.

14. Macchine consapevoli

Forse c'era un'unica differenza significativa tra una simulazione molto intelligente e un essere umano: il rumore che facevano quando li colpivi.

TERRY PRATCHETT, *The Long Earth*, 2012

Il celebre fisico fece notizia alla fine del 2014. Stephen Hawking, in un'intervista per la BBC, disse che dovremmo essere molto cauti nello sviluppo di una «intelligenza artificiale (AI) completa», poiché potrebbe «segnare la fine della razza umana».

Le sue riflessioni catastrofiche erano ben poco originali. Qualche mese prima Elon Musk, fondatore di SpaceX, aveva detto la stessa cosa, avvisando che l'AI è «potenzialmente più pericolosa delle armi nucleari». La preoccupante idea di computer dotati di un'intelligenza superiore a quella umana, accoppiata a un'improvvisa coscienza autonoma fu denominata per la prima volta «la singolarità» nel 1993, in un articolo dello scrittore e informatico Vernor Vinge. Le sue iniziali previsioni riguardo al progressivo straordinario perfezionamento dei computer si limitavano a riflettere quelle altrui; per esempio, il frequente raddoppio della potenza di calcolo teorizzato dal cofondatore della Intel Gordon Moore nel 1965. Vinge, però, era convinto che ciò avrebbe condotto a «cambiamenti paragonabili all'insorgere della vita umana sulla Terra».

Sappiamo tutti che i computer già controllano e facilitano molti aspetti della nostra vita quotidiana, dalle operazioni bancarie all'assemblaggio robotizzato delle automobili, e nessuno vorrebbe ritornare ai vecchi tempi del lavoro ingrato per compiti ripetitivi come la saldatura a punti. Siamo abituati persino al fatto che le macchine capiscano i comandi e rispondano correttamente alle domande. Ogni anno si registrano importanti

avanzamenti. Nel 2015 un team di Berkeley, in California, ha annunciato lo sviluppo di una nuova potente tecnica di AI, un'architettura di apprendimento approfondito (*deep learning*) che permette a un robot di acquisire rapidamente nuove abilità con pochissimo training. Il robot aveva imparato in poco tempo ad avvitare il tappo di una bottiglia, capendo pure che è necessario applicare prima un piccolo movimento contrario, per trovare il filo, e poi girare il tappo nel verso giusto.

Il timore suscitato da chi crede nella singolarità è che l'intelligenza artificiale, un giorno, raggiunga un livello tale di complessità da *rendere le macchine consapevoli di se stesse*. È questo aspetto a generare le ipotesi fantascientifiche di macchine in grado di progettare robot e computer più avanzati per i loro scopi, aggirando il controllo umano.

Naturalmente, abbiamo visto questo tema declinato in molti film, come la serie *Terminator*, il film *Il mondo dei robot* (dove, in un parco a tema, un robot pistolero perde il controllo) e *2001: Odissea nello spazio*. Ma c'è una caratteristica molto chiara e sinistra che emerge con la singolarità: un conto è se i computer sbagliano, creandoci grossi problemi; un altro è se acquisiscono la percezione.

Si dà credito all'inquietante questione della consapevolezza perché fra i suoi sostenitori vi sono alcune personalità autorevoli, come l'ingegnere informatico Hod Lipson della Cornell University. Egli ha evidenziato come la crescente complessità dei problemi delegati all'informatica ci porterà a progettare via via computer in grado di gestirli in una frazione di secondo adattandosi e prendendo decisioni in modo autonomo. Il fatto che le macchine migliorino la propria capacità di apprendimento, secondo Lipson, le conduce inevitabilmente «sulla via della coscienza e dell'autoconsapevolezza».

Questo solleva un'altra questione, di grande importanza: qual è la base della coscienza? Se una complessa rete di circuiti elettrici gioca un ruolo chiave, be', i computer ovviamente la stanno acquisendo. Saremmo in grado, poi, di riconoscere una macchina senziente? I ricercatori della Yale University hanno già creato un robot, di nome Nico, in grado di riconoscersi allo specchio e prendere decisioni relative alla cognizione spaziale sulla base della propria posizione e di quel che lo circonda. Sa

perfino riconoscere se un oggetto è solo un'immagine riflessa in uno specchio, invece di pensare ingenuamente che esista dietro al vetro. I creatori e programmatori di Nico parlano di macchine che «apprendono in maniera autonoma riguardo al proprio corpo e ai propri sensi».

A mano a mano che i supercomputer migliorano le proprie capacità, e con velocità di 4 exaFLOP/s (cioè 4×10^{18} operazioni al secondo) attese entro il 2020, potremmo arrivare davvero alla singolarità, l'incredibile evento predetto da Vinge e accreditato da persone come il visionario Raymond Kurzweil, l'uomo che progettò il primo sintetizzatore vocale da testo a parlato? Nel suo libro del 2005, *La singolarità è vicina*, Kurzweil ha predetto senza riserve che entro il 2045 il primo computer diverrà autoconsapevole. Dopo l'arrivo di questa temuta singolarità, umani e animali condivideranno la Terra con un'altra intelligenza, forse per sempre.

Va da sé che tutto questo attira l'attenzione di chi sa che il mondo esterno e la coscienza sono connessi, se non correlati. Così, quando leggiamo queste previsioni sulle macchine coscienti potrebbe insorgere un po' di sano scetticismo. Non abbiamo mai assistito a un improvviso risveglio alla vita di materiale inanimato. Anche se il cervello dei futuri computer sarà progettato per aderire più strettamente all'architettura del nostro, per quale motivo quell'entità in silicio dovrebbe raggiungere, di conseguenza, la vera autoconsapevolezza? Edsger W. Dijkstra, un informatico olandese, dopo aver vinto il premio Turing nel 1972 affermò: «Chiedersi se un computer sa pensare non è più interessante che chiedersi se un sottomarino sa nuotare».

Dopotutto, c'è un enorme divario funzionale tra la mente umana e quella del computer, e anche paragonarne i livelli di performance è come confrontare mele e pere. I computer possiedono motori di ricerca in grado di recuperare i dati con un'efficienza che supera di gran lunga le capacità del cervello umano. I computer, d'altra parte, falliscono nella maggior parte dei compiti umani più basilari, come riconoscere le strutture annidate nel linguaggio di qualcuno che cerca di comunicare concetti difficili o elaborare idee basate su simboli gerarchici che a loro volta formano idee di ordine superiore.

Ma, di nuovo, dietro ogni confronto delle rispettive facoltà cognitive si cela la questione essenziale degli elementi coinvolti quando un'entità è

cosciente. È facile pensare che, se la coscienza è generata da una corrente elettrica che stimola appropriati input neurali, be', le macchine usano circuiti elettrici: siamo quindi a metà strada?

La ricerca sulla coscienza è proseguita in Europa e negli Stati Uniti. Nel 2014 alcuni ricercatori europei hanno pubblicato sulla rivista *Nature Neuroscience* il resoconto delle loro indagini su come la «coscienza di ordine superiore» (il pensiero astratto e la riflessività) sia generata da correnti elettriche chiamate onde gamma. I ricercatori hanno inviato correnti a basso voltaggio attraverso il lobo frontale di alcuni soggetti volontari per simulare la banda gamma, con l'obiettivo di indurre l'autocoscienza in pazienti in stato di incoscienza. Ha funzionato. I sogni dei soggetti volontari hanno iniziato a diventare lucidi. I ricercatori hanno concluso che la consapevolezza cosciente è indotta da correnti elettriche che pulsano a 40 cicli al secondo. Ciò implica necessariamente che l'esperienza soggettiva emerga almeno in parte in seguito a stimolazione elettrica.

La mappatura dell'attività cerebrale è stata oggetto di studio per decenni. Tuttavia, la sua utilità per capire la coscienza rimane argomento di acceso dibattito, in parte perché l'attività cerebrale spesso è distribuita sull'intero organo e con disposizioni variabili, in parte perché comprendere quali regioni controllino quali funzioni e sensazioni non equivale a capire che cosa succede veramente quando proviamo delle sensazioni.

Come ha spiegato la ricercatrice olandese José van Dijck in un articolo del 2004, «Memory matters in the digital age» («Questioni di memoria nell'era digitale»), «il cervello rassomiglia più a una sinfonia che a un computer; quando è impegnato in attività come il richiamo di un ricordo, esegue di continuo variazioni sul tema. Anche se riusciamo a mappare l'attività cerebrale, non riusciamo a descrivere il processo in atto».

Il tema della coscienza spesso sfugge a un giudizio sommario. La gente sembra in genere dimenticare del fatto che nasconde profondi misteri. Alcuni considerano la consapevolezza come una semplice proprietà accessoria della vita, una caratteristica accidentale prodotta dall'evoluzione per conferire un vantaggio alle forme di vita complesse. Molte persone – a prescindere dal fatto che si parli della possibilità della singolarità

tecnologica o delle nostre esperienze, così centrali in questo libro – sembrano inconsapevoli del fatto che la coscienza è una questione seria. Senza esagerare, la si può definire – come disse a uno degli autori l'ex editore della *Encyclopaedia Britannica*, Paul Hoffman – come la più profonda e importante dell'intera scienza.

Di sicuro è un tema che tormenta da secoli scienziati e pensatori. In una lettera al teologo tedesco Henry Oldenburg, Isaac Newton scrisse: «Determinare [...] attraverso quali modi o azioni [la luce] produca nelle nostre menti gli Spettri dei Colori non è così facile». E il biologo ottocentesco Thomas Henry Huxley, uno dei primi sostenitori di Darwin, definì lo stato di coscienza «rimarcevole», e affermò che «è tanto inesplicabile quanto la comparsa del Genio quando Aladino sfregava la lampada».

In tempi più recenti i ricercatori spesso hanno discordato aspramente perfino sulla definizione della consapevolezza. È probabile che la confusione odierna sia cominciata nel 1991, con le cinquecento pagine del volume *Consciousness Explained* (*Coscienza. Che cosa è*) di Daniel Dennett, filosofo e scienziato cognitivo della Tufts University. Poiché l'opera era quasi totalmente dedicata alla descrizione di quali aree del cervello siano deputate a quali funzioni e, solo alla fine, conteneva una breve ammissione che la coscienza (se definita in termini di percezione delle cose) era un totale mistero, i critici si lamentarono e lo fanno tuttora. Molti allusero all'opera storpiandone il titolo in «Consciousness Ignored» («Coscienza ignorata»). Per lo meno, dovremmo essere in grado di spiegare che cos'è che cerchiamo di capire. Ma anche questo è più facile a dirsi che a farsi. Riguardo alla coscienza, il fisico di Stanford James Trefil ha scritto che «è l'unica domanda di rilievo in ambito scientifico che non sappiamo neanche come formulare».

E però, che risulti misteriosa o meno, di sicuro vogliamo sapere se la consapevolezza si presti a essere descritta in termini fisici, per esempio, come la somma dei processi neuronali nel cervello. Se nel tempo si scoprirà che la coscienza *non si può* spiegare esclusivamente tramite eventi fisici, allora essa potrebbe richiedere, magari come la misteriosa energia del vuoto che riempie il cosmo, una spiegazione in termini non fisici. Abbiamo

l'impressione di affacciarci pericolosamente sull'orlo della magia. Tuttavia, alcuni filosofi sostengono con fermezza che la coscienza abbia davvero una natura non fisica. Ma se è così, che cosa serve per spiegarla, oltre le scienze fisiche o biologiche? Oppure, come l'amore e altre imponderabili questioni, è destinata a rimanere inesplicabile?

La ricerca moderna ruota intorno alle funzioni cerebrali e, malgrado alcuni ricercatori abbiano proclamato che tali schemi «spiegano» la coscienza, sono pochi nel settore a essere d'accordo. Per inquadrare la questione in una prospettiva più accessibile, David Chalmers, filosofo e scienziato cognitivo australiano, ha diviso l'argomento, separando «il problema difficile (*hard problem*) della coscienza» dai «problemi semplici» (*easy problems*), come per esempio «spiegare la capacità di distinguere, classificare e reagire agli stimoli ambientali». All'ambito «facile» appartengono anche i progetti che tentano di mappare quali parti del cervello siano collegate a quali sensazioni e funzioni.

I problemi facili richiedono soltanto che i ricercatori apprendano i meccanismi biologici o neuronali che possono compiere varie funzioni. Già si capisce che sono potenzialmente risolvibili, forse interamente, e che la mappatura del cervello può essere del tutto compatibile con quello che sappiamo dei fenomeni naturali.

Il problema difficile, che in realtà è una questione molto semplice, malgrado sfugga alla consapevolezza dei più, è spiegare come e perché viviamo delle esperienze soggettive, come vedere e sentire. In qualche modo (secondo l'interpretazione scientifica più diffusa), i materiali inanimati che compongono il nostro corpo – carbonio e minerali e impulsi elettrici – trovano una via per conferirci l'esperienza delle *sensazioni*.

Ora, si presume che il Sole non provi sensazioni. E che le rocce non possano «godere» della calda radiazione solare che colpisce la loro superficie. D'altra parte, *noi* assaporiamo il profumo dell'erba appena tagliata, proviamo dolore se veniamo pizzicati, sperimentiamo i pensieri e percepiamo i colori infuocati del tramonto. Noi *sentiamo*. Come e perché? È la domanda più semplice che possiamo porci e tuttavia, a oggi, non ha risposta.

Lo spessore e la profondità di questo tema stanno al cuore del biocentrismo, si intrecciano con il timore paranoico di possibili singolarità tecnologiche e con i tentativi stessi di capire il cosmo. Nulla sfugge alla morsa scivolosa della *percezione*. Dobbiamo capire che cos'è.

Questo argomento ossessiona una nuova generazione di ricercatori, come Stevan Harnad, professore di Scienze cognitive presso l'University of Southampton. Quando viene interpellato sul lavoro di sedicenti studiosi della coscienza come Dennett, egli va al punto senza tante storie, e fa piazza pulita di tutte le teorizzazioni non pertinenti.

Secondo Harnad, la domanda giusta non riguarda i nostri pensieri o ricordi, o quello che potrebbe o meno essere illusorio. Il termine «pensieri» è equivoco al 100 per cento. Se significa soltanto «processi interni che generano determinati output in risposta a dati input», allora non c'è problema (e non si risolve nessun problema!). Ma se «pensieri» significa «pensieri *percepiti*», allora si può anche chiamarli «sensazioni» (la sensazione di pensare e ragionare è solo un caso specifico nel variegato mondo delle sensazioni; ci sono anche le sensazioni di vedere, toccare, volere, desiderare eccetera)... Permane il tema, tuttavia, di come e perché tutta quell'ammirevole funzione gerarchica di Turing dovrebbe essere *sentita*.

Ed ecco il punto: come e perché *sentiamo*? Come emerge questo senso della percezione o consapevolezza o coscienza? Di che cosa si tratta, veramente?

Questa domanda va al cuore di tutto. Non sappiamo come emerga la coscienza individuale al momento della nascita. Alcuni induisti ritengono che l'anima o il senso individuale del sé entrino nel feto a tre mesi dal concepimento. Ma come fanno a saperlo? C'è davvero qualcosa che entra in qualche cosa d'altro? Riconosciamo tutti questo senso di consapevolezza; è più intimo di qualunque altra cosa. Sembra intuitivamente che stia al di fuori del tempo e dello spazio (e infatti è così). I nostri ricordi sono limitati e selettivi, ma la coscienza è sempre stata il nostro più intimo compagno. Il nostro sé autentico, a dire il vero. Ha un inizio? È eterna? Il premio Nobel per la fisica Steven Weinberg non fu di certo l'unico a dover ammettere che

con la coscienza c'è un problema: non sembra che la sua esistenza si possa derivare dalle leggi fisiche.

Il biocentrismo mostra come il nostro senso di esterno/interno sia uno schema di classificazione mentale, mentre in realtà tutte le sensazioni sono qui e da nessun'altra parte. Nulla è veramente esterno, ovvero fuori dalla nostra mente. Potremmo pensare che questa coscienza dimori nel nostro cervello, e questo è relativamente vero, ma non in assoluto, perché il cervello stesso è una costruzione mentale, non meno degli alberi e delle tovaglie che supponiamo esistano all'esterno.

Il cervello? Certo, abbiamo visto filmati di autopsie e supponiamo che quei 1300 grammi di massa molliccia siano il posto dove tutto accade. Ma che cos'è veramente il cervello? Noi, a differenza di Zenone di Elea, supponiamo che nel nostro universo esistano innumerevoli cose disgiunte, che il cervello sia una di queste e che la nostra coscienza esista entro il cervello. Oggetti e ancora oggetti.

Ma che cosa c'è là, veramente? I campi di energia esistono ovunque e gli oggetti solidi che vediamo e tocchiamo sono semplici artefatti della nostra architettura sensoriale selettiva. Se i nostri algoritmi sensoriali fossero strutturati in modo diverso, non vedremmo nulla al mondo, poiché la sua vera natura è essenzialmente il vuoto, accompagnato da invisibili e onnipresenti campi di energia. Ma non è neanche «vero» questo, perché nulla è, finché non viene percepito.

Ciò che osserviamo, tutta la sua ricchezza, è un deliberato algoritmo spazio-temporale che si armonizza a particolari frequenze elettromagnetiche. Premete il dito sulla superficie del tavolo e vi sembrerà solido. Ma non ci sono contatti tra solidi, neanche per un attimo. Invece, gli atomi più esterni della vostra pelle sono circondati da elettroni carichi negativamente, a loro volta respinti dagli elettroni analoghi del tavolo. Il senso di solidità è illusorio; percepite solamente campi elettrici repulsivi. Campi. Energie. Nulla di solido, mai. E tutto avviene entro il rivelatore (la mente) la quale impartisce il senso dello spazio (collocazione) e del tempo, che altrimenti non hanno realtà intrinseca. In effetti, l'intero universo si può concepire come uno stato indistinto, probabilistico, di informazioni potenziali, che il sistema-mente, elaborandolo, fa «collassare» a

informazioni e sensazioni reali. Si tratta di un processo unitario che conferisce la sensazione di un «io», il senso di essere.

Tuttavia, nelle riviste scientifiche troviamo periodicamente articoli che propongono l'ennesimo «test» per stabilire se un computer abbia acquisito coscienza di sé. Sono tutti ingegnosi, ma, a oggi, nessuno sembra essere infallibile né, probabilmente, valido. Sapete di essere coscienti perché sperimentate la vostra stessa consapevolezza. Di certo sareste disponibili a scommettere che le altre persone e, inoltre, almeno i mammiferi dalle funzioni cerebrali più «avanzate», come i delfini e gli orango, siano coscienti, poiché hanno composizione simile, comportamenti non troppo diversi dai vostri e sono emersi da rami dello stesso albero evolutivo.

In un articolo pubblicato su *Scientific American* nel 2011, dal titolo «Un test di consapevolezza», gli autori Christof Koch e Giulio Tononi propongono un test di questo genere per accertare la vera consapevolezza. Dicono i ricercatori: «Ma se una macchina arrivasse ad avere quella qualità apparentemente ineffabile che è la consapevolezza, come faremmo a capirlo? La strategia che proponiamo si basa sul fatto che solo una macchina veramente cosciente potrebbe dimostrare di capire soggettivamente se una scena raffigurata in una normale fotografia sia “giusta” o “sbagliata”. La capacità di mettere insieme una serie di fatti fino ad avere un quadro della realtà dotato di senso – sapere, mettiamo, che in cima alla Torre Eiffel non dovrebbe essere appollaiato un elefante – definisce una proprietà essenziale della mente cosciente. Di contro, un'intera stanza piena di supercomputer IBM è ancora incapace di capire che cosa ha senso in una scena e che cosa no».

Ma, di nuovo, fornire le risposte corrette a questi test non sembra essere pertinente e rilevante per accertare la consapevolezza. Nel giro di poco tempo la rivista ricevette e pubblicò alcune lettere di critica, nelle quali si argomentava che «un bambino al di sotto di una certa età non sarebbe in grado di superare questo test e nemmeno un adulto in uno stato onirico o sotto l'influsso di allucinogeni. Tuttavia, nessuno sarebbe disposto a negare che questi esseri umani [abbiano consapevolezza]».

In pratica, noi stessi dobbiamo prima imparare a riconoscere la differenza tra un difficile problema computazionale e la vera percezione. Di nuovo,

tutto si può ricondurre, probabilmente, alle *sensazioni*. Un computer può provare sensazioni di piacere e di dolore?

Nella concezione comune delle cose, pensiamo che la coscienza abbia dei centri individuali – voi e io e ogni singolo procione; immaginiamo che emerga al momento della nascita e scompaia con la morte. Poiché, dunque, in apparenza essa va e viene, la questione se possa o meno emergere in una macchina sembra decisamente sensata.

Ma se la coscienza è correlata al cosmo, allora la questione si traduce in un'indagine sull'*esistenza nel suo complesso*: affrontarla equivale a confrontarsi con l'universo nella sua interezza. È certamente un tema valido e di tutto rispetto, ma tutte le metodologie basate su un simbolismo che si limita a rappresentare le singole parti finiscono per essere inadeguate. La logica e la comprensione razionale – che adoperano sempre il linguaggio simbolico – potrebbero tornare utili soltanto se quelle «parti» che vengono rappresentate trasmettessero davvero un significato nuovo riguardo al tutto.

Ma non lo fanno. Non possono. E questo spiega perché i tentativi della cosmologia di «spiegare» l'universo siano sempre sembrati sconcertanti e incompleti. Non c'è risposta che soddisfi, in parte perché le nostre domande sono futili e insignificanti. È inevitabile. Pensiamo e parliamo usando il linguaggio, che a sua volta impiega termini che sono simboli per qualcos'altro. È un processo adeguato per progettare i ponti o per chiedere a qualcuno di passarci la senape, ma fallisce non appena si applica a qualcosa che trascenda la rappresentazione simbolica, come l'estasi, l'amore, certe sensazioni empatiche e, certamente, il Tutto.

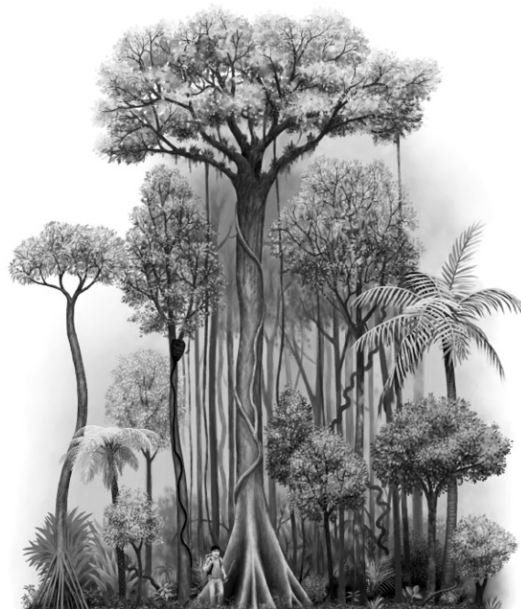
Finché non capiremo la natura dello spazio, del tempo e della realtà stessa, e le loro basi biocentriche, non ci saranno e non potranno esserci macchine senzienti.

15. Pensa verde

Il vero Tempio è il mondo intero, e nulla
è benedetto come un giardino in fiore.

VERA NAZARIAN,

Dreams of the Compass Rose, 2002



Nel celebre film *Avatar*, gli esseri umani sfruttano le risorse minerarie di una lussureggiante luna abitata da extraterrestri dalla pelle blu, i Na'vi, che vivono in armonia con la natura. Le forze armate terrestri distruggono il loro habitat, malgrado sia noto che ciò potrebbe compromettere la rete biologica che connette i suoi organismi. Alla vigilia della battaglia più importante, Jake, il protagonista, comunica attraverso una connessione neuronale con l'albero delle anime, che intercede a favore dei Na'vi.

Pensiamo al tempo e alla coscienza in termini umani. Ma, proprio come noi, le piante possiedono recettori, microtubuli e sofisticati sistemi

intercellulari che, verosimilmente, facilitano un certo livello di coscienza spazio-temporale. Il film ci lascia intendere che non comprendiamo la natura cosciente della vita che ci circonda.

«Anche se ho visto il film tre volte» ha scritto uno degli autori (Lanza) in un blog dell'*Huffington Post*, «resto ancora basito quando qualcuno mi dice che una pianta ha coscienza. Da biologo posso accettare che la coscienza esista in gatti, cani e altri animali con cervelli sofisticati. Le ricerche indicano che i cani hanno un livello di intelligenza e di coscienza paragonabile a quello di un bambino di due-tre anni. In effetti nel 1981, insieme allo psicologo di Harvard B.F. Skinner, pubblicai un articolo sulla rivista *Science* mostrando che perfino nei piccioni si riscontrano alcune tracce di autoconsapevolezza. Ma in una pianta o un albero? Questa possibilità mi sembrava assurda, fino all'altro giorno.

«La mia cucina si collega a una veranda-serra, una foresta tropicale in miniatura con palme e felci. Mentre facevo colazione, rivolsi lo sguardo a uno dei miei esemplari prediletti, una palma «queen sago». Negli ultimi mesi l'avevo vista sviluppare nuove fronde che, dopo il solstizio d'inverno, si stavano via via riorientando in base allo spostamento del Sole. In quel periodo l'avevo vista anche reagire a una lesione sul tronco attraverso l'emissione di radici aeree in cerca di nuovo suolo in cui radicarsi. Era una forma di vita intelligente, ma chiaramente non cosciente secondo le modalità riconosciute in biologia.

«Poi mi venne in mente l'episodio di *Star Trek* dal titolo "Wink of an Eye" ("Velocità luce"). In questo episodio, il capitano Kirk si fa trasportare su un pianeta dove trova una città magnifica, ma disabitata. L'unica traccia di vita è il ronzio misterioso di invisibili insetti. Quando ritorna alla nave l'equipaggio continua a sentire lo stesso strano ronzio. Improvvisamente Kirk si rende conto che i movimenti dell'equipaggio rallentano fino a fermarsi, come se il tempo venisse manipolato. Compare una bella donna e spiega a Kirk che l'equipaggio non si trova in uno stato rallentato, bensì è lui, il capitano, a trovarsi in una condizione accelerata, poiché è stato sincronizzato all'esistenza fisica "iperaccelerata" degli scalosiani. Di ritorno in condizioni temporali normali, Spock e McCoy capiscono che lo

strano ronzio corrisponde alle conversazioni iperaccelerate di alieni che esistono al di fuori della fisica ordinaria.

«Pensiamo al tempo – e quindi alla coscienza – in termini umani. Nella mia mente, potevo facilmente accelerare il comportamento della pianta come fa un botanico con la fotografia time-lapse. La creatura frangiata, là nella mia veranda, reagiva alle condizioni ambientali quasi come un invertebrato primitivo. Ma c'era dell'altro. Pensiamo che il tempo sia un oggetto, una matrice invisibile che scorre ticchettando indipendentemente dal fatto che vi siano altri oggetti o la vita. Non è così, sostiene il biocentrismo. Il tempo non è un oggetto o una cosa: è un concetto *biologico*, il modo in cui la vita si rapporta alla realtà fisica. Esiste solo in rapporto all'osservatore.

«Pensate alla vostra coscienza. Privati di occhi, orecchie o di altri organi di senso, riuscireste ugualmente a sperimentare la coscienza, anche se in forma completamente diversa. Perfino in assenza di pensieri sareste ancora coscienti, anche se l'immagine di una persona o di un albero non avrebbero significato. In effetti, non riuscireste a distinguere gli oggetti l'uno dall'altro, ma sperimentereste visivamente il mondo come un caleidoscopio di colori cangianti.

«Come noi, le piante possiedono recettori, microtubuli e sofisticati sistemi intercellulari che verosimilmente favoriscono un certo livello di coscienza spazio-temporale. Invece di generare un pattern di colori, le particelle di luce che colpiscono una pianta producono un pattern di molecole energetiche (zuccheri) per mezzo della clorofilla che si trova in steli e foglie. Le reazioni chimiche innescate dalla luce in una foglia determinano una cascata di segnali diretti all'intero organismo attraverso i fasci vascolari.

«I neurobiologi hanno scoperto che le piante hanno anche reti neurali rudimentali e la capacità di percezioni primarie. In effetti, le piante carnivore del genere *Drosera* agguantano una mosca con una precisione incredibile – molto meglio di quello che sappiamo fare noi con un acchiappamosche. Alcune piante fanno perfino quando le formiche si stanno avvicinando per rubare il nettare e possiedono dei meccanismi per richiudersi al loro arrivo. Gli scienziati della Cornell University hanno

scoperto che, quando il bruco della sfinge del tabacco inizia a mangiare l'*Artemisia tridentata*, la pianta lesa emana un getto odoroso che avverte del pericolo imminente le piante circostanti (nel caso preso in esame, una specie di tabacco, *Nicotiana attenuata*). Queste piante, a loro volta, predispongono le difese chimiche per spedire le affamate creature in direzione opposta. André Kessler, alla guida del team, ha parlato di *priming*, o predisposizione alla risposta difensiva, affermando che potrebbe essere un meccanismo fondamentale nella comunicazione pianta-pianta.

«Mentre sedevo in cucina quel giorno, il primo sole del mattino penetrò obliquamente attraverso i lucernari e fece rifulgere di luce l'intera stanza. La palma e io eravamo entrambi "felici" che fosse sorto il Sole.»

Il ripensamento dell'autore riguardo ai nostri compagni clorofilliani e l'idea che in precedenza li abbiamo esclusi arbitrariamente dalla confraternita della «vita cosciente» si sono guadagnati credibilità scientifica nel corso degli ultimi anni, a partire dalla fine del secolo scorso. L'argomento è divenuto molto popolare grazie a personaggi come Michael Pollan, professore di giornalismo presso la University of California, Berkeley, che ha scritto diversi libri e un articolo per la rivista *The New Yorker* sull'alto livello di intelligenza botanica evidenziato sempre più dalla ricerca scientifica sulle piante.

Tutto questo riporta un poco in auge l'idea hippie, in voga negli anni sessanta, che le piante reagiscano quando parli con loro e gradiscano davvero che le si conforti con la musica o le si vezzeggi come cuccioli. Quando nei decenni successivi fiorì un movimento ambientalista, e si cominciarono a ritenere le foreste qualcosa di più che legna da ardere, i portavoce (mammiferi) del regno vegetale furono chiamati in tono dispregiativo *tree huggers*, o «abbraccia-alberi».

Ciò aprì la strada a una nuova disciplina scientifica, a volte chiamata *neurobiologia vegetale*, dall'esordio un po' controverso, poiché nemmeno secondo i più accaniti sostenitori delle piante queste possiedono neuroni (cellule nervose), figuriamoci un vero e proprio cervello.

«Possiedono strutture analoghe» ha spiegato Pollan in un'intervista radiofonica per Public Radio International. «[Prendono] [...] i dati sensoriali che raccolgono nella vita di ogni giorno [...], li integrano e poi, in

risposta, si comportano in modo appropriato. E lo fanno senza avvalersi di un cervello, il che, in un certo senso, è la cosa più incredibile, perché diamo per scontato che serva un cervello per elaborare le informazioni.»

Sembra quindi che i neuroni non siano indispensabili per la comunicazione cellulare, e nemmeno per elaborare e archiviare le informazioni! In un'intervista rilasciata nel 2012 a *Scientific American*, dal titolo «Do Plants Think?» («Le piante pensano?»), Daniel Chamovitz, biologo e ricercatore presso l'Università di Tel Aviv, sostenne con fermezza che le piante vedono, sentono, percepiscono gli odori e ricordano. Ma come è possibile, senza i neuroni?

Così ha spiegato Chamovitz:

Anche negli animali, non tutte le informazioni sono elaborate o archiviate soltanto nel cervello. Il cervello è dominante negli animali più complessi per le elaborazioni più avanzate, ma non negli animali semplici. Le diverse parti della pianta [...] [scambiano] informazioni sulle condizioni cellulari, fisiologiche e ambientali. Per esempio, la crescita radicale è modulata da un segnale ormonale generato alla sommità dei germogli [...] [mentre] le foglie inviano segnali alla sommità dei germogli per dare il via alla fioritura. Così, a livello puramente teorico, è l'intera pianta a essere analoga al cervello. Anche se le piante non hanno i neuroni, producono sostanze neuroattive e ne sono influenzate!

La più evidente analogia riguarda il recettore del glutammato, un neurorecettore del cervello umano necessario per la memorizzazione e per l'apprendimento. Le piante possiedono i recettori del glutammato, ha detto Chamovitz, e «attraverso lo studio di queste proteine nelle piante, gli scienziati hanno capito come fanno i recettori del glutammato a mediare la comunicazione cellulare».

Che dire però dell'esperienza? Della conoscenza? Della coscienza? Dell'esperienza dei suoni? Diamo per scontato che non si possa sentire nulla senza le orecchie. Ma secondo l'intervista radiofonica di Pollan, quando i ricercatori trasmettono, in presenza delle piante, la registrazione «di un bruco che mastica una foglia, le piante reagiscono. Cominciano a secernere molecole di difesa».

Secondo Pollan e altri, le piante possiedono tutti i sensi umani e anche qualcuno in più. Da un certo punto di vista questo è logico. Nell'ambito di un'organizzazione temporale degli eventi (che, ricordiamolo, è solo il nostro modo di percepire le cose e non va concepita come esistente in

assoluto), le piante sono comparse sulla Terra centinaia di milioni di anni prima di noi mammiferi. Una possibile interpretazione logica è che gli umani abbiano compiuto dei passi avanti rispetto alle piante – dopotutto, siamo il ramo evolutivo che se n'è distaccato di più. Viceversa, però, si può pensare che le piante, con tutto l'agio che hanno avuto per migliorare in base alle necessità, lo avrebbero già fatto se ne avessero tratto un qualche beneficio. In base a questo ragionamento, la loro presenza antica è indice di un'effettiva superiorità biologica, almeno a qualche livello.

Non vi sono dubbi che tutte le piante possano sentire la presenza dell'acqua o la differenza tra alto e basso (in altre parole, la gravità), e forse sanno percepire anche un incremento della densità del suolo oltre le estremità delle loro radici, così da riconoscere una potenziale ostruzione prima di sprecare tempo ed energie in un contatto fisico diretto con la roccia.

Le piante hanno perfino una memoria. E non è solo un semplice riflesso, tale per cui un certo stimolo determina una risposta automatica. «Le piante hanno sicuramente svariate forme differenti di memoria, proprio come le persone», ha detto Chamovitz. «Hanno una memoria a breve termine, una memoria immunitaria e perfino una memoria transgenerazionale! So bene che è un concetto difficile da cogliere per alcune persone, ma se il processo mnemonico comporta la formazione del ricordo (codifica delle informazioni), la ritenzione del ricordo (immagazzinamento delle informazioni) e il richiamo del ricordo (recupero delle informazioni), allora non c'è dubbio che le piante ricordino.»

Quando indaghiamo il correlato natura/osservatore, tendiamo sempre a considerare noi umani come l'incarnazione dell'intelligenza cosciente. La maggior parte di noi includerebbe anche altri mammiferi, soprattutto cani, gatti, conigli e altri animali domestici o da compagnia. Ma questo pregiudizio deriva solamente dalla loro familiarità – dal fatto che possiamo riconoscervi un viso, cosa che non accade, poniamo, guardando un verme? O pensiamo invece che possedere un cervello sia un prerequisito per unirsi alla confraternita, e permettiamo soltanto alle forme viventi con sofisticate architetture neuronali di entrare nel club?

Il tempo è relativo all'osservatore e, malgrado i nostri preconcetti umani, gli animali di ordine inferiore – e perfino le piante – possono sperimentare la coscienza, anche se in modo decisamente diverso dal nostro. Le relazioni spaziali e temporali dipendono dal rivelatore nel suo complesso, anche se la sua logica è diffusa e non concentrata in una struttura simile a un cervello. Le piante si avvalgono chiaramente di un processo di codifica e archiviazione delle informazioni diverso dal cervello, ma il tempo è relativo all'osservatore e non necessariamente opera secondo la scala temporale umana. Il tempo è *bio-logico* – completamente soggettivo e invariabilmente emergente da un processo co-relativo unitario. Tutta la conoscenza si può ricondurre a rapporti di informazioni, con il solo osservatore a impartire un significato spazio-temporale. Poiché il tempo non ha un'esistenza reale oltre la percezione, non c'è alcun «dopo la morte» esperienziale nemmeno per una pianta, fatta eccezione per la morte della sua struttura fisica nel nostro «adesso». Non si può dire che l'osservatore, pianta o animale che sia, vada o venga o muoia, poiché si tratta di concetti puramente temporali.

Ci siamo chiesti a lungo se le piante «sentano», anche se è ovvio che sono estremamente consapevoli di cose come la gravità, le fonti d'acqua e la luce. È altrettanto evidente che ottengono queste percezioni in modi molto differenti rispetto a noi mammiferi o anche alle forme di vita cosiddette inferiori. I girini e altri anfibi rilevano la luce attraverso cellule pigmentate della pelle per poter adattare la loro mimetizzazione a diversi contesti; i passeri possono regolare i propri ritmi circadiani senza ricorrere minimamente agli occhi: possono sentire la luce attraverso le penne, la pelle e le ossa! Lo stesso fanno i topi, anche se ciechi, e almeno una specie di polpo, che addirittura evita il coinvolgimento del cervello o del sistema nervoso, come si è scoperto solo nel 2015.

Uno dei meccanismi per percepire la luce senza usare gli occhi sembra essere una sostanza chiamata melanopsina, scoperta per la prima volta nel 1998 nella pelle delle rane. La melanopsina permette ai mammiferi di rilevare la luce in modo del tutto autonomo e disgiunto rispetto a coni e bastoncelli della retina. Questo fotopigmento rivela l'esistenza di un sistema fotorecettivo primitivo, non visivo, precedentemente ignoto.



Alcune creature «sentono» la luce invece di «vederla». Per esempio, polpi e girini (e altri anfibi) rilevano la luce attraverso cellule pigmentate della loro pelle, in modo da poter adattare la loro mimetizzazione a diversi contesti; i passeri possono regolare i propri ritmi circadiani senza ricorrere agli occhi (possono sentire la luce attraverso le penne, la pelle e le ossa); lo stesso sanno fare i topi, anche se ciechi.

La percezione della luce senza possedere gli occhi è un'abilità estremamente importante per i ritmi biologici; può fornirci degli indizi quando ci domandiamo come fanno le piante – che non possiedono gli occhi per assistere al ciclo quotidiano notte/dì che, molto tempo fa, definì i nostri stessi bioritmi – a percepire il passaggio del tempo.

Naturalmente le piante sono del tutto dipendenti dalla luce e la utilizzano per mezzo della clorofilla, una molecola che «gradisce» soprattutto la luce blu e può apprezzare anche il rosso, ma non sa che farsene delle lunghezze d'onda del verde. Questo spiega perché le foglie e l'erba appaiano verdi: vediamo la parte dello spettro solare respinta dalla pianta e poi riflessa, invece che assorbita e utilizzata. Quindi le foglie di un albero sono verdi non perché la clorofilla adori il verde, ma perché le è tanto indifferente che lascia quei fotoni rimbalzare indietro.

A ogni modo, le forme di vita cui mancano gli occhi, come le piante, fanno ovviamente affidamento esclusivo su metodi sensoriali di altro tipo per esperire la realtà. La percezione che esse hanno del trascorrere del tempo si basa sulla capacità di sentire e rispondere alla luce senza la mediazione della vista, con un probabile contributo di altri processi che ignorano del tutto lo spettro elettromagnetico.

Negli animali di ordine superiore, il cervello tiene traccia del tempo creando quella che gli scienziati hanno considerato a lungo la versione biologica di un cronometro. Ma il nostro cervello, in realtà, funziona in modo diverso e non assomiglia affatto a un comune orologio, il che potrebbe anche contribuire a spiegare perché possiamo percepire in modo errato gli intervalli temporali, via via che fabbrichiamo l'illusione di un flusso continuo di realtà, continuando a iscrivere gli eventi nei nostri circuiti mnemonici. Una pianta non ha un cervello, così le informazioni e i «ricordi» devono essere immagazzinati in altri modi, magari negli stessi che consentono a una pianta di sapere in quale direzione crescere.

Il modo in cui noi umani registriamo le nostre sensazioni temporali è ancora sostanzialmente misterioso. Pertanto, sarà ancora più difficile capire come fanno le piante a «tendere e torcere» tutte queste informazioni per provvedere alle loro necessità di sopravvivenza. Poiché il passaggio del «tempo», in ultima analisi, è solo uno strumento creato e utilizzato dagli organismi per percepire ciò che accade intorno a loro e per rispondere con efficacia al flusso dell'ambiente fisico circostante, è evidente che le piante, per sopravvivere 700 milioni di anni, ne hanno fatto buon uso.

In genere definiamo un organismo senziente solo se ci parla o ci risponde alla scala temporale biologica che noi usiamo. Ma potremmo avere molto da imparare sulla natura della vita dal mondo fittizio dei Na'vi, dove le piante hanno una raffinatissima sensibilità tattile e possono comunicare attraverso la «trasduzione del segnale».

«Le piante del film sono finte» dice Jodie Holt, un'esperta di fisiologia vegetale della University of California, Riverside, «ma la scienza è vera.»

16. La ricerca di una teoria del tutto

La teoria non può limitarsi a descrivere e analizzare: deve farsi essa stessa avvenimento nell'universo che descrive.

JEAN BAUDRILLARD,

The Ecstasy of Communication, 1987

La scienza ha un'ossessione: creare una teoria di grande unificazione. La ragione è nobile e affonda le sue radici nei secoli passati. Questa spinta, in effetti, nasce da qualcosa di profondo che è in tutti noi: lo scopo della scienza è comprendere questo mondo e il nostro posto in questo universo, e come si incastrano le cose. Più si riescono a incorporare le forze, le energie, i fenomeni e la struttura dell'universo in una singola matrice inattaccabile, più ci avviciniamo a capire che cosa diavolo è tutto questo, e qual è il suo significato.

Intorno alla metà del diciannovesimo secolo alcuni brillanti pensatori iniziarono a mostrare che fenomeni apparentemente disparati erano i due lati di una stessa medaglia. In particolare, nel 1865 il fisico scozzese James Clerk Maxwell pubblicò la sua rivoluzionaria teoria che unificava elettricità e magnetismo. Essa introduceva l'idea corretta che l'elettromagnetismo, oggi riconosciuto come una delle quattro forze fondamentali in natura, mettesse in correlazione i due fenomeni. Dopotutto, il movimento delle cariche elettriche origina il magnetismo, come quando una corrente elettrica che scorre lungo un filo conduttore fa deflettere l'ago di una bussola.

All'inizio del ventesimo secolo, in un fermento di scoperte elettrizzanti, si comprese che materia ed energia sono anch'esse una cosa sola, e che si trasformano l'una nell'altra. Fu un balzo ancor più grande, perché un gessetto e un flash di luce sembrano davvero due entità completamente dissimili. Il fatto che si tratti di una cosa sola – e che siamo riusciti a

atomico), la realtà consisteva di stringhe unidimensionali. Gli stati vibratorii delle stringhe potevano dare origine agli elementi basilari dell'universo.

Peccato che non funzionasse, o almeno, non nella nostra realtà. Come abbiamo discusso nel decimo capitolo, perché questo avvenisse, sulla carta, servivano otto dimensioni aggiuntive, ciascuna con specifiche proprietà matematiche. Il problema era evidente dal principio: non c'è alcun indizio dell'esistenza effettiva di queste dimensioni. Né i nostri sensi né gli strumenti di misura ne suggeriscono la realtà. E quel che è peggio, se esistessero, nessuna osservazione o esperimento ne potrebbe rivelare alcuna. Pertanto, la teoria delle stringhe è non falsificabile: non si può progettare un test che dimostri se è giusta o sbagliata.

D'accordo, magari non si possono testare le dimensioni singole, ma dalla teoria nel suo complesso può scaturire una previsione verificabile. Di nuovo, quando è avvenuto, purtroppo, i risultati previsti dalla teoria delle stringhe differivano di 100 ordini di grandezza da quelli effettivi. I difensori della teoria trovavano sempre una scappatoia: bastava cambiare il valore di una o dell'altra dimensione aggiuntiva e si poteva far tornare qualunque risultato.

Al principio di questo nuovo secolo, con il passare degli anni è diventato sempre più evidente che la storia delle stringhe non avrebbe condotto da nessuna parte. Secondo i teorici delle stringhe, la realtà si può manifestare in 10^{100} modi; questa vaghezza gettò nello sconforto la maggior parte dei fisici, inducendoli ad abbandonare quella strada.

E questo è lo stato dell'arte, nella ricerca di una teoria di grande unificazione. Era arrivata a un punto morto prima della Seconda guerra mondiale, anche se ci sono voluti diversi decenni per introiettare questo fatto.

Naturalmente, gli autori ritengono che questi modelli fossero condannati al fallimento perché i teorici hanno sempre tentato di modellare una teoria del tutto ignorando quella parte di realtà che ne comprende tra il 50 e il 100 per cento: l'osservatore. E dire che questa realtà continuava a fare capolino. Gli scienziati notarono ripetutamente i potenti legami tra l'universo fisico e la vita che lo abita. Gli esperimenti andavano in un modo quando non c'era

nessuno a osservarli e in un altro quando noi, l'osservatore, ci facevamo avanti per vedere meglio.

Nel frattempo, la teoria quantistica dimostrava che lo spazio o la separazione tra gli oggetti subiva radicali variazioni (o svaniva del tutto, nel caso delle correlazioni EPR), e anche il tempo si fece sospetto. Tuttavia, nessuno pensò di spiegare queste bizzarre anomalie o di farsene qualcosa; le si trattava, invece, come profonde stranezze, meritevoli al più di alzate di spalle. Note a piè di pagina. Asterischi.

Non bisogna biasimare la scienza se provava a escludere dai giochi le persone. Gli umani rovinano tutto. La nostra predisposizione all'errore è nota. Se si conduce un sondaggio tra i testimoni di un incidente aereo o automobilistico si ottengono con certezza resoconti divergenti. Inoltre, la scienza funziona meglio se si può rimuovere il fattore umano. Non si traggono grandi benefici dalla soggettività. Per progettare un aereo di linea migliore, si vuole davvero tenere conto delle impressioni e degli umori della gente? Al contrario: l'ingegneria aeronautica prevede test ripetibili totalmente avulsi dal dominio dei capricci individuali.

Nel momento in cui si è sganciata dalle umane personalità e fissazioni, tuttavia, la scienza ha voltato le spalle anche all'atto fondamentale della percezione stessa. È stato liquidato come irrilevante qualcosa di profondo, con radici antecedenti alla personalità e anche alla tassonomia. In realtà, la consapevolezza è qualcosa di profondo piuttosto che di soggettivo. È basilare e stabile, e non effimera e superflua.

Un altro problema ricorrente quando si tenta di formulare una teoria di grande unificazione è che quello che funziona per le parti potrebbe non funzionare per il tutto. Potrebbe sembrare sensato estrapolare dalle mele ai pianeti, dalle galassie all'intero cosmo, ma non esiste una base attendibile per presupporre che i risultati saranno legittimi. Vediamo perché.

Consideriamo i due elementi cloro e sodio. Il cloro è un veleno e un componente essenziale di alcuni tra gli orribili gas impiegati durante la Prima guerra mondiale. Il sodio reagisce violentemente a contatto con l'acqua: gettatene un po' in un lago e otterrete un'esplosione. Una forma di vita contenente acqua che sia alle prese con uno dei due elementi deve affrontare un problema non da poco.

Lo studio della struttura, del punto di fusione, del peso atomico e così via, compiuto per i due elementi, potrebbe non fornire alcun indizio di quello che si ottiene combinandoli tra loro. Ma ecco: se un atomo dell'uno si lega a un atomo dell'altro, si ottiene il cloruro di sodio, il comune sale da cucina. Ora nessuna esplosione sconvolge il vicinato quando il nuovo composto incontra l'acqua; anzi, accade l'opposto. Come parte del sale, il sodio si dissolve facilmente, lasciando l'acqua trasparente e imperturbata.

In quanto al cloro, invece di un veleno si ha adesso una sostanza essenziale per la vita. Se tutto il cloruro di sodio fosse rimosso all'improvviso dal vostro corpo, morireste in fretta. Non c'era modo di prevedere questo risultato, ottenuto dalla combinazione delle parti. L'insieme si dimostra imprevedibilmente diverso, perfino opposto, rispetto ai suoi costituenti.

Pensiamo poi al funzionamento del nostro sistema di ragionamento logico nella vita quotidiana e macroscopica. Abbiamo elaborato modi di pensare che funzionano benissimo per comunicare, cacciare o costruire un ponte. Ma poiché non avevamo alcuna esperienza – o necessità di fare esperienza – del mondo submicroscopico, non abbiamo mai sviluppato attraverso i meccanismi evolutivi gli strumenti mentali per comprenderlo. I processi logici che funzionano su scala macroscopica, nella quotidianità, sono risultati inadeguati a scale di sei ordini di grandezza più piccole.

Nella vita quotidiana, le cose funzionano secondo logica perché la logica è stata sviluppata proprio per avervi a che fare. In questo momento, la vostra cucina può: 1) contenere uno o più gatti, oppure 2) non contenere alcun gatto, o altrimenti 3) contenere parte di uno o più gatti (se stanno oziando nel vano della porta e non sono né completamente dentro né completamente fuori dalla stanza). Queste sono le *uniche opzioni* che esauriscono l'argomento gatti in rapporto alla vostra cucina. Non esistono altre possibilità oltre a queste.

Ora, prendiamo in esame un fascio di elettroni creati in un punto e poi inviati in un altro, dove c'è un rivelatore; chiameremo questa via «percorso A». Lungo la via è disposta una serie di specchi che fanno rimbalzare alcuni elettroni in modo che percorrano una strada più lunga verso il rivelatore; la

chiameremo «percorso B». Spareremo un elettrone alla volta e cercheremo di misurare quale percorso ha compiuto.

Sappiamo che deve essere il percorso A o il percorso B perché se interrompiamo entrambi i percorsi nessun elettrone raggiunge il rivelatore. Ma quando misuriamo le strade percorse, avvalendoci di vari metodi, accade una cosa strana. Etichettando attentamente le posizioni, scopriamo che alcuni elettroni raggiungono il rivelatore senza prendere né il percorso A né il percorso B, né entrambi i percorsi, né nessuno dei due. Poiché si tratta delle sole opzioni che possiamo prendere in considerazione da un punto di vista logico, gli elettroni hanno fatto qualcos'altro – qualcosa che non possiamo immaginare, che travalica completamente tutte le possibilità concepibili e quindi la nostra logica ordinaria.

Si tratta di fatti, non di speculazioni. Il fatto che gli elettroni e tutto il resto nel mondo submicroscopico possano compiere regolarmente cose impossibili ha un nome: si dice che si trovano in uno stato di *sovrapposizione* (che abbiamo brevemente affrontato nel settimo capitolo). Significa che esistono e agiscono contemporaneamente in tutti i modi possibili, e anche in alcuni apparentemente impossibili. È come se oggi foste andati in banca e non foste andati in banca, ed entrambe le affermazioni fossero assolutamente vere.

Ora, se il regno del molto piccolo si trova al di fuori del nostro sistema logico, perché il metauniverso, il cosmo nella sua interezza, dovrebbe essere più accomodante, a parità di sistemi cognitivi? Bisognerebbe che affrontassimo, invece, una possibilità che raramente trova spazio – se mai accade – nella cosmologia moderna: quella che la vera natura dell'universo nel suo insieme non abbia *nulla* a che vedere con il funzionamento delle sue parti, che vada oltre le caratteristiche dei suoi componenti.

Il fatto che l'universo (considerato nel suo insieme) trascenda *veramente* i nostri strumenti logici dovrebbe essere ovvio, ma in qualche modo sfugge ai libri di cosmologia. Considerate i nostri modelli: molti sostengono che tutto ha avuto inizio con un Big Bang, ma non hanno idea, neanche la più remota, di come si possa ottenere dal nulla un intero universo di materia/energia. L'idea stessa non ha alcun senso, anche se alla maggior parte delle persone può sembrare ragionevole solo perché l'ha sentita

ripetere così spesso. (Lo stesso termine *Big Bang*, in realtà, fu coniato in modo dispregiativo da Fred Hoyle nel 1949 per tacciare la nozione di insensatezza, fin dal suo esordio.)

Ma ammettiamo che ci sia stato un Big Bang, come suffragano diverse prove di natura astrofisica. Allora bisogna chiedersi che cosa esistesse prima di quell'evento, e ovviamente non c'è risposta. L'affermazione stessa che il cosmo ebbe un inizio ci porta subito a un assurdo perché, in quel caso, dove è iniziato *quel-che-c'era-prima*, qualunque cosa fosse? Non è evidente che abbiamo messo in piedi una situazione irrisolvibile, con gli echi di una regressione infinita? Come sottolineò Henry David Thoreau, siamo come gli induisti, che pensavano che il mondo poggiasse sulla schiena di un elefante, l'elefante sul guscio di una tartaruga e la tartaruga su un serpente, e non avevano niente da mettere sotto al serpente.

Se abbandoniamo l'idea che ci sia stato un momento natale per il cosmo, questo non aiuta. Supponiamo che tutto sia eterno (il che probabilmente è vero, se dobbiamo recepire le recenti prove dell'«universo infinito»). Riuscite a immaginarlo? Nessuno ce la fa. Lo stesso vale per l'idea di un cosmo infinito piuttosto che limitato da un confine. Né l'una né l'altra questione forniscono una risposta di alcun tipo, né possono rientrare nell'ambito del ragionamento logico o della scienza per come è fatta.

Non è evidente allora che una situazione senza via d'uscita, che invariabilmente finisce nel più fitto mistero, è stata affrontata finora con strumenti inadeguati?

I nostri modelli attuali non funzionano. Non danno alcuna risposta. Prendono una parte – la radiazione cosmica di fondo a 2,73 K, per esempio – e tentano di modellare intorno a questa il quadro generale. Ma senza successo; nessun risultato ci soddisfa.

Il biocentrismo migliora la situazione, portando chiarezza nella nostra comprensione del mondo, poiché introduce nel quadro la vita, l'osservatore. E poiché assolutamente tutto quello che viene studiato, percepito, osservato, pensato o ipotizzato ha luogo nella matrice della coscienza, quest'ultima *deve* far parte del quadro generale, per forza di cose. C'è qualcosa di più ovvio?

Scopriamo così che la natura eccentrica di spazio e tempo improvvisamente acquista un senso, poiché sono strumenti della nostra mente, un modo per conferire ordine e struttura a quello che sperimentiamo. Sono il linguaggio della coscienza. È il nostro modo per andare da A a B, per rispettare gli appuntamenti e così via. Noi stessi ci portiamo dietro tempo e spazio, come le tartarughe con i loro gusci. Ma capire come stanno le cose, almeno, mina alle radici i modelli convenzionali della realtà. Spiega la verità introdotta da Heisenberg, altrimenti sconcertante, che non si possono misurare sia la quantità di moto sia la posizione. Spiega come mai la scienza ha scoperto che lo spazio è relativo all'osservatore, così come il tempo. Basta portare la vita nel quadro, e si capisce il perché di tutto questo; finalmente tutto acquista un senso.

Dobbiamo ammettere, come se fossimo a un incontro degli Alcolisti anonimi, di essere stati intrappolati a lungo dall'abitudine di visualizzare tutto in una cornice spaziale e temporale. Non potevamo farne a meno, e andava bene, fin quando si trattava di misurare la lunghezza di un ponte o la distanza dal Sole. Ma – adesso lo capiamo – quando volevamo comprendere il cosmo nel suo insieme, le nostre vite e il nostro posto nell'universo, stavamo usando un'impalcatura distorta e vacillante come fumo in sogno.

Abbiamo provato a visualizzare l'universo come una sfera gigante che si librava nello spazio. Ma dove? E che cosa c'era fuori? E magari l'abbiamo vista estendersi all'infinito nello spazio, ma la verità è che non riuscivamo affatto a immaginarlo. Abbiamo dato all'universo anche una collocazione temporale, facendolo iniziare molto tempo fa, benché sapessimo che non doveva avere un inizio, ma neanche questo si riusciva a immaginare. La nostra griglia spazio-temporale, quindi, non ha mai funzionato veramente, ma la usavamo lo stesso perché lo facevano tutti, anche i cosmologi, apparentemente. E non erano forse più intelligenti di noi?

Dunque, accartocchiamo il foglio e ricominciamo da capo, questa volta con onestà. Dobbiamo abbandonare la storia dello spazio e del tempo; ora lo sappiamo. Va bene per raffigurarsi le parti – dire che Alpha Centauri dista quattro anni luce. Ma non possiamo applicare quel modo di pensare al cosmo nel suo insieme, e il motivo è lo stesso per cui non sappiamo

spiegare come un elettrone possa non prendere né il percorso A né il percorso B né entrambi né alcuno dei due.

Invece, riflettiamo sull'intera esistenza o *Essere*, come lo chiamava Parmenide, e ci rendiamo conto che vita, coscienza, consapevolezza e percezione sono in prima linea, poiché giocano un ruolo centrale nell'esperienza. Osserviamo gli esperimenti quantistici e ci rendiamo conto che il mondo fisico è profondamente legato alla nostra consapevolezza.

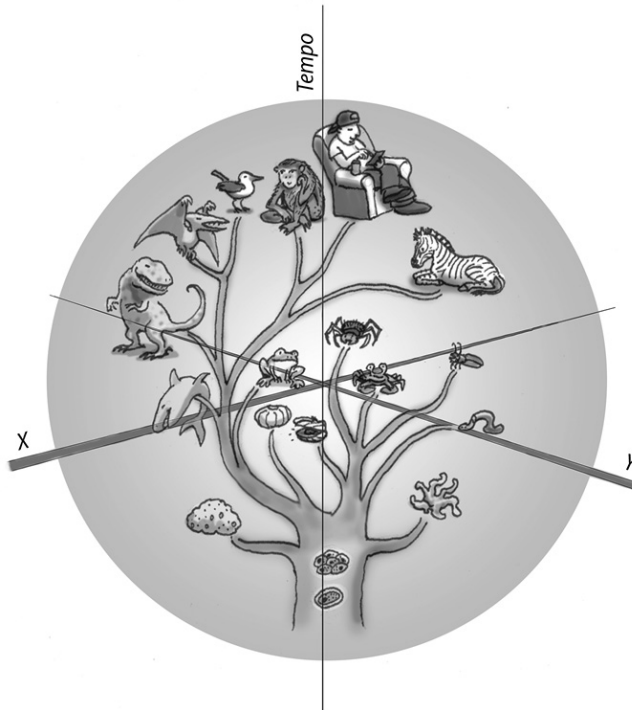
Fin qui tutto bene. Studiamo libri sul cervello e ci rendiamo conto che tutto quello che vediamo, percepiamo, tocchiamo e sentiamo avviene solo nella mente. Qui ci fermiamo per prendere fiato. L'universo che percepiamo è dentro la nostra mente. È vero, il cervello esiste nell'universo, ed è nutrito dal calore del Sole. Quel Sole, però, non possiede luminosità o calore al di fuori delle nostre percezioni. (Di per sé, una cosa del genere, se esiste, è invisibile ed emette solo campi elettrici e magnetici, ma non calore o luminosità.)

Ci sediamo e proviamo a introiettare il concetto. Il cosmo non è che un amalgama correlativo della natura e dell'io, l'osservatore. Siamo un'unica essenza. Siamo transazionali. Ora capiamo perché i saggi hanno parlato dell'«Uno» almeno dal 2400 a.C. L'hanno capito, l'hanno assimilato. Era così evidente anche per Zenone, che si strappò i capelli per far capire a tutti che si svolge un unico evento, questa Unità che agisce con energia e vivacità illimitate, senza sforzo, senza mai esaurirsi.

Il celebre fisico Erwin Schrödinger, nel suo libro del 1944 *Che cos'è la vita?*, scrisse che «la coscienza non si sperimenta mai al plurale, solo al singolare».

Riguardo al fatto che in Occidente prevalga la credenza in una pluralità di anime, egli scrisse: «L'unica possibile alternativa è semplicemente quella di tenersi all'immediata esperienza che la coscienza è un singolare, il plurale della quale ci è ignoto».

Egli era convinto, infatti, che «esiste una sola cosa, e ciò che sembra una pluralità non è altro che una serie di aspetti differenti della stessa cosa, prodotta da un'illusione (il *maya* indiano); la stessa illusione è prodotta da una serie di specchi, e allo stesso modo Gauri Sankar e il monte Everest risultano essere la stessa vetta vista da differenti vallate».



Lo spazio e il tempo non sono le fredde e rigide pareti che pensiamo. La nostra separatezza individuale è un'illusione. Siamo essenzialmente fusi l'uno con l'altro, parti di una singola entità che trascende lo spazio e il tempo.

Sarebbe bene, forse, ricordare le parole di Omar Khayyám, che «non chiamò mai due l'Uno», e dell'antico poema indù: «Riconosci in te e nel Tutto un'unica, identica anima; scaccia il sogno che separa la parte dalla totalità».

Lo cogliamo in parte, adesso, nella prospettiva biocentrica, ma ci rendiamo conto che, se speriamo di riuscire un giorno a comprenderlo del tutto, ci servirà una qualche nuova forma di percezione. Ora che abbiamo abbandonato la cornice spazio-temporale, non abbiamo un linguaggio nuovo che ci faccia sentire a nostro agio dal punto di vista intellettuale rispetto all'unitarietà. Quando ricadiamo nel linguaggio simbolico, infatti, *per forza* emergono dei paradossi.

Tendiamo a dimenticare che tutta la conoscenza è relazionale. *Su* non ha senso, se non c'è anche un *giù*. *Facile* non può esistere, se non accompagnato da *difficile*. Il flusso delle informazioni, perfettamente analogo in questo ai suoi componenti, è codipendente, come gli uno e zero dei dati digitali. Ci sono on e off, sì e no, ciascuno dei quali dipende

dell'altro per avere un senso o una qualche utilità. Utilizzando questi semplici opposti correlati, le nostre menti comprendono il mondo.

Se mente e natura sono correlate, dove si incontrano le menti separate? Anche lì, tutto è uno? Se siamo totalmente rilassati, riusciamo a osservare le altre persone e le loro azioni e le nostre, e sentire che la stessa energia spontanea anima noi tutti?

Riusciamo *veramente* a rilassarci, a vedere le nostre attività quotidiane come se si svolgessero da sole, e che il quadro più autentico non è quello del solo «piccolo io» in un universo vasto e spaventoso? Riusciamo ad abbandonare questa idea, insieme con le nostre paure della morte?

E se l'«unitarietà» di natura e coscienza non risultasse ancora familiare, se la trovate strana o difficile da accettare, basta ricordarsi che il vecchio, classico modello cosmologico standard, con i suoi inizi e gli infiniti e le contraddizioni, era molto più insensato. Così, nel momento in cui ci viene presentato un nuovo paradigma basato sulla vita e ci viene chiesto di abbandonare il precedente, non si tratta di dover privilegiare l'illogico rispetto al logico. Il vecchio modello è sempre stato illogico: stava in piedi sostanzialmente per inerzia. Aveva il vantaggio della familiarità.

Il biocentrismo non può offrire una risposta definitiva a tutti i misteri cosmici. Ma, per lo meno, una logica basata sulla vita e sulla coscienza *deve* essere più vicina alla realtà, per il semplice motivo che non ignora l'aspetto più basilare dell'esistenza.

Se riuscite a cogliere e forse addirittura a *sentire* questa verità, che gli algoritmi della mente creano tutto quello che sperimentiamo, capirete che la stessa energia che ci fa battere il cuore anima anche il mondo.

Se è così, abbiamo trovato la nostra teoria di grande unificazione.

17. Sei morto. E adesso?

Poiché io non potevo fermarmi per la
Morte,
lei gentilmente si fermò per me.
La carrozza bastava a contenere
noi due soltanto, e l'Immortalità.

EMILY DICKINSON,

Poiché io non potevo fermarmi per la Morte, 1890

Ora vi diciamo che cosa vi accadrà quando sarete morti. Sul serio.

Okay, non così sul serio, perché non morirete veramente. È probabile che il 72 per cento dei lettori, a questo punto, pensi che questo capitolo conterrà un gran mucchio di sciocchezze; in effetti, chi può dirlo con certezza? Be', tenete duro e decidete voi.

Prima di addentrarci nella spiegazione biocentrica, dobbiamo fare una piccola deviazione. Anzitutto, ripasseremo brevemente la visione standard, ordinaria, della mortalità, che è piuttosto sgradevole. Come minimo è un argomento di conversazione imbarazzante, la cui unica caratteristica positiva è la tendenza alla brevità. In sostanza, si muore ed è finita. Questa è la visione preferita dagli intellettuali, che si fanno un vanto di essere abbastanza stoici e realistici da evitare il vile rifugio nell'«oppio» spirituale di Karl Marx: la fede in una vita oltre la morte. Questa prospettiva moderna non è allegra. Quando chiesero a Woody Allen la sua opinione sulla morte, egli affermò: «Sono fortemente contrario».

Se invece siete abbastanza anacronistici da frequentare il catechismo, si prospetta per la vostra anima un viaggio per il paradiso o per l'inferno, dove rimarrete per sempre, oppure per il purgatorio, che assomiglia alla sala d'attesa del dentista. Se abbracciate le religioni orientali, pensate invece che vi risveglierete nel corpo di un neonato, destinato, nel giro di pochi anni, a imparare di nuovo a memoria le tabelline.

Dal punto di vista scientifico, il corpo di un defunto può avere un certo fascino, ma per la maggior parte delle persone è morbosamente sgradevole. Sono pochi gli studenti di medicina o i visitatori della cappella funeraria che si fermano a filosofare, domandandosi: che cos'è, esattamente, questa massa di protoplasma? Il nostro senso della vista ci consente di percepire particolari lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico – in questo caso, il colore grigiastro del corpo inanimato – e la scienza può indicarci il peso del defunto, ma la fisica ci dice che questo corpo immobile davanti a noi, in realtà, è un flusso vibrante di energia, di campi elettrici e di massa/energia equivalente. Se l'energia del cadavere si potesse utilizzare per intero, manterrebbe accese tutte le lampadine degli Stati Uniti per due anni e mezzo. (Bisognerebbe, però, che il cadavere venisse a contatto con il suo analogo antimaterico; così, il compianto amico George dovrebbe essere sepolto insieme a un antiGeorge.)

È vero anche che non c'è quasi niente di solido, lì: più del 99,9 per cento della materia in un cadavere è confinato nei suoi nuclei atomici infinitamente piccoli: se messi insieme, formerebbero un granello così minuscolo da non essere visibile. Davvero quel puntino invisibile e insignificante è tutto ciò che rimane quando una vita intera di sogni e di speranze è clinicamente terminata? Sembra che la scienza renda la morte un po' banale, perfino noiosa. Ci dev'essere qualcosa che l'occhio non vede, qualcosa che ci sfugge.

D'accordo, allora, che cosa vede l'*intuito*? Forse non ci pensiamo molto, ma la logica e la percezione sono due cose molto diverse. A volte convergono. Per esempio, piace a tutti trattenersi intorno a un falò. Da un punto di vista logico ha senso, perché le fiamme sono colorate, animate, mutevoli e molto affascinanti. Il fuoco, quindi, è intrigante sul piano logico e ci attrae a livello viscerale.

Consideriamo adesso un'escursione in campagna in una notte senza luna. Sul piano puramente logico, non c'è niente che spicchi per bellezza. Si offrono alla vista dei puntini bianchi su uno sfondo grigio scuro. L'unica altra entità visibile è la Via Lattea, una fascia screziata bianco-grigiastra che attraversa il cielo. Che cosa c'è di speciale, in termini visivi? Eppure, chiunque trascorra una notte in campeggio, in mezzo alla natura, uscendo

dalla propria tenda prova un'estasi muta. Si tratta di una sensazione intuitiva, che non ha niente di logico.

Lo stesso accade con un'eclisse solare totale. Abbiamo visto tutti le fotografie del nero cammeo della Luna che oscura il disco solare. Le fotografie suscitano il nostro interesse, lo stesso che proviamo osservando i castori intenti a costruire una diga. Ma l'esperienza reale della totalità dell'eclisse, vissuta in prima persona, fa piangere e gridare la gente. Può cambiarti la vita. Un'eclisse parziale, che si può osservare solo proteggendo gli occhi, non ha lo stesso effetto. L'eclisse totale si verifica, in media, solo una volta ogni 360 anni in ogni data località sulla superficie terrestre; è un evento raro, ma questa non è una spiegazione. C'è qualcosa nella disposizione di Sole, Luna e Terra lungo una linea retta nello spazio che crea una sensazione – o una «vibrazione», come la chiamerebbero gli hippies – priva di un corrispettivo logico, ma che lascia sconvolti gli spettatori.

Il punto di tutto questo discorso è che noi umani percepiamo e valutiamo il mondo usando un insieme di strumenti diversi. A volte la logica è lo strumento più appropriato in una data situazione, altre volte lo strumento migliore è la percezione diretta. Entrambi i processi avvengono spontaneamente e a volte convergono. Ci presentano qualcuno che non conosciamo; la sua buona reputazione lo precede e logicamente ci aspettiamo che ci piaccia. Quando gli stringiamo la mano e creiamo un contatto visivo ci sentiamo perfettamente a nostro agio a livello intuitivo e tutto torna; decidiamo subito che è un tipo a posto. Capita però che un incontro ci metta a disagio. Le vibrazioni della persona – per ritornare all'espressione hippie – ci sembrano strane o giudicanti o irate, o comunque spiacevoli. Eppure, «sulla carta», ci aspettavamo una persona deliziosa. Il nostro intuito entra in conflitto con la mente logica. Su che cosa dovremmo fare affidamento in casi come questi?

Nella pratica, la maggior parte di noi si affida soprattutto all'intuito. Ora, l'unico motivo che abbiamo per dedicare così tanto tempo a questo argomento è che ci è utile per illustrare una verità che potrebbe sembrare non scientifica, ma che è effettivamente indiscutibile: l'intuitività è reale e in genere affidabile.

Se il lettore può indulgere ancora un poco in questa deviazione dalla strada del rigore scientifico, diremo che questo *processo percettivo a livello istintivo* raggiunge una squisita perfezione quando un osservatore, invece di barcamenarsi tra i vari livelli della logica e dell'istinto, si focalizza esclusivamente sull'uno o sull'altro strumento. Per risolvere un difficile problema matematico serve un'attenzione logica focalizzata, e una totale assenza di distrazioni: qualunque emozione o divagazione verso quello che sta intorno – il tramonto fuori dalla finestra, poniamo – è di intralcio.

È vero anche il contrario. Il saggio, il mistico, l'illuminato è totalmente svincolato dalla mente logica e osserva la natura con lucidità e un'attenzione pienamente intuitiva. È una cosa sola con ciò che lo circonda. In questo stato, le persone non sono percepite come «altri», ma come singola unità. Negli occhi di ciascun estraneo, il saggio vede «il volto di Dio». Il saggio, inoltre, percepisce senza mediazioni che questo singolo amalgama di armonia, l'*Essere* descritto da alcuni antichi greci, come Parmenide, è immortale. Se tutto corrisponde a un'esistenza eterna di vita e natura – il vero «sé» – che cos'è che può morire? Nascita e morte sono considerate illusioni, e questa percezione è accompagnata dalla persuasione, da un senso di certezza. È intesa come un *riconoscimento* della realtà, piuttosto che l'acquisizione di una nuova idea.

Ancora una piccola cosa prima di abbandonare questa faccenda della percezione diretta. Dopotutto, poiché il biocentrismo asserisce che natura e osservatore sono correlati, la percezione diretta è un processo intrinsecamente valido, in quanto ogni osservatore è già sintonizzato con l'essenza del cosmo *e non costituisce un'entità disgiunta da esso*. Egli o ella ne percepisce le verità a livello profondo. Come potrebbe essere altrimenti?

Dunque, la nostra indagine guidata dall'intuizione approda infine a questa domanda: che cos'è un corpo morto?

Chi si è trovato al cospetto di un cadavere, magari di un proprio caro, sa che la sensazione è molto diversa rispetto alla persona in vita. Anche quando, durante un lungo viaggio, qualcuno si addormenta sul sedile posteriore dell'auto, la sua presenza si può percepire. Ognuno genera una «sensazione» unica. Non sono smancerie New Age, anche se un po' lo

sembrano. È solo che siamo così abituati all'aura intangibile dei nostri amici e parenti che di solito non prestiamo attenzione a questa caratteristica delle persone che conosciamo. Ma quando ci troviamo al cospetto del loro corpo privo di vita è del tutto evidente che la mamma, o Bill, semplicemente non ci sono più. La sensazione è così diversa da risultare sconcertante, perfino raccapricciante. Non è solo il fatto che non si muovono o non respirano più. Del resto, come raccontano gli impresari delle pompe funebri, in genere la gente dice: «La mamma non c'è più, non è più lei».

Una qualità vibrante, cosciente, che era la vera persona conosciuta e amata, adesso è assente. In breve, *le persone non coincidono con il loro corpo*. Quello che non ci riesce è applicare questa rivelazione a noi stessi: se gli altri non sono il loro corpo, non lo siamo neanche noi.

L'identificazione sé-corpo, dunque, è il primo errore che facciamo quando proviamo a esaminare quell'assillante faccenda della mortalità. Guardiamo i nostri arti e diciamo: «Quella è la mia mano», ma chi è l'«io» che possiede la mano? In linea teorica, potremmo via via tranciare tutti i pezzi fino a rimanere soltanto un cervello in bottiglia, mantenuto in vita con qualche sostanza nutritiva, e tuttavia diremmo ancora: «Eccomi, sono sempre io!». E se quel senso dell'«io» permane pienamente, a prescindere da quale parte del proprio corpo vada persa (basta chiedere a qualunque sfortunato veterano di guerra che abbia subito delle amputazioni multiple), che cosa succederebbe se si riuscisse a preservare lo sciame elettrico che costituisce la coscienza in un qualche genere di futuristico *plasma container*? Non prenderemmo allora, finalmente, piena consapevolezza che in realtà non siamo il nostro corpo?

Gli animali non hanno questo problema. La vostra gatta non ha idea di quale sia il proprio aspetto. Non sa nemmeno di essere un gatto. Non immagina di avere un corpo. Si pulirà, non perché cosciente del proprio corpo, ma perché le viene naturale e istintivo: va fatto e basta. Potrebbe anche leccare la vostra mano, se la avvicinate.

Il corpo muore, il vero «io» non muore. O almeno, una volta compreso chiaramente che non siamo il nostro corpo, il problema di quel che accade all'«io» diventa tutta un'altra storia.

Torniamo al biocentrismo. La sensazione dell'«io», della coscienza stessa, si può considerare come una nuvola energetica da 23 watt, che corrispondono al consumo cerebrale di energia per produrre il nostro senso di «essere» e le sue innumerevoli manifestazioni sensoriali. L'energia, come sappiamo dalle scuole superiori, non va mai persa. Può cambiare forma, ma non si dissipa o scompare mai. Che cosa succede allora quando muoiono quelle cellule cerebrali?

Per prima cosa, non dimenticate mai che gli algoritmi della mente producono l'idea che avete del vostro cervello, mentre una specifica architettura sensoriale ne produce la *sembianza*, quando ne dissezionate uno a medicina. Ci siamo già dilungati sul fatto che né lo spazio né il tempo sono reali, se non come sembianze o strumenti della mente. Così, ogni cosa che apparentemente occupi spazio (come il cervello o il corpo) o perduri nel tempo (di nuovo, il cervello e il corpo) non possiede una realtà assoluta, ma solo una realtà apparente creata dalla mente. Se cambiano i vagabondaggi neurochimici della mente, le sembianze dello spazio e del tempo svaniscono come neve al Sole.

Nel biocentrismo, è evidente che gli ambiti correlati della realtà non possiedono un ordine spazio-temporale indipendente dall'osservatore. Solo l'osservatore crea lo spazio e il tempo; così, per cominciare, non possiamo presumere che esista una matrice spazio-temporale assoluta nella quale un corpo muore. In effetti, non possiamo nemmeno affermare in assoluto (se non c'è un osservatore) quali eventi siano accaduti prima di altri. Il tempo e l'ordinamento sequenziale sono privi di significato in natura.

Poiché lo spazio e il tempo sono strumenti (concetti) della nostra mente, e non oggetti esterni reali come i cocomeri, tutta la nostra conoscenza è relazionale e fondata su questi rapporti spazio-temporali. Non possiamo comprendere *nulla* al di fuori di questo sistema cognitivo spazio-temporale. La struttura precognitiva della natura (o della mente) che, in mancanza di un termine migliore, chiameremo *informazioni*, non ha un significato spazio-temporale fintanto che gli algoritmi della nostra mente non impartiscono un ordine. Così, non si può pensare che qualcuno «se ne vada», poiché questo richiede i concetti temporali di prima e dopo.

In breve, l'idea stessa della morte, di svanire nel nulla, è priva di significato. Svanire nel nulla potrebbe sembrare un concetto concreto, ma in realtà è insignificante quanto il pronome inglese «it» nella frase «it's a nice day» («è una bella giornata»): ha un ruolo sul piano linguistico, ma non nell'universo fisico reale. Le informazioni che costituiscono il nostro sé o consapevolezza cosciente sussistono al di fuori del nostro pensiero spazio-temporale e lineare.

Poiché il tempo non esiste, non c'è alcun «dopo» rispetto alla morte; c'è solo la morte del proprio corpo fisico nel presente di qualcun altro. Tutto è solo adesso. E poiché non c'è alcuna matrice spazio-temporale indipendente e assoluta in cui la propria energia si possa dissipare, è semplicemente impossibile «andare» da qualche parte. Si vive per sempre.

Nella sola realtà di cui facciamo esperienza sono gli algoritmi mentali a creare il senso emergente del sé o della natura, proprio come la puntina di un grammofono su un disco rende manifesto un suono. Il processo trasforma le informazioni nella realtà tridimensionale che conosciamo e di cui facciamo esperienza, analoga alla musica quando si suona il disco. Tutte le altre informazioni sul disco (la natura o il cosmo) esistono in sovrapposizione, in forma potenziale.

Ogni sequenza causale che conduca all'«adesso» di cui si fa esperienza si può pensare come il «passato» (e corrisponde ai brani suonati prima che la puntina raggiungesse l'attuale posizione sul disco), e tutti gli eventi causali che seguiranno l'«adesso» (cioè, il «presente») avvengono nel «futuro» (ovvero, i brani che vengono suonati dopo la posizione attuale della puntina, qualunque essa sia), ma in realtà esiste solo l'*adesso*. Gli altri stati apparenti, il passato e il futuro, si materializzano soltanto quando la mente crea la sua realtà tridimensionale. Lo stato antecedente la morte, compresa la vostra vita attuale con i suoi ricordi, ritorna alla sovrapposizione, in quella parte del disco che rappresenta solo le informazioni.

In breve, la morte non esiste realmente. Se vogliamo considerare la natura di qualunque cambiamento si svolga subito dopo il disfacimento corporeo, lo si può pensare come un riavvio. Di certo un'esperienza positiva, un rinnovo. Con la morte, raggiungiamo il confine immaginato di noi stessi, quel confine boschivo dove, nelle parole dell'antica fiaba, la volpe e la

lepre si dicono buonanotte. Ma se il tempo è un'illusione, lo è anche la continuità nella sequenza degli «adesso». Allora, dove possiamo trovare noi stessi? Nelle discontinuità, potenzialmente intercalate ovunque, «come i giorni» scrisse Emerson «che Ermete vinse ai dadi contro la Luna perché Osiride potesse nascere».

Ancora una volta, passato e futuro sono idee relative a ogni singolo osservatore. Sapete di aver avuto una nonna, la quale a sua volta aveva una nonna. Queste sono idee, è vero, ma non è difficile immaginare che ciascuna avesse la propria bolla di realtà spazio-temporale, proprio come supponete che le persone intorno a voi sperimentino ciascuna la propria sfera di realtà spaziale e temporale, anche se sono tutte fundamentalmente una cosa sola con la natura e – nel significato più profondo – indistinguibili dal tutto.

Non c'è alcuna matrice di «tempo» a ticchettare fra queste sfere, perché il tempo non esiste se non come concetto nella mente di ogni singolo osservatore. La cosa più importante da fissare è che passato, presente e futuro non hanno senso *tra* queste bolle separate di realtà. Quindi, non ha nemmeno senso pensare che alla morte segua, nel tempo, una rinascita.

Molti credono nella reincarnazione ed entro certi limiti potrebbe non essere scorretto. In termini più autentici, però, che cos'è che si può reincarnare se, per cominciare, non esiste la morte? Per non parlare del fatto che non ci sono individui reali, disgiunti, nel correlato natura/coscienza che costituisce l'Essere singolo ed eterno. La morale della favola, la conclusione, per chiunque tema la morte, è che la nostra coscienza non è mai discontinua.

Non c'è da meravigliarsi se Parmenide, 2400 anni fa, correva (metaforicamente) per le strade di Elea per diffondere la buona novella che la realtà è, invero, semplice e sicura. Così come Zenone, suo vicino, egli era disorientato al pensiero di un cosmo multiforme traboccante di mortalità, un'idea che stava prendendo piede tra i nuovi filosofi greci, propensi a riflettere troppo.

Come Parmenide, sia voi sia io sappiamo che il tempo non esiste se non nel presente, in forma di idee, perciò «passato» e «futuro» sono illusioni. E, con il tempo, tutti i concetti che da esso dipendono, incluso il più

importante e temibile: che voi, presenti nella consapevolezza, possiate mai smettere di essere.

Come scrisse Einstein poco prima di morire, nel 1955: «Le persone come noi, che credono nella fisica, sanno che la distinzione fra passato, presente e futuro è solo un'illusione testardamente ostinata».

18. Grandi illusioni

Abbiamo [...] la necessità di ingannare di continuo noi stessi con la spontanea creazione di una realtà [...] la quale di tratto in tratto si scopre vana e illusoria.

LUIGI PIRANDELLO, lettera autobiografica, 1924

Il biocentrismo sostiene che tutto sia relazionale, ed è vero. La maggior parte di noi vive nella caparbia illusione che ci siano «ombre», autonome, senza le corrispondenti «luci», e immagina che esista un vero «là fuori», indipendentemente dal nostro sé cosciente, un insensato mondo esterno che comprende buona parte della realtà, con un «piccolo io», separato, a farvi fronte.

Questa illusione ci porta a credere che il cosmo sia in prevalenza inerte e privo di vita, che la nostra scintilla di esperienza personale brilli brevemente, come un barlume incidentale di vitalità circondato da un perenne vuoto inerte. Non c'è da stupirsi del senso di liberazione che si prova quando si interpreta correttamente il cosmo come un'entità centrata sulla vita. Allora si percepiscono le sue caratteristiche come splendide e svanisce la sensazione dell'«io» associata alla separazione dagli altri.

Per acquisire questa mentalità, si può iniziare dal capire che la vita e l'esistenza sono molto più di quello che pensiamo. «I cinque colori accecano gli occhi» dice un vecchio proverbio cinese. Se «vedi» solo le tonalità alle quali hai dato un nome, ti perdi lo spettro delle sensazioni di colore nella sua interezza. È solo la logica a creare queste illusioni, che si estendono ovunque. Per esempio, siamo convinti che il cervello governi il corpo. Ma nulla ci vieta di supporre che stomaco e fegato – bisognosi di glucosio ed energia – abbiano «allevato» un cervello, al proprio servizio, perché si desse da fare a procurare il cibo, provvedendo così agli organi

stessi. In realtà nulla è disgiunto, nulla domina nulla, funziona tutto insieme. Questo però ci sfugge, soprattutto a causa dei meccanismi intellettivi, che attribuiscono simboli alle cose dopo aver ripartito la realtà in un numero relativamente piccolo di parti disgiunte. A livello linguistico, gli oggetti distinti esistono soltanto se abbiamo un nome per designarli. Questo, a sua volta, ci fa perdere la maggior parte della vita; si tratta senza dubbio di un'esperienza molto più limitata rispetto alla percezione dell'unitarietà.

Forse non prestiamo loro molta attenzione, ma le illusioni ci sono fedeli compagne. Prendendone in esame qualcuna e riconoscendone la pervasività, potremmo sentirci più propensi ad abbandonare i nostri schemi mentali. Spesso partono da semplici frasi che coinvolgono un «io» che riflette sulla realtà o un «io» che osserva le galassie. Così, quando analizziamo le illusioni, non dobbiamo trascurare il problema più profondo: noi stessi. La sensazione dell'«io» scaturisce da una nuvola di attività elettrica nella nostra testa che ha gettato neuroscienziati e filosofi in uno stato di agitazione semipermanente. L'«io» che sogna a occhi aperti e che ordina da bere è un'entità separata dall'«io» che compie svariate funzioni dentro ai reni? Dove comincia l'«io» e dove finisce?

A voler essere rigorosamente oggettivi e scientifici, potremmo definire l'«io» – il sé – come il corpo, e affermare che l'epidermide costituisce i suoi confini. In sostanza, «io» sono tutto quello che c'è dentro questa sacca impermeabile di pelle. Se invece ci atteniamo al senso soggettivo del «sé» di ogni persona, le definizioni si fanno più complesse. Probabilmente, dopotutto, non avete mai considerato le dita dei piedi come una parte integrante del vostro «sé», perché le avete sempre chiamate le «mie dita dei piedi» come se fossero una vostra proprietà.

Le mie braccia, le mie gambe, il mio fegato: chi li possiede? Chi è quell'«io»?

È questa la domanda fondamentale formulata settant'anni fa dal grande saggio dell'India meridionale Ramana Maharshi. Egli fu un instancabile sostenitore della validità del metodo «Chi sono io?» per svelare i segreti più profondi. È semplice, diceva: non angustiatevi con interminabili domande

su Dio, l'esistenza, il destino e tutto il resto. Scoprite invece chi è che vuol sapere queste cose. Chi è colui che sperimenta queste sofferenze mentali?

Così, come meditazione, si incoraggiava una persona a capire dove nascesse l'esperienza dell'«io» e in che cosa consistesse. *Chi sono io? Be'*, il momento dell'«Eureka!», con tutti i suoi benefici, sarebbe sopraggiunto solo per coloro che si fossero impegnati a «guardarsi dentro» e a scoprire dove questo li avrebbe condotti.

Una persona che avesse compiuto questa ricerca interiore con sincerità e determinazione, alla fine, non avrebbe trovato nessuno. Lui o lei avrebbe scoperto che non c'è alcun sé individuale separato, soltanto un flusso di pensieri. Oppure, in altri termini, una volta presa coscienza di questo, avrebbe visto con chiarezza che il «sé» o era il nulla assoluto o l'intero cosmo. Una delle più grandi illusioni di tutti i tempi, dunque, è l'esistenza di una «Jessica» o di un «Michael» separati e mortali: voi, in quanto entità autonoma e distinta dal cosmo.

Proprio per questo il Maharshi alludeva spesso all'universo come al «Sé», con la S maiuscola, in contrapposizione al falso senso del sé, con la s minuscola, una specie di pappagallo parlante nella testa di ognuno.

Questa intuizione non fu prerogativa del solo Oriente. Undici anni dopo essere stato insignito del premio Nobel per la fisica, Erwin Schrödinger scrisse:

Che cos'è questo «io»? Se voi lo analizzate attentamente, io credo, trovate che esso è qualcosa di più che una collezione di dati singoli (esperienze e memorie) e cioè il canovaccio sul quale questi sono intessuti. [...] E anche se un esperto ipnotizzatore riuscisse a cancellare completamente ogni vostra antica reminiscenza, voi non potreste dire che egli vi ha ucciso. In nessun caso v'è da deplorare la perdita d'esistenza personale. Né ciò avverrà mai.

Il punto, di nuovo, è che le nostre conclusioni biocentriche – il fatto che morte, tempo, spazio non esistano e ci sia invece una singola entità vivente, che preclude un universo morto e indipendente, separato dalla vita e dalla coscienza – conducono a una realtà basata sulla scienza, ma sono anche le conclusioni a cui chiunque arriverebbe in modo autonomo se solo ci pensasse bene o contemplasse con serenità quello che succede nella propria mente.

E quello che succede abbraccia sia l'interno del proprio corpo sia l'universo esterno. Non c'è distinzione, a dire il vero. Siamo un amalgama, un'entità composta dal mondo esterno e dal corpo/mente. Siamo come alberi, che si protendono all'esterno sia verso il basso, attraverso le radici, sia verso l'alto, tramite i rami periferici e sottili. L'aria, l'acqua, la corrente elettrica, il pianeta stesso e il nostro corpo/mente, tutto va a comporre un organismo vivente interdipendente. Non siamo emersi dall'universo, né siamo semplicemente una sua *espressione*. Noi *siamo* l'universo. La sua acqua e la sua aria sono il nostro essere, e non viviamo senza la sua inseparabilità con noi.

In netto contrasto con la sensazione diminutiva del «piccolo io», le illusioni possono essere anche fisicamente enormi. Nel 2012, un team della University of California, Berkeley studiò 900000 galassie e scoprì che, su vasta scala, lo spazio non mostra segni di curvatura. La conclusione? Questa topografia piatta su vasta scala indica che l'universo è probabilmente infinito, poiché un cosmo finito esibirebbe una curvatura nel suo spazio-tempo, causata dall'enorme massa dell'insieme delle sue galassie e della materia oscura. Questa nuova scoperta comporta che l'inventario cosmico delle galassie e dei pianeti sia illimitato. Nell'aprile del 2013, uno degli autori chiese a Debra Elmegreen, allora presidente dell'American Astronomical Society, che cosa ne pensasse della notizia che il cosmo visibile è avvolto in una matrice infinitamente più grande, e lei rispose minimizzando: «Anche se possiamo osservare solo una frazione molto piccola dell'universo, basta e avanza per tenerci occupati».

Ma la sua affermazione non è del tutto corretta. Non è una percentuale molto piccola a essere osservabile. Ogni frazione di infinito è zero: significa che non possiamo vedere nemmeno poche pennellate del capolavoro celeste. Così, come accennato brevemente nel primo capitolo, tutto quello che possiamo mai sperare di studiare è lo *zero per cento*. E quando le dimensioni di un campione sono zero, nessuna conclusione è affidabile. Questa illusione, dunque, si estende a tutto quello che pensiamo di sapere del cosmo.

Si prenda per esempio l'idea – in voga tra alcuni cosmologi – che tutto sia partito dal nulla. In sostanza, la forza attrattiva positiva di massa e gravità è

bilanciata dalla repulsione negativa dell'energia oscura: il più e il meno si annullano. Alcuni teorici concludono, impassibili, che allora l'universo è fondamentalmente niente.

È utile? È un ragionamento valido oppure è fine a se stesso? Si può davvero ottenere qualcosa dal niente assoluto? Chiamare le cose positive e negative per poi dire che si cancellano non significa che siano *davvero* positive o negative, se non in quanto classificazioni mentali.

In verità – ed è il motivo per cui ci siamo soffermati sugli studi dell'universo alla scala più ampia – il grande Tutto continua a celare misteri indicibilmente profondi. Werner Heisenberg una volta disse: «La scienza contemporanea, oggi più che mai, è stata costretta dalla natura a interrogarsi di nuovo sulla stessa antica domanda a proposito della possibilità di comprendere la realtà attraverso processi mentali».

Nessun fisico può eludere l'inafferrabile questione di come si sia materializzato l'universo, o se davvero abbia avuto un'origine. Il momento zero del Big Bang rimane un enigma assoluto indipendentemente dal fatto che ci si attenga o meno al modello classico di un cosmo separato dalla nostra consapevolezza. Anche chiamando il Big Bang l'«inizio» del cosmo non avanziamo di una virgola, perché nessuno sa niente dell'entità verosimilmente infinita da cui è emerso. Riguardo al cosmo nella sua accezione più ampia, possiamo solo fare congetture, sia che si tratti, nella visione classica, di quel che vi è oltre l'orizzonte osservabile dell'espansione a velocità luminale, sia che si tratti, nella visione biocentrica, di quel che vi è oltre gli algoritmi mentali.

Le questioni fondamentali – l'universo ha avuto un'origine? quali sono le sue dimensioni? di che cosa è fatto veramente? – rimangono un enigma anche negli attuali modelli standard non biocentrici. L'imperscrutabilità della coscienza, condivisa dalla fisica classica, dalla meccanica quantistica e dal biocentrismo, aggiunge un altro ingrediente misterioso al calderone.

Anche se torniamo ai concetti più semplici di «qualcosa» e «niente», uno di questi deve essere stato creato, che sia nel Big Bang o da Dio o in qualunque tipo di genesi voi preferiate. Se ritenete che esista un mondo reale e indipendente là fuori, allora la creazione è esattamente il problema in cui incappate con il Big Bang, fatte salve alcune speculazioni puramente

teoriche. Se prima del Big Bang non c'era nulla, allora tutto fu improvvisamente creato dal nulla. A questo punto dovrebbe essere evidente che gli attuali concetti sulla vera natura di questo universo sono viaggi onirici in un mondo illusorio. Come sfuggirne?

Cominciamo a riconoscere che non c'è alcun mondo reale «là fuori», oltre a noi. Il Big Bang fa parte di un concetto relazionale, di una logica dipendente dall'osservatore. Non c'è niente di fisico che deve essere creato, perché tutto è lo stesso concetto mentale, sempre presente.

Secondo il biocentrismo, non possiamo scandagliare *nulla* oltre la logica spazio-temporale costituita dagli algoritmi mentali. Se vi chiedete com'è iniziato *quello*, se ha avuto un'origine o simili domande imponderabili, tornate all'*Essere* di Parmenide e ai mistici. Se lo si può conoscere direttamente attraverso stati «illuminati», ben venga. Ma nel contesto logico e scientifico, se ci chiediamo che farcene di tali campi inesplorabili, non c'è ragione né di esaltarci né di deprimerci. Gli antichi greci non si turbavano affatto; in genere, consideravano divertente la futilità. Se qualcosa era evidentemente al di fuori della loro portata, ci ridevano sopra e si versavano un altro boccale di vino.

Il primo passo per frantumare le illusioni è rigettare il paradigma odierno dell'universo morto, che è antiquato come tutte quelle tartarughe che una volta si pensava sostenessero la Terra piatta sotto ai nostri piedi. Fatto questo, potremmo essere ancora infastiditi da cose impossibili da comprendere attraverso la matrice del simbolismo logico, il *medium* del linguaggio.

Il secondo passo per frantumare le illusioni è rigettare il senso dell'«io». Anche se intuiamo che è questo «io», che siamo noi stessi a creare la cornice del tempo e dello spazio, ciò non basta, probabilmente, per rivelare l'esperienza piena ed esuberante dell'unità. In effetti, via via che i nostri potenti strumenti tecnologici amplificano sia le nostre percezioni sia le nostre illusioni (come quando usiamo i telescopi), da un lato ci riempiamo di stupore di fronte alla vastità dell'universo, dall'altro ci sentiamo inevitabilmente ancor più piccoli e insignificanti. Così, le moderne conoscenze scientifiche raramente ci avvicinano a comprendere davvero il quadro generale.

È un vasto regno, quello delle illusioni ottiche e percettive. Il nostro è un universo ben strano: ci sono cose reali che non si possono vedere, come l'amore e i neutrini e la materia oscura; d'altra parte, ci sono anche entità apparentemente strabilianti, totalmente prive di esistenza fisica. Ci siamo risvegliati in una galleria di specchi.

Mirabili invero sono i loro innumerevoli riflessi. Tuttavia, trapassando il velo delle apparenze, il biocentrismo apre un intero nuovo mondo di possibilità.

19. E dopo?

Il mio occhio s'aguzza,
s'abbaglia in lei, come all'eternità.

Henry Vaughan, *Childhood*, 1655

In un libro che dedica molte pagine a confutare il tempo, il titolo di questo capitolo potrebbe sembrare sconcertante. Ma ora che ci apprestiamo a tirare le somme, nessuno ci obbliga a compiere uno «scarto di livello» nella quotidianità, a parlare o a comportarci come se avessimo il privilegio di vivere su un'isola da soli. Abbiamo appuntamenti da rispettare. Viviamo in una società basata su una nozione condivisa del tempo e dobbiamo agire in modo conforme, se non vogliamo farci rinchiudere in un reparto psichiatrico.

Buona parte di noi è in cerca di «un significato della vita» o di scoprire che cos'è reale, se non altro per essere del tutto onesti con noi stessi sul piano intellettuale. Il paradigma biocentrico fa davvero molto per aiutarci a comprendere il cosmo, e la scienza in suo sostegno è già formidabile. Ma se l'unità di fondo tra natura e osservatore, con tutte le sue implicazioni – prima fra queste l'irrealtà della morte – arriverà a trovare un'accoglienza più ampia, ciò sarà senza dubbio grazie alle verifiche scientifiche oggi in corso.

Dopotutto, nell'ultimo secolo la scienza ha già radicalmente alterato la nostra percezione delle dimensioni del cosmo (prima del 1928, quando Edwin Hubble determinò con maggiore accuratezza la distanza delle nebulose a spirale, era opinione diffusa che esistesse una sola galassia), ha demolito la credenza nella località (il fatto che gli effetti fisici possano essere causati solamente dall'azione di oggetti o forze vicini), ha escluso la presenza della vita su Marte e rivelato innumerevoli altri correttivi alla visione tradizionale della realtà, specialmente tra il 1905 e il 1935, quando

Einstein e la meccanica quantistica cambiarono la fisica per sempre. Alcune di queste scoperte hanno alterato in maniera impercettibile, ma decisiva, la quotidianità.

Non tutte le nuove conoscenze hanno avuto un impatto psicologico positivo sulla mentalità comune. L'assunto scientifico che si è andato sempre più consolidando nel corso del ventesimo secolo, quello di un universo stupido e arbitrario in cui la vita è emersa per caso, ha avuto l'effetto collaterale di isolare la psiche umana dal cosmo. Probabilmente ha fatto sì che tutti o quasi si sentissero insignificanti, già fortunati a essere in vita. Questo, insieme al progressivo abbandono della religione, probabilmente ha fatto emergere l'idea che, in un cosmo governato da eventi fortuiti invece che da un progetto e/o dalla perfezione, noi umani dobbiamo sfruttare l'ambiente e arraffare quel che si può. Un universo sostanzialmente separato da noi stessi, nel quale abbiamo fatto la nostra comparsa per un colpo di fortuna, è anche un cosmo che ci si potrebbe rivoltare contro in ogni istante. Tutto ciò ha generato un atteggiamento ostile: umanità contro natura.

I modelli attuali non possono che farci sentire isolati dal cosmo e vulnerabili, con effetti tangibili sui nostri atteggiamenti abituali nei confronti della vita. Così, la cosmologia del ventesimo secolo non solo si è mostrata incapace di fornire una descrizione sensata della realtà, ma ci ha anche sostanzialmente alienati dalla natura. E dunque: sì, la scienza può condizionarci – e lo fa – sul piano esperienziale ed emotivo, non solo intellettuale.

Ecco perché speriamo e ci aspettiamo che la ricerca futura non solo vada a sostegno del modello biocentrico del cosmo, ma sia infine incorporata nella nostra visione del mondo. Sul piano personale, quale beneficio potrebbe derivarne, *nello specifico*, per ciascuno di noi?

Per prima cosa, naturalmente, capire davvero che in realtà siamo una cosa sola con la natura e non disgiunti da essa, che la coscienza è correlata al cosmo, contribuisce subito a mitigare la nostra guerra con l'ambiente. Non si può dichiarare guerra a se stessi. (Be', forse si può; però ci siamo capiti.) Una certa pace o appagamento deve insorgere per forza, quando ci si rende conto che il nostro stesso sé è intimamente collegato con le galassie. Per lo

meno, deve scaturirne un po' di tranquillità, al posto del costante conflitto psicologico con ciò che ci circonda.

In secondo luogo, con una visione del mondo che finalmente abbia un senso, subentra appagamento sul piano logico. Tutti gli irritanti esperimenti quantistici che mettono in luce l'importanza dell'osservatore, tutte le noiose ragioni per le quali una rappresentazione della realtà basata sul tempo e sullo spazio fa acqua ovunque... Sarà un bene sbarazzarsi di tutte le contraddittorie stranezze scientifiche che la maggior parte della gente evita di affrontare perché pensa che dipendano dalla propria inadeguatezza a capire la fisica. Vogliamo che la nostra scienza funzioni, anche sulle questioni di scala più ampia. Ora è possibile.

Terzo, questa prospettiva suggerisce nuove allettanti linee di ricerca, una combinazione di fisica e di biologia che è attesa da molto tempo. Già si lavora sugli spunti più immediati; per esempio, si cerca di capire come si applichi la meccanica quantistica al mondo macroscopico, alle nostre realtà quotidiane. Poiché la teoria quantistica dimostra già ampiamente lo stretto legame tra l'osservatore e quel che viene osservato, e mette in evidenza la correlazione tra oggetti in apparenza separati da uno spazio arbitrariamente grande, sarà divertente verificarne le conseguenze sulle entità visibili, invece che su quelle submicroscopiche.

Questo sta già succedendo. Per prima cosa, però, è bene sapere che ci sono buone ragioni per le quali gli effetti della teoria quantistica sono decisamente «spudorati» quando si esamina il comportamento di entità piccole, ma molto meno ovvi quando si prendono in considerazione vasti insiemi di atomi, e men che meno possibili quando si osserva la Luna o una locomotiva. Il motivo risiede nella natura ondulatoria delle cose: tutta la materia è essenzialmente composta di onde o, almeno, si comporta in tal senso quando facciamo gli opportuni esperimenti. Le onde di luce, elettroni e altri piccoli oggetti sono molto piccole e coerenti; ciò significa che, quando le si osserva, manifestano proprietà come la polarizzazione e la frequenza. Gli effetti quantistici apparentemente strani, come l'*entanglement* e l'effetto tunnel (oggetti che attraversano istantaneamente barriere che secondo la fisica classica sono impenetrabili, e si

materializzano dall'altra parte), si manifestano di routine con oggetti di queste dimensioni.

A dire il vero, gli effetti quantistici *appaiono* visivamente nel mondo macroscopico ordinario. I colori che vorticano su una bolla di sapone e le incantevoli tonalità delle piume di pavone o delle conchiglie sono esempi di diffrazione, un effetto quantistico di natura ondulatoria. Anche le onde più grandi (di lunghezza d'onda maggiore) possono esibire effetti quantistici, come nel caso dei segnali radio che s'incurvano attorno a oggetti solidi e si riescono a sentire in posti impossibili secondo la fisica classica.

Ma quando osserviamo un macigno, abbiamo a che fare con un enorme insieme di onde diverse, per via della corrispondente quantità di atomi che compongono l'oggetto. Gli effetti quantistici si verificano ancora, ma, a causa della loro natura probabilistica, è estremamente difficile che le loro funzioni d'onda collassino tutte nello stesso identico modo, soprattutto se si tratta di un modo improbabile. La prossima volta che entrerete in cucina, il frigorifero potrebbe essere scomparso perché si è rimaterializzato alla Casa Bianca. Potrebbe succedere: la scienza ci dice che non è impossibile. La probabilità di questo evento, tuttavia, è talmente bassa rispetto a tutti gli altri collassi probabilistici aggregati delle funzioni d'onda, che sarebbe estremamente difficile assistervi prima che si esaurisca il periodo atteso di permanenza umana su questo pianeta.

Ciò che importa è ricordare che gli oggetti molto piccoli hanno onde che si possono rivelare facilmente e che queste possono interferire, cancellarsi o amplificarsi – il che non vale, poniamo, per le palle da baseball. Quando una palla da baseball ne colpisce un'altra, non ci si può aspettare ragionevolmente di vederle scomparire entrambe. Così, l'aggregato di tutte le onde rende molto più difficile la rilevazione di effetti quantistici nel mondo visibile ordinario. In ambito quantistico gli oggetti esistono e non esistono simultaneamente, o si può immaginare che si comportino simultaneamente in diversi modi mutuamente esclusivi. Ma nel mondo classico ordinario un evento esclude l'altro: a differenza di un elettrone, un melone si trova qui o là, ma non in entrambi i posti nello stesso tempo.

Ma perché? Quali sono le dimensioni o condizioni in corrispondenza delle quali si verifica la transizione dal comportamento quantistico a quello

classico? Molti pensano che la «decoerenza» – la perdita della stranezza quantistica e della realtà di coesistenza degli stati – sia rapidamente provocata da un'interazione con l'ambiente: più grande è l'oggetto più in fretta questo accade, poiché è maggiore il numero degli atomi coinvolti. Altri pensano che potrebbe essere la gravità stessa a causare il passaggio al mondo classico. Altri ancora ipotizzano che alcuni stati quantistici, come la quantità di moto, siano più resistenti alla perdita di coerenza e che sia all'opera una sorta di darwinismo, tale per cui le proprietà più tenaci tendono a conservare maggiormente le caratteristiche quantistiche. Altri, tuttavia, ritengono che gli effetti quantistici si possano continuare a osservare in oggetti sempre più grandi, su scala visibile. Tutto questo c'entra con il biocentrismo, perché indica che l'osservatore è concretamente indispensabile rispetto al cosiddetto mondo esterno, e che spazio e tempo non sono reali.

Il mondo quantistico e quello classico sembrano molto diversi, ma il modo in cui gli oggetti fisici cambiano il loro comportamento per passare dall'uno all'altro non è stato ancora chiarito, ed è oggetto d'intensa ricerca. Di recente i fisici si sono imbattuti in nuove spiegazioni alternative che, ancora una volta, pongono l'accento sul ruolo dell'osservatore. L'idea è che qualunque sistema fisico esibisca un comportamento quantistico quando viene osservato con misurazioni estremamente precise, ma si trasformi in un sistema classico non appena le misurazioni diventano troppo grossolane o vaghe, e questo accade quando si ha a che fare con aggregati estremamente numerosi di particelle o fotoni come quelli degli oggetti visibili. In altre parole, è il fatto che le misurazioni diventino più grossolane a forzare la cosiddetta transizione dal comportamento quantistico a quello classico. Se questo fosse vero, allora la dipendenza dall'osservatore davvero condurrebbe le danze, a tutti i livelli.

Negli anni venti del ventunesimo secolo il problema principale che ha incontrato la ricerca, nel tentativo di sviscerare la questione da un punto di vista scientifico, è stato la scoperta che le misure grossolane *non* producono in modo affidabile il passaggio al comportamento classico: i ricercatori sono rimasti nell'incertezza riguardo ai parametri esatti necessari per far avvenire definitivamente la transizione da quantistico a classico. Tuttavia,

in uno studio pubblicato nel 2014 dalla rivista *Physical Review Letters*, alcuni fisici hanno scoperto che la «misurazione» è in realtà un processo duale. Contrariamente a quanto ipotizzato in precedenza, la rilevazione finale non è l'unico componente del processo. Invece, per una completa acquisizione delle informazioni è necessario impostare e controllare anche i riferimenti delle misurazioni, come il *timing* o l'angolazione (ossia, quando e dove misurare), indispensabili alla nostra mente per capire davvero quel che accade. I fisici hanno scoperto che quando questi riferimenti sono controllati la transizione al mondo fisico classico è sicura e inevitabile. Tutto questo mantiene la conoscenza dell'osservatore stabilmente sulla scena, rispetto al modo in cui si manifesta il cosmo.

Così, stiamo ancora imparando in quali contesti è legittimo e opportuno mettere da parte il nostro vecchio modo di pensare basato sulla logica, il quale, a sua volta, affonda le proprie radici nel realismo locale. Riprendiamo brevemente quanto detto nel settimo capitolo: secondo il realismo locale, un oggetto si trova «là» indipendentemente dal fatto che lo misuriamo, e porta sempre con sé tutte le informazioni necessarie per determinare il suo comportamento. Se, in base al nostro rivelatore, esso manifesta un particolare comportamento, secondo il punto di vista classico possiamo risalire a come ha agito prima che lo osservassimo – per esempio, alla traiettoria che ha compiuto per arrivare dove lo vediamo adesso.

Ma il biocentrismo e la sua prospettiva non classica funzionano molto meglio, mostrando che le informazioni che non sono specificamente ottenute per mezzo dell'apparato sperimentale, in realtà, non hanno alcuna esistenza indipendente o storia autonoma. Prima che la osservassimo, quindi, la particella non aveva alcun genere di «traiettoria». E neanche quando la osserviamo ha una traiettoria, a meno che il nostro esperimento non sia stato progettato proprio per individuare una traiettoria. Il punto è che la realtà di quella particella è la nostra osservazione.

Oggi i fenomeni quantistici come l'*entanglement* o l'effetto tunnel sono di enorme interesse per i ricercatori, non perché importi a molti di verificare la correlazione natura/mente del biocentrismo, ma semplicemente per sfruttare queste proprietà a fini commerciali. Il principale interesse in questo senso è per la potenziale velocizzazione del tempo di risposta nelle prossime

generazioni di computer, visto che i fenomeni quantistici operano nel regno atemporale dell'istantaneità e non sono limitati, come l'elettricità, dalla velocità luminale. Ci si può aspettare quindi che i fenomeni quantistici saranno sempre più sfruttati a scopi pratici negli anni a venire.

Immaginate quanto si può fare interessante tutto questo ora che iniziamo a osservare gli effetti dipendenti dall'osservatore nel mondo ordinario e macroscopico. La ricerca degli effetti quantistici a livello visibile è attivamente in corso e ogni anno si segnalano diversi casi di successo in vari laboratori nel mondo. Per esempio, in un articolo pubblicato da *Nature* nel 2010, un team di fisici della University of California ha evidenziato effetti quantistici in un sistema meccanico visibile, una specie di minuscolo tamburo con parti mobili a malapena visibili a occhio nudo. Il problema principale fu trovare un modo per raffreddare tutti gli atomi degli oggetti al loro «stato quantico fondamentale», in prossimità dello zero assoluto. Una volta raggiunta la corrispondente temperatura, i ricercatori crearono uno stato di sovrapposizione della «membrana del tamburo» così da avere, nello stesso tempo, un'eccitazione nel risonatore e nessuna eccitazione nel risonatore. Il tamburo batteva e non batteva, simultaneamente.

Di recente, cristalli di bicarbonato di potassio hanno evidenziato delle creste di *entanglement* alte più di un centimetro, dimostrando che il comportamento quantistico poteva farsi strada nel mondo ordinario degli oggetti a scala umana. Nel 2013 l'esperimento della doppia fenditura è stato effettuato con molecole di 810 atomi ciascuna. Sempre nello stesso anno, una molecola composta da 5000 atomi ha mostrato con successo un comportamento onda-particella. Questa molecola gigantesca, C₂₈₄H₁₉₀F₃₂₀N₄S₁₂, aveva dimensioni pari a un decimo di quelle di un piccolo virus: tali effetti quantistici, dunque, non sono confinati al regno del submicroscopico. Ogni anno segna nuovi avanzamenti nelle sperimentazioni con entità *entangled*, siano esse luce, particelle o assemblaggi di oggetti sempre più grandi, via via che la scienza scopre quali sono le modalità più efficaci per osservare la magia quantistica a una scala prossima o equivalente a quella del visibile.

Tra i molti a lavorarci con continuità c'è Nicolas Gisin, il fisico svizzero che diede inizio a tutto nel 1997 dimostrando definitivamente la realtà

dell'*entanglement*. Allora egli impiegò fotoni singoli, quanti di luce, ma più di recente ha utilizzato grandi «flash» *entangled* costituiti da 500 fotoni ciascuno.

L'*entanglement* dimostra il principio biocentrico che né lo spazio né il tempo esistono come realtà indipendenti al di fuori della percezione animale; via via che gli oggetti correlabili diventano più grandi, la sua realtà si fa sempre più sorprendente. Nel 2013, per esempio, gli scienziati hanno correlato due diamanti minuscoli, ma visibili: l'osservazione dell'uno aveva effetto istantaneo sull'altro. Si è scoperto inoltre che anche le proprietà come il moto possono essere correlate, e non solo nel caso di vibrazioni come quelle del tamburo che abbiamo descritto sopra.

Alcuni anni fa, come riportato in un articolo di *Nature*, i ricercatori hanno lavorato con due coppie di particelle *entangled* vibranti, separate da 240 micrometri. Quando si forzava una coppia a modificare il proprio stato di moto lo faceva anche l'altra. In precedenza non si era mai ottenuta la correlazione quantistica del moto. Per riuscirci, gli scienziati usarono due coppie di nuclei atomici, in modo che ognuna avesse una carica positiva e la si potesse far muovere attraverso le manipolazioni di campi elettrici. Ciascuna coppia comprendeva uno ione berillio e uno ione magnesio, i quali continuavano a vibrare avanti e indietro avvicinandosi e allontanandosi l'uno dall'altro, «come se fossero connessi da una molla invisibile». Quando i ricercatori modificavano il moto di una coppia, interrompendo e riavviando le vibrazioni per mezzo di campi e di laser ad alta precisione, l'altra coppia, misteriosamente, rispondeva subito in modo perfettamente speculare.

Un altro argomento di interesse è *quale tipo* di osservazione possa indurre variazioni istantanee, come quelle illustrate nell'esperienza della doppia fenditura del settimo capitolo. Gli elettroni abbandonerebbero il loro stato probabilistico, e le loro funzioni d'onda collaserebbero, se a osservarli fosse un gatto? A oggi, nessuno nella comunità scientifica può asserire di conoscere la risposta.

Di recente un team di ricercatori guidati da Juan Ignacio Cirac, uno dei pionieri dell'informatica quantistica, ha proposto un esperimento per

verificare se i virus si possano impiegare in queste prove. Pensateci: l'*entanglement* di entità viventi.

Lo scienziato ha così scritto:

L'aspetto più sorprendente della meccanica quantistica è l'esistenza di stati di sovrapposizione nei quali un oggetto sembra trovarsi in situazioni diverse nello stesso tempo. L'esistenza di questi stati è stata testata [e] [...] gli attuali sviluppi dei sistemi optomeccanici potrebbero permetterci a breve di creare sovrapposizioni di oggetti ancora più grandi, come microspecchi o microcantilever, e quindi di testare i fenomeni quantomeccanici su scale ancor più grandi [...]. Il nostro metodo è particolarmente adatto per gli organismi viventi più piccoli, come i virus, che sopravvivono a pressioni di basso vuoto e si comportano dal punto di vista ottico come dielettrici. Questo apre la strada alla possibilità di testare la natura quantistica di organismi viventi, creando stati di sovrapposizione quantistica nello stesso spirito dell'originale paradigma concettuale del gatto di Schrödinger. [Questo è] il primo passo per un approccio sperimentale a questioni fondamentali come il ruolo della vita e della coscienza nella meccanica quantistica.

Non passerà poi molto prima che gli effetti degli osservatori sugli oggetti fisici smettano di sembrare esotici al pubblico. Forse l'intimo collegamento tra il mondo «oggettivo» e la coscienza, già osservato normalmente in ambito sperimentale, un giorno non sembrerà più strano neanche a un qualunque studente delle scuole superiori. Oggi ci troviamo quasi a questo punto. Tuttavia, ci resta ancora da indagare ulteriormente la coscienza stessa, la ricerca sulla quale, come abbiamo visto, non è nemmeno allo stadio iniziale. È possibile che si debbano concepire un nuovo ramo di ricerca e metodologie di indagine radicalmente innovative, dal momento che, finora, i principali successi hanno premiato soltanto i tentativi di mappare le parti del cervello che controllano specifiche aree di consapevolezza.

A ulteriore sostegno della prospettiva biocentrica c'è quello che si potrebbe definire lo stato quantico globale. A oggi, sappiamo che gli oggetti come gli elettroni non hanno esistenza, posizione o moto reali finché non sono osservati: in quell'istante la loro funzione d'onda collassa e si materializzano con posizione o quantità di moto dettate dalle leggi della probabilità.

Ora, tale collasso richiede la misurazione da parte di uno strumento o oggetto macroscopico, come quando illuminiamo (inviando dei fotoni) su un oggetto per vedere che cos'è. Quando si passa a un oggetto grande o

macroscopico, per definizione non tutte le parti dell'oggetto vengono osservate simultaneamente. Pertanto, le loro proprietà restano sconosciute. È risaputo che questa *incompletezza* determina la decoerenza e il collasso della funzione d'onda, come da risultati osservati nella meccanica quantistica ordinaria. Per esempio, se abbiamo due elettroni in uno stato di correlazione quantistica, la misura delle proprietà di un solo elettrone, senza informazioni sulla seconda particella, porterà alla decoerenza, o a un'apparente sospensione dell'*entanglement* tra le due particelle. La storia cui abbiamo accesso ci sembrerà deterministica.

D'altra parte, se abbiamo informazioni sullo stato di entrambe le particelle correlate, gli esperimenti mostrano che l'*entanglement* tra le due particelle viene ripristinato. Pertanto, se si potessero misurare simultaneamente gli stati quantici di tutte le particelle dell'universo, non si sperimenterebbe mai il mondo deterministico in cui viviamo, dove ciascuno è o vivo o morto, e dove gli eventi sembrano avvenire sequenzialmente. Si sperimenterebbe invece, direttamente, la vera realtà atemporale, l'essenza del cosmo nel suo insieme, che adesso ci raffiguriamo solamente come l'indistinto probabilistico della meccanica quantistica.

Non solo. È evidente che le nostre menti accolgono una specie di sistema-coscienza trascendente, nel quale gli algoritmi ordinari e usuali possono essere modulati o perfino aggirati. Pensiamo ai sogni, alla meditazione, alla schizofrenia o anche alle droghe allucinogene. L'accesso a questa architettura gerarchica potrebbe consentire alla coscienza di eludere, anche solo momentaneamente, le configurazioni spazio-temporali normali per accedere a una percezione diretta dell'unità con il cosmo al quale è sempre stata correlata, ma libera dalle percezioni di natura soggettiva dello spazio e del tempo. «C'è sempre» scrisse Thoreau, «la possibilità [...] di essere *tutto*.» Con uno sforzo cosciente della mente, Thoreau spiegò che riusciva a separarsi da se stesso, lontano dalle azioni e dalle loro conseguenze; tutte le cose, buone e cattive, gli scorrevano accanto come un torrente. «Posso essere legna spinta alla deriva nella corrente, o Indra, nel cielo, che guarda sulla terra di lassù.»

Quello che non viene messo in discussione, anche in questi stadi iniziali di ricerca, è che l'osservatore è correlato al cosmo. Che il tempo non esiste.

E forse il lascito più gradito del biocentrismo: dal momento che non esiste alcuna matrice spazio-temporale indipendente nella quale l'energia si possa dissipare, non è possibile che «andiate» da nessuna parte.

In breve, la morte è illusoria. Per quanto attiene all'esperienza reale diretta, continuerete a constatare quello che avete sempre osservato: la coscienza e la consapevolezza non hanno mai avuto inizio e non avranno mai fine.

Nel film *2001: Odissea nello spazio*, gli astronauti sono inviati in pellegrinaggio verso Giove. Alla fine, Dave Bowman viene inghiottito da un tunnel di luce colorata, oltre lo spazio e il tempo, per apprendere i segreti più profondi, e tuttavia trova soltanto un altro enigma. La sua avventura è una metafora appropriata della nostra lunga, antica ricerca di esseri umani.

Come disse il grande antropologo Loren Eiseley: «Il segreto della vita ci è scivolato tra le mani e ancora ci sfugge [...] tanto profonda è la mentalità di un'epoca [...] [che] il desiderio di legare la vita alla materia [potrebbe averci] impedito di vedere le caratteristiche più salienti di entrambe».

Per oltre diecimila anni abbiamo sollevato gli occhi al cielo in cerca di risposte. Abbiamo inviato astronavi su Marte e oltre, e continuiamo a costruire macchine ancora più grandi per trovare la «particella di Dio» o l'inafferrabile, decisivo pezzo del puzzle che in qualche modo non si risolve mai. Siamo come Dorothy nel *Mago di Oz*, che intraprende un lungo viaggio in cerca del Mago, solo per tornare a casa...

... e scoprire che la risposta era sempre stata dentro di lei.

Appendice 1

Cervello e mente

Esplorare la coscienza è un'esperienza inusuale, specialmente se essa include un mondo esterno che, come mostra il biocentrismo, in realtà si trova entro la mente. Nel prendere in esame questo tema, utilizziamo le seguenti definizioni:

Il cervello è un oggetto fisico dalla collocazione precisa. Esiste in quanto costruito spazio-temporale; altri oggetti, come sedie e tavoli, sono anch'essi costrutti, collocati al di fuori del cervello. (Se si trovassero al suo interno, il cranio sarebbe terribilmente affollato; quelle sedie, probabilmente, danneggerebbero il delicato tessuto neuronale del cervello e interferirebbero con il flusso sanguigno.)

Tuttavia, cervello, tavoli e sedie esistono tutti nella «mente».

La mente è ciò che, in origine, genera il costruito spazio-temporale. Così, la mente si riferisce al pre-spazio-temporale e il cervello al post-spazio-temporale.

Voi fate esperienza dell'immagine mentale del vostro corpo, incluso il vostro cervello, esattamente nello stesso modo in cui fate esperienza degli alberi e delle galassie. Così, quelle galassie non sono più lontane di quanto lo siano il cervello o le punte delle vostre dita.

La mente è ovunque. È tutto quello che vedete, udite e percepite – altrimenti non potreste esserne coscienti.

Il cervello si trova dov'è il cervello, e l'albero è dov'è l'albero. Ma la mente non ha collocazione. È ovunque osservate, annusate o sentiate qualcosa.

Appendice 2

Indice tematico

Potete fare riferimento all'indice che segue per rintracciare rapidamente i grandi temi che sono esaminati in questo libro.

se state cercando	andate al capitolo
esplorazione del tempo	1-4, 6
irrealtà della morte	17
non realtà dello spazio	1, 9, 12
natura della coscienza	2, 10, 11, 14, 15
prove scientifiche del biocentrismo	4-8, 19
consapevolezza nelle macchine o nelle piante	14, 15
come si acquisiscono e trasferiscono le conoscenze	13
biocentrismo come consapevolezza perpetua	11, 16
vita che emerge come accidente casuale	10, 16
teoria quantistica	5-8