



COLLANA DIRETTA DA ANTONINO SAGGIO

«Gli Strumenti» vuole fornire elementi di riflessione conoscitiva e teorica nei campi della scienza contemporanea, del pensiero, dell'arte, dell'urbanistica, dell'architettura e della produzione di oggetti. La collana è composta da libri precisi negli apparati, densi nei contenuti, chiari nell'esposizione che intendono spingere il lettore alla ricerca di nuove direzioni del proprio operare.

Claudio Catalano, *I sandali di Einstein: introduzione all'estetica dello spaziotempo* prefazione di Antonino Saggio

Editore: Lulu.com, Raleigh, USA

Distribuzione internazionale: Lulu.com, Amazon.com

Collana: «Gli Strumenti»

Direttore: Antonino Saggio

Redazione: Matteo Baldissara, Valerio Perna, Gabriele Stancato

Indirizzo: nITro, Piazza Grecia 61, 00196 Roma tel. 0697615923

ISBN: 978-1-326-49154-3

Prima edizione gennaio 2016

Parole chiave: arte, cubismo, futurismo, estetica, geometria, iperspazio, ipercubo, ipersfera, quantum, relatività, scienza, spaziotempo, Einstein, Euclide, Kant, Koan, Minkowski, Newton, Poincaré.

CLAUDIO CATALANO

# I SANDALI DI EINSTEIN

INTRODUZIONE ALL'ESTETICA DELLO  
SPAZIOTEMPO

*A mia madre*

# INDICE

CONTRO IL VUOTO	9
Prefazione di Antonino Saggio	9
INTRODUZIONE	15
1. LA MISURA DELLO SPAZIOTEMPO	17
1.1 La scienza e l'arte dello spazio e del tempo	17
1.2 Fra scienza e arte	20
1.3 Metafora	24
1.4 Misura e percezione	25
1.5 Isaac Newton	27
1.6 Étienne Louis Boullée	30
1.7 Kant, Einstein, lo spazio e il tempo	32
1.8 Gli omologhi incongruenti	35
1.9 Spazi n-dimensionali	37
1.10 La geometria di Riemann	40
1.11 Hermann von Helmholtz	44
1.12 Jules Henri Poincaré	46
1.13 William Turner	50
2. NUOVI MONDI	53
2.1 La quarta dimensione	53

2.2 Un poema nell'iperspazio	56
2.3 Fantasmia a quattro dimensioni?	58
2.4 Un mondo piatto	63
2.5 La quarta dimensione di Hinton	65
2.6 La macchina del tempo patafisica	67
2.7 Claude Bragdon	69
2.8 La forma dello spaziotempo	71
<b>INTERMEZZO</b>	<b>73</b>
Notte stellata	73
<b>3. LA RELATIVITÀ DELLO SPAZIO E DEL TEMPO</b>	<b>77</b>
3.1 - 1905 -	77
3.2 Simultaneità, dilatazioni e contrazioni	79
3.3 Il continuo spaziotemporale	82
3.4 - 1915 -	84
3.5 Campi gravitazionali	86
3.6 La geometria dell'universo	87
3.7 Geometrie senza tempo	89
3.8 Il cavallo di Muybridge	98
3.9 Il fucile fotografico	98
3.10 Le sculture sonore di Martin Klimas	101
<b>INTERMEZZO</b>	<b>103</b>
Dante nell'iperspazio	103
<b>4. ARTE, RELATIVITÀ E QUARTA DIMENSIONE</b>	<b>107</b>
4.1 Cubismo e Futurismo	107
4.2 Duchamp	116
4.3 I creatori dello spazio	123
4.4 Erich Mendelsohn: energia e materia	127
4.5 Scomposizione neoplastica: Theo van Doesburg	131
4.6 Le Corbusier	133

<b>5. QUANTUM LEAP</b>	<b>137</b>
5.1 Il mondo di mezzo	137
5.2 Da Jiffyland alla quarta dimensione	141
5.3 La nuova fisica	144
5.4 The fifth dimensional camera	148
5.5 Quantum pop	150
5.6 Koan	152
5.7 Quantum man	154
5.8 Verso un nuovo umanesimo	157
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>161</b>
<b>GLOSSARIO</b>	<b>165</b>
<b>INDICE DEI NOMI</b>	<b>169</b>

Proprietà letteraria riservata  
Collana «Gli Strumenti»  
Stampato da Lulu.com negli Stati Uniti d'America



# CONTRO IL VUOTO

Prefazione di Antonino Saggio

Cominciamo con il dire che il libro di Claudio Catalano *I sandali di Einstein: introduzione all'estetica dello spaziotempo* è proprio un bel saggio: interessante, ricco di spunti, chiaro nell'esposizione, curato bibliograficamente e a tratti esaltante. Non è solo chi scrive che la pensa così, ma anche tre qualificati lettori che ritroverete come redattori nel colophon e tra i recensori di questo volume sulla stampa.

Come in una scuola giusta in cui il direttore è anche spazzino, l'alunno creatore, il bidello padre, madre e custode, l'insegnante maestro, guida e giudice, così questa nuova collana si muove sull'idea che per affrontare le crisi dobbiamo essere multitasking. In questa occasione chi scrive ha fatto l'editore e il direttore di collana, il prefattore e l'editor. Da bambino di due anni farfugliai a mia madre: «Io grande ... quello». Indicavo ciò che mi appariva un presagio. L'uomo nella salita di via di Sant'Agnese non aveva una orchestra, ma suonava lo stesso: l'armonica con la bocca, il tamburo con il piede, i piatti con la testa. Noi crediamo che per lanciare una nuova collana bisogna essere un poco dei «pazzarielli»: lo volevamo essere e non ne abbiamo paura. D'altronde non è una novità: gli italiani hanno sviluppato atavicamente la capacità di affrontare le crisi con il multitasking.

Anche il contenuto di questo libro è multitasking. Innanzitutto è una brillante antologia sulla questione dello spazio e del tempo. Il percorso è costellato di perle, alcune, anche per chi conosce un poco la questione, del tutto inaspettate e sempre molto interessanti. Il secondo

livello è quello della interpretazione critica: i materiali sono sempre spiegati e spiegati con capacità e talento. Il terzo livello è saggistico. Gli ingredienti non sono scelti a caso, ma si incasellano l'uno con l'altro per farci comprendere l'evoluzione delle concezioni di spazio e di tempo e i rapporti che si intrecciano tra arte e scienza. Catalano compie un affascinante percorso: da Newton a Boullée da Riemann a Turner, da van Gogh a Poincaré, da Einstein a Duchamp, da Heisenberg e Bohr a Cage. L'Autore non solo opera in questi tre livelli, ma ne costruisce un quarto che è sfida e progetto. Ci immerge nello stato dell'arte della questione dello spaziotempo ponendoci effettivamente in crisi. Una crisi che ciascuno affronterà come meglio crede a seconda del campo di operatività, ma è certo che per gli architetti è particolarmente forte. Ma non siamo al punto zero. Sono anni che ragioniamo su questi problemi.

Non vorremmo annoiare con auto citazioni, ma vorrei ricordare alcune tappe perché questo mi permette di ricordare alcune persone che ho incontrato e che mi hanno aiutato. Renato De Fusco mi sfidò anni fa sostenendo che «l'informazione materia prima dell'architettura» era un nonsense. Fu così generoso da accogliere in *Op. Cit.* l'articolo di risposta in cui mi soffermai su una nuova definizione di informazione che era operativa esattamente per la fase storica - quella della Rivoluzione Informatica - in cui siamo. Per me e per tanti che hanno lavorato con me è stata una pietra miliare.

Contemporaneamente, ai tempi in cui dirigevo una collana internazionale, chiesi a Michele Emmer di affrontare la questione dello spazio dal punto di vista di un matematico e nacque *Mathland dal mondo piatto alle ipersuperfici*. Iniziai una riflessione che da allora pervase i miei corsi: quella del tempo come condizione prima per capire lo spazio. Vi furono esiti belli, come in un mai dimenticato progetto (Terragni, Frame, Iperspace la generazione di mondi pluridimensionali attraverso l'uso della poetica terragniana) per una installazione alla Casa dell'architettura di Roma. Molte di queste idee si sono riversate in seguito nel mio libro per Carocci *Introduzione alla Rivoluzione Informatica in Architettura*, citato da Catalano in bibliografia. Infine, mentre ero immobilizzato a letto per un incidente e stimolato dalla lettura di tre libri di Carlo Rovelli, riuscii a scrivere «Perché rappresentare l'invisibile? Information Technology, spazio dell'informazione e nuove sfide per il progetto e la rappresentazione», nella storica rivista di Mario Docci *Disegnare*.

Proprio questo recente articolo mi fornisce alcuni spunti per dire al lettore: «Devi essere in crisi, ma non completamente... Alcune cose le abbiamo capite.» Eccole in rapida sequenza.

Il primo concetto è che vuoto e spazio non sono sinonimi. Il vuoto ha significati profondi, legati in particolare alla cultura scintoista che usa il vuoto come evocazione della divinità. Una divinità che per presentarsi ha bisogno del vuoto. Ma spazio non è sinonimo di vuoto. Il concetto di spazio varia da tempo a tempo e si intreccia con gli strumenti cognitivi che l'umanità mette a punto nel suo percorso. In una fase storica, quella definita classica, spazio e vuoto coincidono e coincidono con una idea di tempo e di spazio assoluti. Si tratta della costruzione del mondo della matematica e geometria analitica di Cartesio e della fisica di Newton. Ma attraverso Einstein lo spazio non è più un vuoto, ma una rete quadridimensionale che si incurva con la massa. I fisici quantistici arrivano a descrivere questo spazio come un pieno composto di granuli legati a rete tra loro.

Ora, ecco il punto sostanziale. Questa idea di spazio «pieno» ha conseguenze non solo cognitive, ma operative. I progressi tecnologici dei nostri anni rendono questo spazio attivabile via sensori che costituiscono il ponte tra spazio e concretizzazione architettonica. I raggi ultravioletti, i segnali radio, i segnali televisivi, le onde wifi o bluetooth possono reificarsi trasformandosi in azioni concrete che tutti conoscono a cominciare dall'apertura di un cancello. Le azioni però non hanno solo la potenza pratica della *utilitas*, ma anche la possibilità di aprirsi ad una dimensione estetica. Ci aiutano a pensare e costruire da architetti il «nostro» spazio, lo spazio dell'oggi, lo spazio dell'informazione cui molti artisti e architetti peraltro lavorano da anni. Ecco perché il sottotitolo di questo libro - *introduzione all'estetica dello spaziotempo* - è così significativo e pervade la trattazione.

Di giorno ragioniamo con la logica, con la parte razionale del nostro cervello, ma la notte e soprattutto nel sogno, il nostro cervello opera per libere associazioni che sono a-logiche e non sequenziali. Il primo processo è illuminato dal metodo della scienza, il secondo processo si muove nell'ombra e si illumina solo per brandelli come se la mente lavorasse con improvvisi flash. Ma entrambe, scienza e arte, procedono per salti, entrambe procedono per intuizioni e ipotesi, entrambe estrapolano un progetto interpretativo della realtà. Ecco perché arte e scienza, come notte e giorno, sono sorelle.

Rimane aperta la questione del perché questo libro si intitoli *I «Sandali» di Einstein?* Io lo so, o meglio, ho la mia interpretazione, ma a ciascuno trovare la propria. Buona lettura.



Jean-Honoré Fragonard, *Les hasards heureux de l'escarpolette*.



# INTRODUZIONE

La scienza del XX secolo ha prodotto due monumentali visioni della realtà che hanno minato alla base la nozione di spazio e di tempo ereditata dalle leggi newtoniane e dall'esperienza quotidiana. La teoria della relatività e la meccanica quantistica ci hanno condotto ad abbandonare la presunta verità della nostra percezione dello spazio e del tempo intesi come contenitori di entità separate le une dalle altre. Negli stessi anni della rivoluzione scientifica del primo Novecento, l'arte ha esplorato lo spazio interiore scoprendone le analogie con lo spazio fisico oggetto dell'indagine scientifica. Ancora oggi però la scienza opera distinzioni fra mondo interiore e spazio fisico, ed è considerato reale solo ciò che è misurabile.

Il filo conduttore di questo libro è la convinzione che esista una profonda connessione fra pensiero scientifico e intuizione artistica e che dall'incontro di questi due strumenti di conoscenza dipenda la nostra esperienza dello spazio e del tempo.

Inoltre si ipotizza che le teorie e i postulati scientifici siano prolungamenti concettuali dei nostri organi di senso e paragonabili a strumenti sempre più raffinati per la percezione della realtà. In tale ottica, la geometria e gli strumenti di misurazione possono essere assimilati a protesi di senso mediante le quali percepiamo aspetti diversi del mondo la cui configurazione cambia al variare del sistema di misura-osservazione: altri mondi appaiono in funzione al mezzo usato, in una scoperta-generazione della realtà percepita attraverso la misura di configurazioni geometriche. Vedremo come tali protesi possono diventare obso-

lete - come nel caso della geometria euclidea - ed essere sostituite con altre che ci consentono una visione più approfondita. L'idealizzazione della geometria euclidea che ci ha accompagnato per duemila anni fino alla metà del XVIII secolo ha formato uno schema rigido sul quale abbiamo proiettato tutta la nostra percezione sensoriale del mondo esterno. Una visione nuova del mondo è conseguenza di un cambiamento dello schema concettuale.

Tutta l'arte del Novecento ha dovuto fare i conti con le nuove evidenze scientifiche; pittura, architettura, cinema, letteratura, ognuna di esse ha dovuto rivedere i propri principi fondativi per inglobare la nuova visione dello spaziotempo quadridimensionale. La scienza ci ha permesso di sondare lo spazio e il tempo con i potenti mezzi della tecnologia e ci ha messo a disposizione strumenti concettuali atti a guardare con occhi nuovi la nostra natura e l'intero universo. Una rivoluzione che è ancora in atto e con ogni probabilità è solo agli inizi.

*Les hasards heureux de l'escarpolette* (I casi fortunati dell'altalena) è un dipinto di Jean-Honoré Fragonard della seconda metà del Settecento. La scena del quadro ferma l'attimo dell'altalena nel mezzo della sua corsa: la scarpetta a mezz'aria, lo sguardo impertinente del giovane uomo, i punti di vista delle statue, l'insergente che aiuta l'altalena nella sua corsa, tutto è immerso in una natura evanescente che coinvolge i sensi. L'osservatore del quadro può immaginare di osservare dall'esterno la scena, ed è la visione della fisica classica oppure, passando con disinvoltura dall'uno all'altro, osservare simultaneamente da più punti di vista soggettivi la bella ragazza che dondola. In un caso lo spazio e il tempo sono fermi in un istante in cui è possibile descrivere e misurare tutto, ogni luce che disegna i corpi, ogni movimento e l'intera atmosfera ma l'altro caso, quando l'osservatore si immedesima negli sguardi dei diversi attori, si rivela sorprendentemente attuale; la percezione soggettiva dell'attimo che fotografa il fluire di ogni cosa rappresenta il nostro modo di avere esperienza dello spazio e del tempo. Una modalità che varia al variare delle nostre convinzioni circa il mondo che ci circonda. Nelle prossime pagine si esamineranno alcuni punti di vista che hanno caratterizzato la visione dell'arte e della scienza dall'universo newtoniano fino ad oggi.



# 1. LA MISURA DELLO SPAZIOTEMPO

## *1.1 La scienza e l'arte dello spazio e del tempo*

Le nostre idee non sono altro che strumenti intellettuali che ci servono a penetrare i fenomeni. Occorre perciò cambiarle quando hanno esaurito la loro funzione, come si cambia un bisturi quando è stato usato troppo a lungo.

Claude Bernard

Ogni audacia spirituale poggia oggi sulle scienze esatte.

Noi non impariamo da Goethe, Hebbel, Hölderlin, bensì da Mach, Lorentz, Einstein, Minkowski, da Couturat, Russell, Peano. Il programma di ogni singola opera d'arte può essere questo: audacia matematica, dissolvimento della coscienza negli elementi, permutazione illimitata di questi elementi; tutto è in relazione con tutto, e da ciò trae sviluppo.

Robert Musil

Le dimensioni e la qualità dello spazio e del tempo sono la materia prima della nostra esperienza quotidiana; in ogni momento abbiamo a che fare con spazi e tempi, gli ambienti della nostra casa, il percorso da casa al lavoro, la nostra automobile, la nostra città, in un'immersione così profonda che non ci fa pensare all'essenza dello spazio se non quando osserviamo la linea dell'orizzonte che divide il cielo dal mare oppure ne scorgiamo la profondità in una notte piena di stelle. In quei momenti siamo portati a considerare lo spazio come un contenitore,

un'immensa scatola forse senza pareti ma che, comunque, è adatta allo scopo di «contenere» tutte le cose. Allo stesso modo percepiamo il tempo nel suo inesorabile scorrere impacchettato in intervalli adatti ad essere percepiti; anni, mesi, giorni e minuti, abbiamo diviso il tempo in misure sempre più accurate necessarie a regolare ogni attività umana, esso ci appare come un fluire continuo che dal passato si dirige verso il futuro, questa è la sensazione del tempo che sperimentiamo e riusciamo quasi a visualizzare; il passato dietro le nostre spalle, il futuro lì, davanti a noi che scompare nel presente mano a mano che avanziamo giorno dopo giorno, anno dopo anno. Ma se cerchiamo di analizzarlo in modo più approfondito, il concetto di tempo diventa inafferrabile.

Lo spazio invece lo sperimentiamo secondo le tre dimensioni, come un vuoto in cui sono posizionate tutte le cose; se siamo in una stanza il nostro riferimento sono le pareti dove gli assi che indicano altezza lunghezza e profondità confluiscono in un vertice, possiamo immaginare poi che la stanza sia posizionata in un appartamento e questo in un edificio che abbia altri piani di riferimento e così via, questa ricerca di riferimenti può procedere all'infinito e in ultimo dovremmo poter trovare un riferimento per l'intero universo, ma presto ci si accorgerà che le nostre convinzioni ingenuie sullo spazio assoluto non hanno senso.

La scienza ci dice che spazio e tempo sono collegati, senza l'uno non può esistere l'altro; già Lucrezio nel *De rerum natura* nel I secolo avanti Cristo descrisse il tempo come inscindibile dalle cose in movimento nello spazio: «Anche il tempo non esiste per sé, ma dalle cose stesse deriva il senso di ciò che si è svolto nel tempo, poi di ciò che è presente, infine di ciò che segue più tardi. E bisogna riconoscere che nessuno avverte il tempo per sé, separato dal movimento e dalla placida quiete delle cose». Tempo e spazio sono, oltre la loro natura inconoscibile, delle convenzioni che ci permettono di condurre una vita assennata all'interno di una società. Abbandonare le convinzioni generate dal buon senso per tentare di comprendere la natura dello spazio e del tempo significa confrontarsi con il pensiero scientifico e filosofico che cerca di comprendere la realtà in modo sempre più profondo, abbracciando ipotesi e teorie molto spesso controintuitive e che sembrano destinate ad essere relegate in un ambito marginale rispetto all'esperienza quotidiana. Abbiamo bisogno di toccare con mano e di vedere con gli occhi; assumiamo come esistente solo quello che riusciamo a percepire con i sensi e che riusciamo in qualche modo a misurare. Si presume che il significato di spazio e di tempo sia così evidente che spesso neanche

gli scienziati si preoccupano della definizione. Einstein una volta osservò che lo spazio non è una «cosa», ma la teoria della relatività considera lo spazio come curvo per la presenza di masse gravitazionali. Se lo spazio non è una cosa, che cosa è che realmente viene curvato?

Per più di due secoli, fino alla formulazione della relatività ristretta nel 1905, si è ritenuto che la concezione dello spazio e del tempo newtoniano, suffragata dalla filosofia di Kant, corrispondesse alla vera essenza del nostro universo regolato da leggi meccaniche, determinato in ogni propria componente e strutturato secondo una geometria che ne descrivesse perfettamente il funzionamento. Inoltre, una interpretazione molto diffusa del pensiero di Kant, che intende lo spazio come pura intuizione, ha condotto ad assumere la geometria come principio generatore della realtà. Abbiamo poi scoperto che la geometria è solo un mezzo, una convenzione e la conferma di questo nuovo modo di considerare la geometria ci è arrivata dall'evidenza sperimentale della teoria della relatività che, al concetto di spazio assoluto organizzato secondo la geometria euclidea, sostituisce un concetto di spaziotempo. Il tempo diviene così parte inscindibile dello spazio ed entrambi sono relativi al sistema di riferimento adottato, da questo momento quello che conta sono i rapporti fra le cose che noi stabiliamo per far quadrare le nostre percezioni della realtà.

Già agli inizi del XIX secolo, si intuì che, oltre alla geometria euclidea che aveva segnato la storia degli ultimi duemila anni, ve ne potessero essere altre logicamente valide, quelle che oggi chiamiamo geometrie non-euclidee. Da quel momento in poi non abbiamo più la geometria euclidea come fonte unica delle nostre misurazioni, ma una pluralità di geometrie ugualmente valide e che possono essere utilizzate allo stesso modo della geometria euclidea (Cassirer 2015).

La scoperta della geometria non euclidea effettuata da Carl Gauss, Nikolaj Lobachevsky e Bernhard Riemann spodestò la geometria di Euclide dal suo ruolo di unico mezzo per misurare il mondo minando allo stesso tempo la teoria kantiana che voleva i concetti come la geometria euclidea innati nella nostra mente e non basati sull'esperienza.

Nel 1870 Helmholtz intuì la possibilità di descrivere lo spazio fisico usando geometrie non-euclidee come modelli sviluppati da osservazioni sperimentali.

Qualche anno più tardi Henri Poincaré trasse da queste idee delle conseguenze che avrebbero sconvolto il metodo scientifico; se esistono, oltre la geometria euclidea, altre geometrie possibili per descrivere lo

spazio fisico non possiamo fare affermazioni sulla verità della geometria, essa serve solo ad uno scopo pratico che ci consente la descrizione più semplice ed elegante della realtà.

In tale retroterra culturale Albert Einstein maturò la sua teoria della relatività ristretta che pubblicò nel 1905, una teoria che voleva dare risposte a nuovi interrogativi sulla natura dello spazio e del tempo. Per la formulazione della teoria Einstein si avvale della geometria euclidea, una geometria che qualche anno dopo si dimostrò insufficiente per descrivere gli effetti gravitazionali dei corpi nell'universo. Dopo anni di grande impegno mentale Einstein pervenne alla teoria della relatività generale nel 1915 sconvolgendo la cosmologia newtoniana con l'introduzione del concetto di spaziotempo dipendente dai corpi fisici e un nuovo modo di misura del tempo che varia a seconda della velocità di osservatori situati in punti diversi dell'universo. La teoria della relatività è una teoria fisica basata su un'interpretazione dello spazio e del tempo attraverso il concetto di moto; il moto appare sempre come moto relativo di una cosa rispetto ad un'altra, quindi mai osservabile rispetto allo spazio in assenza di oggetti. La relatività dimostra che lo spazio e il tempo non fanno parte di categorie a priori della conoscenza come sosteneva Kant. Essi costituiscono, invece, un sistema di relazioni che evidenziano delle caratteristiche generali degli oggetti e che permettono di descrivere il mondo fisico.

## *1.2 Fra scienza e arte*

L'atteggiamento scientifico e quello poetico coincidono: entrambi sono atteggiamenti insieme di ricerca e di progettazione, di scoperta e d'invenzione.

Italo Calvino

Nell'antichità scienza ed arte erano indistinguibili nel loro essere strumenti per una visione unitaria del mondo, oggi la distanza fra le due discipline è divenuta sempre più evidente fin da quando, nell'Ottocento, scienza e arte sono divenuti ambiti distinti di lettura e interpretazione della realtà. La reciproca diffidenza tra le «due culture», la mancanza di comunicazione tra scienziati e umanisti, è uno dei limiti dello sviluppo delle società occidentali che tendono a distinguere gli ambiti del sapere: se grandi progressi sono avvenuti attraverso questa distin-

zione sempre più il pensiero e la ricerca contemporanea intende superare distinzioni nette, delimitando campi di ibridazione fra i campi della scienza, dell'arte e della filosofia.

Norbert Wiener, il padre della cibernetica, osserva che la distinzione fra scienza e arte esiste, ma è frutto di processi sociali sostanzialmente anomali, derivanti dall'impoverimento dei sistemi educativi votati unicamente al profitto. La scienza ha segnato il progresso e l'andamento del mondo contemporaneo divenendo sempre più specialistica nel servire lo sviluppo tecnologico. Oggi le influenze reciproche fra arte e scienza sono indubbie, ma difficili da cogliere; non vi sono opere nella produzione artistica che traducano puntualmente la visione scientifica della realtà, né d'altro canto potrebbero mai farlo non essendo possibile la traduzione di un linguaggio in un altro. Quello che succede e che è auspicabile, è lo speciale punto di vista che la scienza può conferire all'arte e viceversa. Come per magia in ogni periodo storico le nuove idee in ogni campo del sapere sembrano convergere verso un unico punto di coerenza.

Il mondo delle idee al pari di quello delle esperienze ha effetti tangibili sulla nostra realtà. Fin dalla sua prima apparizione presso il pubblico non addetto ai lavori, la teoria della relatività ha avuto ripercussioni sullo sviluppo di altre idee non sempre legate al mondo scientifico, in quest'ultimo secolo essa non è stata esclusivo dominio degli scienziati, ma ha influenzato tutta la produzione umana includendo l'arte e la filosofia. Come un utensile essa è stata «usata» in contesti diversi e apparentemente antitetici.

È interessante notare come, al di fuori dell'ambito scientifico, la teoria di Einstein sia stata spesso mal interpretata, spesso è stata confusa con il relativismo e, semplificandola troppo si è considerata la quarta dimensione come suo carattere distintivo.

Lo stesso Einstein in un suo scritto del 1952 ci mette in guardia dall'opinione comune secondo la quale la teoria della relatività abbia introdotto la quadridimensionalità della realtà. A tal proposito Einstein afferma che anche nella meccanica classica ogni evento può essere localizzato servendosi di quattro numeri: tre coordinate spaziali e una temporale. In base alla meccanica classica, però, questo continuo quadridimensionale si scinde oggettivamente nel campo unidimensionale relativo al tempo e in sezioni spaziali tridimensionali che contengono soltanto eventi simultanei. Con la teoria della relatività il continuo quadridimensionale non può essere diviso in sezioni le quali contengono

eventi simultanei; il termine «adesso» perde per il mondo spazialmente esteso il suo significato oggettivo (Einstein 2011, p. 307).

Per quanto si possa rimanere colpiti dalla concezione di un mondo a quattro dimensioni, non vi è affermazione più comune del fatto che il mondo in cui viviamo sia formato da un continuo spazio temporale quadridimensionale. Quando decidiamo di incontrare qualcuno in un dato posto e in un dato momento non facciamo altro che pensare il nostro movimento in un contesto quadridimensionale perché al luogo dell'appuntamento che è possibile definire secondo una terna di coordinate spaziali dobbiamo aggiungere l'ora dell'appuntamento che fornisce la dimensione tempo che altro non è che la coordinata  $t$  nello spaziotempo. L'informazione completa sull'appuntamento nello spazio tempo è quindi specificata da quattro numeri, secondo un vettore tetradimensionale.

Tutto questo non ha nulla a che fare con la teoria della relatività. Anche la meccanica newtoniana può essere espressa in termini di spaziotempo con l'unica differenza che il tempo nella visione newtoniana è un assoluto e non dipende da un particolare sistema di riferimento (riferimento inerziale) rispetto al quale stiamo facendo la descrizione del nostro movimento. Da questo consegue che le equazioni della meccanica di Newton permettono di trasformare lo studio del moto da un sistema di riferimento all'altro soltanto tenendo conto delle tre coordinate spaziali poiché la quarta dimensione, il tempo, è ritenuta costante. Al contrario nelle «Trasformazioni di Lorentz»,<sup>1</sup> valide per la teoria della relatività ristretta, sia lo spazio che il tempo si trasformano, per cui da questo punto di vista, tutte e quattro le coordinate devono essere trattate allo stesso modo.

Per Einstein lo spazio e il tempo, da un punto di vista logico, sono libere creazioni dell'intelletto umano, strumenti del pensiero che debbono servire allo scopo di porre le esperienze in relazione l'una con l'altra e di poterle quindi abbracciare con lo sguardo. La simultaneità dei molteplici punti di vista così come teorizzata dall'arte del primo decennio del Novecento e, in particolare modo dal Cubismo, non ha reali coincidenze con la teoria della relatività, ma con qualcosa che ne è l'ingrediente fondamentale: la geometria, in particolare quel percorso intrapreso da Helmholtz e poi portato alle estreme conseguenze da Poincaré che è sostanzialmente la negazione della geometria stessa qua-

1 Si tratta della trasformazioni di coordinate tra due sistemi di riferimento dovute al fisico e matematico Hendrik Lorentz.

le elemento costitutivo della realtà intesa come sistema preesistente a cui ogni cosa è subordinata. L'uso della geometria non euclidea se da un lato ha portato al successo della relatività generale d'altro canto ha destituito la geometria stessa da sistema, alla base della realtà. La geometria da ora in poi deve adeguarsi all'esperienza, essa, da conoscenza a priori diventa semplice mezzo, utensile di conoscenza. Einstein nel suo discorso del 1921 tenuto presso l'Accademia Prussiana delle Scienze di Berlino su *geometria e esperienza* ci ricorda che «Nella misura in cui le leggi della matematica si riferiscono alla realtà, esse non sono certe e nella misura in cui sono certe non si riferiscono alla realtà».

Nello stesso discorso Einstein sostiene che alla vecchia geometria assiomatica interpretata come una conoscenza a priori si contrappone una nuova interpretazione che non presuppone una qualche conoscenza o intuizione degli oggetti geometrici contrassegnati con le parole retta, punto, eccetera, ma solo la validità, in ogni caso puramente formale, cioè liberata da ogni contenuto intuitivo ed empirico degli assiomi da assumersi. Questi assiomi sono libere creazioni dello spirito umano. Tutte le altre leggi geometriche sono conseguenze logiche degli assiomi.

La geometria ha gli attributi di ordine e prevedibilità che alla realtà mancano; una teoria fisica che è immagine della realtà nasce quando si afferma assiomaticamente che una geometria corrisponde all'osservazione. Henry Margenau osserva che la matematica pura è come una galleria di automi; se ne sceglia uno e lo si metta a contatto con il reale. Se si è scelto quello giusto si potrà vedere lo spettacolo della vita fatta dall'uomo, il sangue correrà per le vene già vuote dell'automa e un organismo funzionante sarà creato. Nessuno può dire prima quale automa permetterà il conseguimento di questo successo; lo scienziato di genio farà la scelta giusta (Einstein 2014, p. 155). La crisi della geometria assiomatica coincide con la crisi della geometria euclidea spodestata dal posto privilegiato di osservazione e costruzione della realtà.

È evidente che, in campo artistico, l'invalidazione della prospettiva come punto di vista privilegiato non sia dovuta ad un luogo comune che è quello della contemporaneità dei punti di vista dati dallo spostamento nello spazio che implica una simultaneità spaziotemporale, ma più semplicemente da una disubbidienza agli assiomi geometrici che non sono più struttura soggiacente, ma solo strumenti di conoscenza.

Per secoli la scienza riduzionista è stata forte dell'idea di poter conoscere una realtà separata dall'osservazione. Agli inizi del XX secolo

questa distinzione è apparsa un equivoco basato sulla credenza di una realtà composta di oggetti separati gli uni dagli altri. Ernest Cassirer osserva che è proprio con la nuova fisica che viene superato il concetto di oggetto indipendente come centro dell'indagine scientifica per riferirsi invece alle relazioni. È anche per questa ragione che scienza e arte convergono, anche se con modalità diverse, verso il campo comune delle interrelazioni.

Ovunque abbiamo a che fare con interrelazioni fra corpi diversi, con effetti dell'uno sull'altro, dipendenti dalle forze che i diversi corpi esercitano gli uni sugli altri (...) Ne risulta che in realtà, a dispetto del termine usato, le proprietà degli oggetti naturali non indicano affatto qualcosa che appartenga in sé per sé al singolo oggetto, ma sempre una relazione a un secondo oggetto (compresi i nostri organi di senso). Naturalmente la specie di effetto dipenderà sempre sia dalle proprietà caratteristiche del corpo agente, sia da quelle del corpo che riceve l'effetto (...) non ha senso quindi domandare se il minio sia realmente rosso come lo vediamo noi o se questo sia soltanto un'illusione sensibile. La sensazione del rosso è la normale reazione di occhi normali alla luce riflessa dal minio (...) in sé, una sensazione non più vera né più falsa dell'altra. (Cassirer 2015 p. 48).

### 1.3 *Metafora*

Attraverso l'uso della metafora si costruiscono immagini mentali che dischiudono altri mondi, che in modi inattesi ci permettono di intuire altre dimensioni dello spazio e del tempo. Secondo Max Black una metafora efficace ha il potere di mettere due domini separati in relazione cognitiva ed emotiva usando il linguaggio direttamente appropriato dell'uno come uno strumento atto a vedere l'altro. Non è scopo di questo libro approfondire il concetto di metafora, in queste pagine assumo come dimostrata l'importanza della metafora nell'accezione data da Max Black<sup>2</sup> quale lente per vedere, strumento di traduzione che collega i concetti astratti della scienza al sentimento e alle emozioni. Da quanto detto deriva che è importante cercare sempre nuove e più efficaci metafore atte a trasmettere le conoscenze scientifiche nel nostro vissuto e questo è un compito importante dell'arte contemporanea.

<sup>2</sup> Si veda Max Black, *Models and Metaphors: Studies in Language and Philosophy*, Cornell University Press, Ithaca NY 1962.



Nelle prossime pagine vedremo come il tumulto delle nuove idee scientifiche che ha caratterizzato la contemporaneità è stato tradotto in pittura, architettura e letteratura. Scienziati e filosofi intransigenti hanno stigmatizzato il ruolo della metafora credendola capace solo di distorcere il messaggio esatto della scienza e della filosofia. Se deragliamenti di significati e interpretazioni si sono avuti, questi sono stati causati molto spesso dalla malafede dei divulgatori, dei critici e degli stessi scienziati conservatori.

#### *1.4 Misura e percezione*

L'universo è dovunque io vada. Noi ci muoviamo inseparabilmente insieme.

Humberto Maturana

Misurare è prevedere; un universo determinato è un universo misurabile in ogni sua parte. La misura è l'affinamento della percezione, essa rappresenta uno strumento per la comprensione del mondo ed anche, come ci ha insegnato Poincaré, una convenzione di comodo, che nella sua arbitrarietà non può dirci nulla sulla vera natura dello spazio e del tempo. La misurazione è un atto simbolico, rappresenta il ponte che ci unisce concretamente al mondo.

Che differenza c'è tra percepire e misurare? Prendendo un oggetto in mano lo percepiamo più o meno pesante, più o meno freddo o caldo. Si tratta di una percezione soggettiva che può variare per una serie di fattori legati alla nostra costituzione, alle nostre rappresentazioni dell'oggetto e da tutta una serie di variabili soggettive. Possiamo eseguire delle misurazioni soggettive basate sulle percezioni, ma esse non hanno molta utilità in una società che si basa sulla condivisione e che fa dell'invariabilità dei sistemi di misura un sistema fondamentale per la comunicazione. Il linguaggio scientifico richiede che, al posto delle impressioni percettive, si ottenga un numero da una misura. Quotidianamente misuriamo lo spazio e il tempo con i mezzi della scienza, la nostra percezione dello spazio e del tempo è sempre confrontata con la «certezza» della misurazione scientifica. Ma la certezza scientifica non è altro che un linguaggio che connette pareri altrimenti discordanti.

Come osserva Humberto Maturana senza l'osservatore non c'è nulla, l'osservatore è il fondamento di tutta la conoscenza, di qualsiasi as-

sunzione che coinvolge il sé umano, il mondo e il cosmo. La scomparsa dell'osservatore significherebbe la fine e la scomparsa del mondo che conosciamo; non ci sarebbe nessuno lasciato a percepire, parlare, descrivere e spiegare, ogni qual volta si distingue qualcosa, l'entità che è distinta emerge insieme con qualche sfondo nel quale la distinzione assume un senso; essa produce il dominio in cui essa esiste.

Le impressioni che abbiamo dell'ambiente naturale e culturale che ci circonda sono influenzate dalle teorie che descrivono il mondo. Nell'occidente dominato dalla tecnologia, che è figlia della scienza, questo significa riconoscere alla scienza un potere sulle nostre credenze e sulle nostre sensazioni che non ha avuto precedenti nell'era pre-scientifica e in tutta la filosofia occidentale. Oggi la nostra concezione dello spazio e del tempo, così diversa dalla tradizione orientale, è conseguenza di una geometria che nel corso dei secoli ha funzionato come principio regolatore per la costruzione del nostro mondo. Paul Feyerabend sostiene che non può esistere un'osservazione nettamente separata dalla teoria. La ragione di questa non distinzione è legata anche alla natura dell'osservazione, che non si dà mai senza un supporto espositivo, un linguaggio di descrizione, una forma comunicativa: linguaggio e osservazione cooperano nella costruzione dell'esperienza quotidiana data dai sensi e di quella scientifica fornita dagli strumenti di misura e dalle teorie.

La percezione opera sulle differenze fra sfondo e oggetto percepito ed essa è sempre limitata da una soglia; le differenze troppo lievi non sono percettibili, oltre la scala umana la percezione sensoriale fallisce, così come per le cose che non si separano dal loro sfondo. La misura è previsione e si situa alla base di un mondo determinato, essa è collegamento fra noi e il mondo, cambiare il sistema di misura ha come conseguenza il cambiamento del mondo stesso. Ecco perché la meccanica quantistica ha messo in crisi scienza classica e filosofia; la sua visione del mondo è radicalmente diversa da tutto quello che eravamo abituati a vedere e gli stessi concetti di spazio, tempo e misura sono completamente diversi da quelli usati nel mondo classico.

Le teorie che descrivono il mondo nella nostra scala dimensionale sono rapportabili all'esperienza diretta e quotidiana dei nostri sensi, in tale ambito non abbiamo difficoltà ad instaurare un accordo fra conoscenza ed esperienza. Altre realtà, quando esse esulano dalla nostra dimensione, entrano in contraddizione con i nostri dati sensoriali; il concetto è separato dall'esperienza e per stabilire un'unità fra ciò che vediamo e i concetti astratti delle teorie sullo spazio e sul tempo abbiamo

bisogno dell'aiuto di un apparato simbolico di cui l'arte e la poesia diventano gli strumenti atti ad intessere i rapporti necessari fra il mondo dell'esperienza e quello del pensiero, secondo un'immagine che si accorda ai molteplici livelli di realtà. Attraverso l'arte e la scienza riusciamo a individuare i rapporti fra le cose, ne cogliamo il valore e il significato all'interno della sintassi del mondo, strutturiamo una conoscenza che non è data una volta per tutte, che non è mai assoluta così come, avrebbe scoperto Einstein, non sono assoluti né lo spazio né il tempo.

### 1.5 Isaac Newton

In principio Dio creò il cielo e la terra. La terra era informe e deserta e le tenebre ricoprivano l'abisso e lo spirito di Dio aleggiava sulle acque. Dio disse: «Sia la luce!». E la luce fu. Dio vide che la luce era cosa buona e separò la luce dalle tenebre e chiamò la luce giorno e le tenebre notte. E fu sera e fu mattina: primo giorno.

Genesi 1, 1-5

La leggenda vuole che Isaac Newton abbia iniziato la sua ricerca sulla natura dell'universo trovandosi nel 1663 ventunenne fra le mani un libro di astrologia acquistato alla fiera dell'usato di Stourbridge. In tale libro trovò un'illustrazione della volta celeste che non riuscì a capire e che lo spinse a studiare la trigonometria e poi tutta la geometria di Euclide e in seguito argomenti matematici complessi. Il suo più grande contributo all'interpretazione delle leggi della natura fu la formulazione della meccanica classica e la teoria gravitazionale.

Nel 1686, l'uomo definito da John Keynes, l'ultimo dei maghi, l'ultimo dei babilonesi e dei sumeri, scrive *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, la sintesi del suo pensiero e una chiara esposizione sulla natura dello spazio e del tempo. Eccone i quattro punti fondamentali:

I. Il tempo assoluto, vero, matematico, fluisce uniformemente senza rapporto con alcunché di esterno e viene chiamato anche durata; il tempo relativo, apparente, comune, è una misura sensibile ed esterna (precisa o ineguale) della durata per mezzo del movimento, comunemente usata invece del tempo vero; per esempio l'ora, il giorno, il mese, l'anno.

II. Lo spazio assoluto, senza rapporto con alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile. Lo spazio relativo è una dimensione mobile o misura degli spazi assoluti, che i nostri sensi determinano in base alla sua posizione rispetto ai corpi, ed è comunemente preso per uno spazio immobile; come è immutabile l'ordine delle parti del tempo così è immutabile l'ordine delle parti dello spazio. Tutte le cose sono situate nel tempo secondo l'ordine di successione e nello spazio secondo l'ordine di posizione.

III. Il luogo è la parte dello spazio occupata dal corpo, e in relazione allo spazio può essere assoluto o relativo.

IV. Il moto assoluto è la traslazione del corpo da un luogo assoluto in un luogo assoluto, il relativo da un luogo relativo in un luogo relativo.

I luoghi si definiscono dalle distanze e dalle posizioni delle cose rispetto a un qualche corpo, che viene assunto come immobile e con riferimento ai luoghi predetti si valutano tutti i moti, in quanto si considerano i corpi come trasferiti da quei medesimi luoghi in altri (cfr. Newton 1965 pp. 104-108, 110).

Posizione e successione per lo spazio e il tempo definiscono l'universo di Newton, mai prima di allora l'universo sembrò così trasparente alla comprensione umana, un velo di opacità era stato tolto dalla volta celeste. Isaac Newton scienziato e studioso di alchimia sfida l'enigma del cosmo, del moto dei corpi celesti, la forza misteriosa della gravitazione con gli strumenti della razionalità e al contempo si ispira per la sua costruzione anche alla tradizione magica e alchemica tramandata dagli antichi egizi. La sua folle genialità, da alcuni attribuita ai vapori di mercurio sprigionati dai suoi esperimenti alchemici, segna l'alba di una nuova era della conoscenza umana. Mai prima l'uomo si era spinto tanto lontano dalla propria esperienza quotidiana, mai tanta forza di pensiero per decifrare quella forza misteriosa che fa muovere tutte le cose. L'ordine emerso dal caos primordiale per mano di Dio ora è chiaro nelle sue leggi meccaniche. Inizia così la moderna e incessante ricerca sulla natura del tempo e dello spazio all'interno della nuova fisica, una ricerca che ha trovato il suo culmine con la teoria della relatività e che ancora continua senza sosta.

L'universo di Newton prevedeva l'uomo quale osservatore privilegiato. «Si tratta, in sostanza di una visione del mondo pre-copernicana, che conferisce uno status speciale nell'universo, al nostro *moto* anziché alla nostra ubicazione». (Barrow 2012 p. 45)

L'universo di Newton era caratterizzato infatti da uno spazio e da un tempo assoluti che configuravano l'universo come una sorta di palcoscenico dove tutto si muoveva sullo sfondo delle immutabili stelle lontane, che si supponevano fisse. Proprio questo punto rappresentò il vero limite della sua concezione: la teoria di Newton era valida soltanto per quegli osservatori che non ruotavano né acceleravano rispetto alle stelle più lontane, mentre quasi due secoli dopo la grande impresa della teoria di Einstein fu proprio quella di rendere le leggi della fisica uguali per tutti gli osservatori.

Le teorie di Newton del moto e della gravità sono quindi tuttora valide ed estremamente precise per descrivere il moto dei corpi a velocità molto inferiori di quelle della luce e con una gravità relativamente debole, ma nei primi anni del XX secolo Einstein scoprì una teoria che si addiceva perfettamente anche in presenza di velocità e gravità elevatissime. Paradossalmente, la teoria di Einstein si riduce a quella di Newton per la fisica che sperimentiamo quotidianamente a basse velocità (così come siamo legati al suolo da una gravità ben lontana da curvare il nostro spazio vitale). Tutto questo sembra suggerirci che esistono approssimazioni tollerabili a scala umana, come nel caso della teoria newtoniana, e approssimazioni di tutt'altro livello su scala cosmologica che necessitano di altre teorie, come appunto quella della relatività. Albert Einstein nel ricordarlo pone in luce la forza della teorizzazione scientifica di Newton.

Newton perdonami; tu hai trovato la sola via che, ai tuoi tempi, fosse possibile per un uomo di altissimo intelletto e potere creativo. I concetti che tu hai creato guidano ancora oggi il nostro pensiero nel campo della fisica, anche se noi ora sappiamo che dovranno essere sostituiti con altri assai più discosti dalla sfera dell'esperienza immediata, se si vorrà raggiungere una conoscenza più profonda dei rapporti delle cose. (Einstein 2014 p. 75).

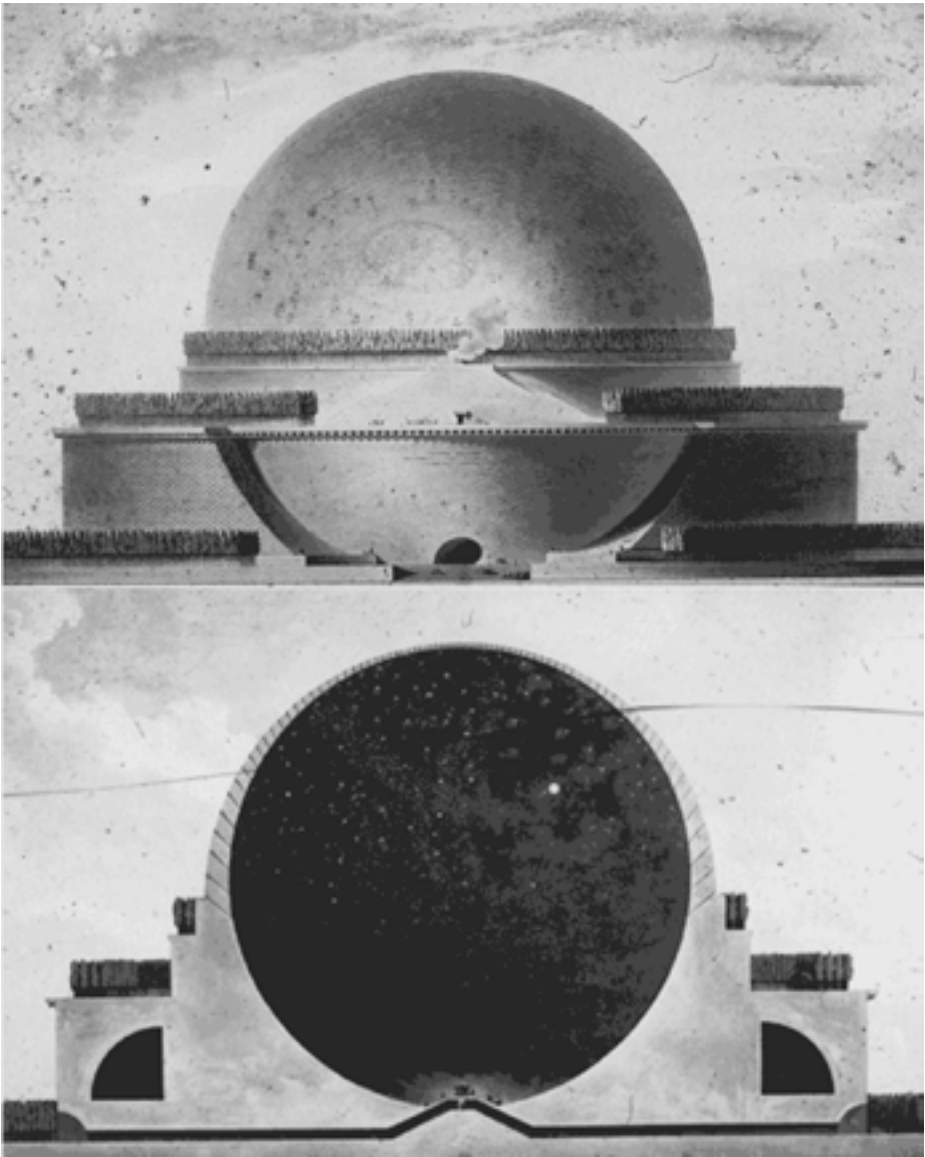
Le osservazioni di Newton ebbero una grande risonanza perché erano basate sull'osservazione di fatti quotidiani, egli per sua stessa ammissione non formulava ipotesi, ma si atteneva ai fatti dell'esperienza. Le sue leggi predicono eventi con grande precisione secondo meccanismi semplici da capire e da sperimentare. Di ogni cosa è possibile creare un'immagine mentale senza bisogno di ricorrere a metafore, il linguaggio dell'uomo è perfettamente adatto a descrivere il meccanismo che fa muovere ogni cosa. Nessuna legge dell'universo è inaccessibile all'uomo che riprende il ruolo di protagonista nell'universo.

## 1.6 Étienne Louis Boullée

Boullée è l'architetto dell'alba della nuova era dell'universo svelato. Con la medesima forza di pensiero di Newton immagina strutture grandiose che rivaleggiano con la maestosità del creato: «Newton, come con la vastità della tua sapienza e la sublimità del tuo genio hai determinato la forma della terra, così ho concepito l'idea di racchiuderti nella tua stessa scoperta» (Boullée 2005).

Etienne-Louis Boullée nacque a Parigi il 12 febbraio 1728, durante tutta la sua vita immagina architetture di proporzioni immense dove l'idea diventa determinante per la costruzione della forma, mondo immaginario, metafora della realtà. L'architetto visionario dell'architettura parlante nel 1784 si avvicina alle meccaniche celesti nel progetto del cenotafio per Newton: inventa un enorme spazio vuoto, un universo interiore delimitato da una superficie sferica dove si aprono fori che proiettano nello spazio vuoto la luce atmosferica proveniente dall'esterno trasformando il giorno in una notte stellata. La luce conforma uno spazio infinito e limitato. Assistiamo alla materializzazione architettonica dello spazio e del tempo dell'universo newtoniano. Per la prima volta in quest'opera l'universo meccanico di Newton è compreso in una costruzione creata dall'uomo. La sfera è per Boullée la più esatta delle geometrie, il simbolo dello spazio che ingloba il tempo assoluto. Ecco come lui stesso la descrive nel suo saggio sull'arte:

La forma interiore di questo monumento è, come lo si vede, quella di una vasta sfera nella quale si arriva al suo centro di gravità per un'apertura praticata nello zoccolo su cui è posto il sepolcro. Ha il vantaggio unico che risulta da questa forma: questo è che, di qualche lato che gli sguardi stanno, così come nella natura, si vede solamente una superficie continua che non offre né principio né fine, e che, più la si percorre, più si ingrandisce. Questa forma è tale, per la sua curvatura, che lo spettatore non può avvicinarsi a ciò che considera; è obbligato, come per cento maggiori forze, di tenersi al posto che gli è assegnato e che, occupando il centro, lo tiene in un allontanamento proprio a favorire l'illusione degli effetti. Ne gode senza potere nuocere volendo avvicinarsi troppo si per soddisfare una vana curiosità. Isolato da tutte le parti, i suoi sguardi non possono stare che sull'immensità del cielo. La tomba è il solo oggetto materiale. La luce di questo monumento che deve essere simile a quella di una notte pura, è prodotta dagli astri e le stelle che ornano la volta del cielo. La disposizione degli astri è conforme a quella della natura. Questi astri sono raffigurati e sono formati dalle piccole aperture traforate ad



Étienne Louis Boullée, Cenotafio per Newton 1774.

imbuto nell'esterno della volta, e che, venendo a finire nell'interno, prendono la figura che è loro proprio. Il giorno dell'esterno, penetrante attraverso queste aperture in questo scuro interiore, disegna tutti gli oggetti espressi più nella volta per la luce più viva e più scintillante. Questo modo di illuminare questo monumento che è di una verità perfetta, renderebbe l'effetto degli astri se non può più brillante. È facile concepire la precisione di effetto che risulterebbe dalla possibilità di aumentare o diminuire il giorno nell'interno del monumento secondo la quantità di stelle. È anche facile concepire quanto il tono scuro che regnerebbe in questo luogo proprio a favorire l'illusione. (Boullée 2005).

Boullée non vide mai realizzata la sua opera così come nessun'altra delle sue architetture visionarie. Restano i disegni di grande effetto di colui che volle essere l'inventore dell'architettura delle «ombre e delle tenebre», che diede corpo all'atmosfera nel tempo assoluto e immobile e che possiamo considerare il primo architetto dell'era moderna che si apre alle dimensioni infinite del tempo e dello spazio.

### 1.7 Kant, Einstein, lo spazio e il tempo

L'atteggiamento teorico che noi difendiamo si distingue da quello di Kant solo in quanto noi non concepiamo le categorie come fossero immutabili (condizionate dalla natura del pensiero), ma come se fossero (in senso logico) libere convenzioni. Esse si presentano come categorie a priori solo in quanto il pensare, senza fondarsi su categorie e concetti in generale, sarebbe impossibile come respirare nel vuoto.

Albert Einstein

Nel XVIII secolo, i *Principia* di Newton aprono la strada ad un rapporto nuovo con la filosofia. L'indagine filosofica entra così nel merito del metodo e delle scoperte scientifiche. La filosofia diventa anche studio della scienza e si propone come modello del pensiero razionale atto spiegare le leggi della natura. In tal senso Immanuel Kant è stato il primo grande filosofo della scienza. *La Critica della ragion pura* conferma l'idea dell'universo newtoniano e vi apporta considerazioni aggiuntive. Per Kant, come per Newton, lo spazio ha un'esistenza indipendente dalla materia ma, Kant aggiunge, esso non è un concetto empirico proveniente da esperienze esterne. Lo spazio va pertanto considerato



come la condizione della possibilità dei fenomeni, esso è un'intuizione e una rappresentazione a priori che è fondamento dei fenomeni esterni. Nella «Esposizione trascendentale del concetto di spazio» contenuta nella *Critica della ragion pura*, Kant esplicita la sua concezione di geometria che sottende lo spazio (una delle definizioni più controverse che si rivelerà il punto debole della sua intera impalcatura filosofica e sarà messa in discussione già qualche anno più tardi da Gauss per culminare con la creazione della nuova fisica di Einstein). La geometria di Kant è una scienza che determina la proprietà dello spazio sinteticamente, ma tuttavia a priori, cioè secondo l'intuizione pura che viene prima di qualsiasi percezione di un oggetto; tutte le proposizioni geometriche sono apodittiche, ossia legate alla coscienza della loro necessità; tale è ad esempio la proposizione che lo spazio ha solo tre dimensioni. Ecco cosa scrive Kant:

Le conseguenze derivanti dai concetti precedenti sono che lo spazio non costituisce in alcun modo una proprietà delle cose in sé e neppure delle cose nei loro rapporti reciproci, non è una determinazione delle cose che sia propria degli oggetti stessi e che rimanga anche se si astrae dall'intuizione. Lo spazio è la forma di tutti i fenomeni dei sensi esterni, la condizione soggettiva della sensibilità, dunque soltanto da un punto di vista umano possiamo parlare di spazio, ma se prescindiamo dalla condizione soggettiva, la rappresentazione dello spazio perde ogni significato. (Kant 2013 p. 99).

Dopo un secolo e mezzo, in uno scritto del 1936 Albert Einstein risponde così al concetto di geometria kantiano:

Ne consegue che anche lo spazio deriva dall'esperienza per il fatto stesso che vi sono oggetti corporei che convenzionalmente pensiamo rigidi e che, di conseguenza, non possono avere nessuna alterazione di stato, ma solo alterazioni di posizione. Un corpo rigido che si muove relativamente ad altri corpi rigidi è il fondamento della nostra concezione spaziale. (...) Secondo me, il fatto che ogni oggetto corporeo situato in una posizione completamente arbitraria possa venir posto in contatto con la estensione quasi rigida di un dato corpo prefissato C (corpo di riferimento), costituisce la base empirica della nostra concezione dello spazio. (...) La nozione di spazio che precedette tutta la geometria scientifica trasformò il nostro concetto mentale delle relazioni di posizione degli oggetti corporei nella nozione della posizione di questi oggetti corporei nello spazio (...) attraverso questo concetto di spazio, si giunge, inoltre ad un atteggiamento per cui ogni descrizione di posizione è implicitamente una

descrizione di contatto; l'affermazione secondo cui un punto di un oggetto corporeo è localizzato nel punto P dello spazio significa che l'oggetto tocca il punto P del corpo di riferimento C (supposto opportunamente esteso) nel punto considerato. (...) L'errore fatale che la necessità di pensiero antecedente ad ogni esperienza, fosse alla base della geometria euclidea e della concezione di spazio che le è propria, questo fatale errore sorse dal fatto che la base empirica su cui si fonda la costruzione assiomatica della geometria euclidea, era caduta in oblio. Fintantoché si parla dell'esistenza in natura di corpi rigidi, la geometria euclidea è una scienza fisica, la cui utilità deve venire dimostrata applicandola alle esperienze sensoriali. (Einstein 2014a pp. 44-46).

Dopo il concetto di spazio Kant esamina il concetto di tempo e ne conclude che, allo stesso modo dello spazio, anche il tempo ci è dato a priori; così come argomentato per lo spazio neanche il tempo è un concetto empirico derivante dall'esperienza, infatti, dice Kant, la simultaneità o la successione non potrebbero neppure mai costituirsi come percezioni se non ci fosse a priori, quale fondamento, la rappresentazione del tempo.

Il tempo non è un concetto universale ma una pura forma dell'intuizione sensibile. Tempi diversi non sono che parti dello stesso tempo, inoltre il tempo è la forma del senso interno, cioè quella rappresentazione a priori che sta a fondamento dei nostri stati interni e del loro disporsi secondo un ordine di successione. Tuttavia, poiché è unicamente attraverso il senso interno che giungono a noi i dati del senso esterno, il tempo si configura anche, indirettamente, come la forma del senso esterno, cioè come la maniera universale attraverso la quale percepiamo tutti gli oggetti. (Kant 2013 p. 106).

L'idea kantiana di tempo assoluto, di simultaneità e di concetto dato a priori è contraddetta prima timidamente dalla nuova geometria di Gauss e Riemann e poi definitivamente dalla teoria della relatività che dimostra un tempo non assoluto dove la simultaneità è relativa all'osservatore e il legame che deriva dallo spazio con il tempo è fuori dalla portata dell'esperienza data dai sensi. Ancora Einstein nel suo scritto del 1936 risponde alla tesi di Kant alla luce del successo della teoria della relatività:

L'illusione che regnava prima dell'enunciazione della teoria della relatività, cioè che dal punto di vista dell'esperienza il significato di simultaneità in relazione agli eventi distanti nello spazio, e di conse-

guenza il significato del tempo in fisica fossero chiari a priori, aveva le sue origini nel fatto che nella nostra esperienza quotidiana noi possiamo trascurare il tempo della propagazione della luce. Noi siamo abituati perciò a non riuscire a differenziare tra simultaneamente visto e simultaneamente accaduto; di conseguenza svanisce la differenza fra tempo e tempo locale. La mancanza di chiarezza, che dal punto di vista delle sue conseguenze empiriche, appare implicita nella nozione di tempo nella meccanica classica, fu mascherata dalla rappresentazione assiomatica dello spazio e del tempo come entità che ci sono date indipendentemente dai nostri sensi.(...) si può cadere nell'errore di credere che questi concetti, la cui origine viene dimenticata siano dei complementi necessari e intoccabili del nostro pensiero, e questo errore può costituire un serio danno per il progresso della scienza. (Einstein 2014 pp. 46-47).

### 1.8 Gli omologhi incongruenti

Negli anni giovanili Kant, partito da una concezione leibniziana dello spazio inteso come rapporto fra la «posizione» degli oggetti, approdò alla concezione newtoniana dello spazio e del tempo. Nelle sue riflessioni sulla natura dello spazio e del tempo si pose un interrogativo che oggi potrà sembrare scontato, ma che a quel tempo non era stato mai posto in termini scientifici: «perché la realtà ha tre dimensioni?» tale domanda fu conseguenza delle sue riflessioni sulla legge newtoniana dell'inverso del quadrato a cui ubbidiva la gravitazione e che era conseguenza del fatto che lo spazio avesse tre dimensioni. Nell'ipotesi di uno spazio a quattro dimensioni la gravità sarebbe variata come l'inverso del cubo della distanza. Generalizzando, in un mondo a  $n$  dimensioni la gravità sarebbe diminuita come l'inverso di  $(n-1)$ -iesima potenza della distanza. Questa ipotesi convinse Kant dell'esistenza di uno spazio tridimensionale come necessario alla meccanica newtoniana. Un'evidenza che diede al giovane Kant l'occasione per meditare su universi con dimensioni aggiuntive; nel suo scritto *Pensieri sulla vera valutazione delle forze vive* ipotizza la possibilità dell'esistenza di universi separati dal nostro aventi dimensioni superiori. Le osservazioni sulle proprietà dello spazio assoluto e dello spazio relativo portarono Kant a formulare un famoso problema collegato all'esistenza di dimensioni superiori: se tutto lo spazio fosse vuoto e contenente solo una mano umana, avrebbe senso dire che quella mano è in particolare una mano destra

o una mano sinistra? nei *Prolegomeni a ogni futura metafisica che si presenterà come scienza* del 1783 così si esprime:

Che cosa può esserci di più simile o di più uguale in tutte le parti alla mia mano o al mio orecchio, che la loro immagine allo specchio? Eppure io non posso porre una mano, quale viene vista nello specchio, al posto del suo originale; poiché se questa era una mano destra, è una sinistra quella nello specchio, e l'immagine dell'orecchio destro è un orecchio sinistro, che giammai può prendere il posto del primo. Ora qui non vi sono affatto differenze interne che un qualche intelletto possa pur pensare; e tuttavia, per quanto ci insegnano i sensi, le differenze sono intrinseche, non potendo la mano sinistra, nonostante tutta la reciproca uguaglianza e somiglianza con la destra, essere chiusa entro gli stessi limiti di questa (esse non possono essere congruenti): il guanto dell'una mano non può essere usato per l'altra. Quale la soluzione?. (Kant 1995 p. 86)

La soluzione è implicita nel modello di spazio tempo newtoniano dove ogni cosa ha una sua collocazione ben definita ed univoca. La soluzione che ne diede Kant è uno spazio che, come abbiamo visto nel paragrafo precedente, è assoluto, ma al tempo stesso non è da considerare come una realtà esistente fuori dal nostro pensiero, lo spazio newtoniano sufficiente a spiegare il problema diveniva esso stesso un problema senza un pensiero speculativo. Dopo pochi anni dalla morte di Kant la sua visione dell'universo così ancorata alla meccanica newtoniana fu messa in crisi dalle nuove geometrie che avevano la potenzialità di descrivere l'universo in modo più accurato anche a costo di contrastare con i dati dell'esperienza sensibile.

Ferdinand Möbius (1790-1863), trovò per primo una soluzione brillante del problema della mano di Kant. L'inventore del celebre nastro con una faccia sola ricavò, per analogia dal comportamento delle figure bidimensionali, che i punti rispettivi di figure tridimensionali simmetriche possono essere fatti coincidere dopo aver ribaltato una delle due figure nella quarta dimensione. In *The Plattner Story* (1896), Herbert Wells racconta come una figura bidimensionale ribaltata nella terza dimensione si trasforma nella figura simmetrica; Wells descrisse, quindi, quanto già aveva scoperto, tempo prima, il matematico Möbius. Una soluzione elegante che in quei tempi caratterizzati da interessi esoterici sulla quarta dimensione, si dimostrò molto attuale. Anni dopo Ludwig Wittgenstein riprese il problema nel suo tractatus e pervenne alle medesime conclusioni di Möbius e di Wells. «Mano destra e mano sinistra sono in realtà perfettamente congruenti. E che non si possa far-



Il nastro di Möbius e la mano di Kant.

le coincidere non ha nulla a che fare con ciò. Si potrebbe calzare il guanto destro alla mano sinistra, se lo si potesse rivoltare nello spazio a quattro dimensioni» (Wittgenstein 2009 p. 77). In altri termini il problema si risolve se si ha a disposizione una dimensione aggiuntiva dove far ruotare l'oggetto prima di portarlo nello spazio originario.

### 1.9 Spazi $n$ -dimensionali

Le forme create dal matematico, come quelle create dal pittore o dal poeta, devono essere belle; le idee, come i colori o le parole, devono legarsi armoniosamente. La bellezza è il requisito fondamentale: al mondo non c'è un posto perenne per la matematica brutta.

Godfrey Harold Hardy

Fino alla prima metà del XIX secolo, la geometria euclidea era considerata la base fondante di tutte le scienze fisiche, i suoi assiomi erano espressione di una verità sovrasensibile ed erano alla base di un ordine razionale che soggiaceva ad ogni aspetto della realtà. Oltre le questioni scientifiche, la geometria costituiva il fondamento caratterizzante di ogni insediamento umano in quanto generatrice di una matrice simbolica entro la quale operare. La geometria presuppone la misura di rapporti e in tal senso la misura è un simbolo che stabilisce rapporti fra parti diverse del tutto. Fin dal principio lo spazio creato dall'uomo ha avuto valenze simboliche: dalla caverna decorata alla cattedrale esso ha sempre rappresentato una *imago mundi*. Nell'antichità lo spazio organizzato dall'uomo contrapponeva l'ordine al caos. La corrispondenza si manifestava secondo coordinate spaziali e temporali: gli astri erano simboli e il loro movimento rendeva visibile l'eternità rappresentata dal punto immobile intorno al quale tutti i corpi celesti ruotavano; la volta celeste delimitava lo spazio e il movimento degli astri misurava il tempo.

La geometria di Euclide, forte dei suoi cinque postulati e del suo impatto sull'ordinamento della realtà, si è imposta incontrastata per ol-

tre duemila anni fino alla scoperta del suo punto debole che causò la prima crepa nell'edificio euclideo. Il tallone di Achille di tutta la geometria euclidea fu il suo quinto postulato, il meno lampante: «Se una retta venendo a cadere su due rette forma gli angoli interni e dalla stessa parte minori di due retti, le due rette prolungate illimitatamente verranno ad incontrarsi da quella parte in cui sono gli angoli minori di due retti». Dopo secoli trascorsi dai matematici a cercare di dimostrare il V postulato, all'inizio dell'Ottocento, si giunse alla teorizzazione di geometrie in cui tale postulato non era valido, ovvero le geometrie non euclidee alla cui scoperta giunsero più o meno contemporaneamente quattro matematici: Carl Gauss, Ferdinand Schweikart, János Bolyai e Nikolaj Lobačevskij. Quest'ultimo, con l'idea dell'illusorietà dello spazio in sé separato da un contesto, introduceva la possibilità dell'uso delle geometrie non euclidee per la descrizione delle forze della natura, Lobačevskij, inoltre, introdusse gli intellettuali russi ai misteri della geometria non euclidea e la sua influenza fu così vasta che anche Fëdor Dostoevskij, né *I fratelli Karamazov* del 1880, fa dire al protagonista Ivan Karamazov:

Ma ecco, quello che dobbiamo notare: se Dio esiste e se è stato davvero lui a creare la terra, allora l'ha creata, come sappiamo tutti, secondo la geometria di Euclide, e ha creato la mente umana con la concezione delle sole tre dimensioni spaziali. Eppure ci sono stati, e ci sono ancora, matematici e filosofi, e anche fra i più illustri, che mettono in dubbio che il mondo, o per dirla in termini più ampi, l'universo sia stato creato unicamente in conformità alla geometria euclidea; osano persino ipotizzare che due linee parallele, che secondo la geometria euclidea non possono incontrarsi mai, possano in realtà incontrarsi in qualche punto dell'infinito. Io, fratellino caro, sono giunto alla conclusione che, se non riesco a capire nemmeno questo, come posso aspettarmi di comprendere l'idea di Dio? Riconosco umilmente di non avere le capacità necessarie per risolvere tali questioni, ho una mente euclidea, terrena, come faccio dunque a risolvere problemi che non sono di questo mondo? [...] Tutte queste domande sono del tutto fuori luogo per una mente creata con la concezione di uno spazio puramente tridimensionale. (Dostoevskij 1957, p. 326).

È sorprendente come in questo passo Dostoevskij ponga l'accento sulla natura controintuitiva della nuova geometria, una caratteristica che sarà costante in tutta la geometria e la fisica degli anni a seguire. Il

turbamento di Ivan Karamazov è lo stesso di Carl Gauss che anni prima, nel 1817, espresse in una lettera che si rivelerà profetica:

Mi persuado sempre di più che la necessità della nostra geometria non possa essere dimostrata, non, per lo meno, dall'intelletto umano o per l'intelletto umano. Può darsi che in una diversa vita noi si giunga, sulla natura dello spazio, ad idee diverse, le quali ci sono per ora inattingibili. Ma fin da allora è necessario porre la geometria non accanto all'aritmetica, la quale è puramente a priori, ma all'incirca sullo stesso piano della meccanica.<sup>3</sup>

Nel 1829, in una poi divenuta celebre lettera a Friedrich Bessel, Gauss si espresse molto più chiaramente:

In qualche ora libera sono talvolta tornato a riflettere su un altro argomento che per me è già vecchio di quasi quarant'anni; intendo parlare dei primi fondamenti della geometria; non so se Le ho già parlato delle mie idee in proposito. Anche su tale argomento ho ulteriormente consolidato alcuni punti, e la mia convinzione che non sia possibile fondare la geometria in modo interamente a priori è divenuta, se possibile, ancora più salda. Intanto lascerò passare molto tempo prima di decidermi ad elaborare per la pubblicazione le mie assai ampie ricerche sull'argomento, e forse ciò non avverrà mai durante la mia vita, perché temerei le strida dei beoti qualora volessi esprimere compiutamente le mie idee.<sup>4</sup>

Carl Gauss intuisce che la geometria dello spazio euclideo tridimensionale può essere applicata ad un numero arbitrario di dimensioni. Se un punto nello spazio tridimensionale è descritto da tre coordinate, un punto in uno spazio  $n$ -dimensionale è descritto da  $n$  coordinate. Nella risoluzione di un problema geometrico aumentare il numero di dimensioni significa semplicemente aumentare il numero di incognite nelle equazioni. Purtroppo Gauss non pervenne mai ad una formulazione generale sulla struttura geometrica dello spazio fisico. L'impresa riuscì qualche anno dopo al più famoso allievo di Gauss, Bernhard Riemann. Con lo sviluppo della geometria dello spazio  $n$ -dimensionale conosciuta come varietà riemanniana, che costituirà la base per lo spazio-tempo di Hermann Minkowski e di Albert Einstein.

<sup>3</sup> da <http://www.matematicamente.it/cultura/storia-della-matematica/carl-friedrich-gauss-la-geometria-intrinseca/>.

<sup>4</sup> Ibidem.

## 1.10 La geometria di Riemann

È noto che la geometria presuppone come qualcosa di dato sia il concetto di spazio che i concetti basilari per le costruzioni nello spazio. Essa dà di questi solo definizioni nominali, mentre le determinazioni essenziali appaiono sotto la forma di assiomi. Il rapporto tra questi postulati rimane quindi nell'oscurità, non si vede se e in che modo la loro connessione sia necessaria, né, a priori, se sia possibile.

Bernhard Riemann

Georg Friedrich Bernhard Riemann nacque il 17 settembre 1826 a Breselenz, in Germania. Secondogenito della coppia Friedrich Riemann, pastore luterano, e Charlotte Ebell, non ebbe un'infanzia agiata, e la sua salute fu sempre cagionevole tanto che negli ultimi anni di vita insieme con la moglie Elise Koch, decise di trasferirsi in Italia, paese dal clima più mite, dove morì a soli quaranta anni nel luglio del 1866 a Selasca sulle rive del lago Maggiore. Suo padre fu artefice dell'educazione dei loro figli fino ai dieci anni.

Trascorse il periodo giovanile prima ad Hannover e poi a Lunenburg, dove sembra che il preside della locale scuola superiore, abbia incoraggiato l'interesse di Riemann prestandogli testi di matematica avanzata, tra cui il *Théorie des Nombres* di Adrien-Marie Legendre. In seguito continuò gli studi presso l'università di Gottinga e di Berlino. Suo padre voleva che studiasse teologia, ma il mondo matematico di Georg iniziava a delinearci e così si trasferì a Berlino nel 1846 per studiare con Carl Jacobi, Peter Dirichlet e Jakob Steiner. La sua tesi di dottorato dal titolo *Fondamenti per una teoria generale delle funzioni di variabili complesse* fu presentata nel 1851 e fu uno straordinario contributo alla teoria delle funzioni. Divenne presto un classico della matematica e le sue intuizioni furono incorporate nella teoria della relatività e della gravitazione di Einstein. Nel suo fondamentale scritto *Sulle ipotesi che sono di fondamento della Geometria* del 1854 che venne pubblicato postumo nel 1867, Riemann pose le basi per una geometria totalmente nuova, in cui si sostituisce il concetto di retta con quello metrico di curva geodetica, ossia il percorso di minor distanza tra due punti. Si possono così costruire geometrie a curvatura costante, oppure che varia in ogni punto, in qualunque numero di dimensioni, ognuna corrispondente ad una superficie, detta «Varietà riemanniana»  $n$ -dimensionale.



Con Riemann apparve chiaro che occorre distinguere la realtà matematica dalla realtà fisica, è il momento in cui la matematica si svincola dall'essere immagine della realtà direttamente percepibile. L'indagine su differenti modelli matematici ci fornisce la possibilità di intravedere nuove forme della nostra realtà distinguendo fra il concetto di spazio e il concetto di spazio geometrico; lo stesso spazio può avere geometrie differenti. La geometria è una struttura che si sovrappone ad uno spazio. Come una lente di ingrandimento la geometria ci permette di scoprire mondi invisibili, ogni geometria rende visibile un particolare aspetto della realtà.

Come tutte le idee rivoluzionarie la nuova geometria di Riemann è semplice e, anni dopo, Henri Poincaré che era un uomo di genio e che rese la geometria non euclidea tassello necessario alla formulazione di quella che poi sarà la teoria della relatività generale, la espone chiaramente invitandoci, in un suo celebre esperimento mentale, a immaginare un mondo popolato da esseri privi di spessore che abitano tutti sullo stesso piano senza poterne uscire; immaginiamo anche che tali esseri siano capaci di formulare una loro geometria e che, vivendo su una superficie bidimensionale, non potrebbero fare altro che concepire una geometria bidimensionale. Supponiamo poi che tali esseri senza spessore abbiano una figura sferica e siano abitanti imprigionati su una superficie sferica. Quale geometria potrebbero immaginare? Senza discostarsi dalla geometria bidimensionale immagineranno che la linea retta sarà data dal percorso più breve fra un punto e l'altro della sfera cioè un arco di cerchio massimo, la loro geometria sarà quindi sferica. Il loro spazio sarà costituito dalla sfera e lo considereranno senza limiti poiché su una sfera si può procedere all'infinito senza fermarsi mai, tuttavia tale spazio sarà finito; non se ne troverà mai la fine, ma si potrà farne il giro. La geometria di Riemann è proprio questa geometria sferica estesa a tre dimensioni anziché due. In tale geometria il primo assioma di Euclide «attraverso due punti non può passare che una sola retta» non è più valido; su una sfera, attraverso due punti dati non può che passare solo un cerchio massimo, ma vi è un'eccezione: se i due punti sono diametralmente opposti potranno passare per questi due punti infiniti cerchi massimi!

Riemann abbandona la tradizionale concezione euclidea dello spazio inteso in senso strettamente geometrico e lo integra con visione analitica introducendo il concetto di varietà  $n$ -dimensionale, che porta ad una generalizzazione del piano e dello spazio cartesiano. Egli definì

lo spazio come un insieme di punti e una varietà come un tipo particolare di spazio definito da regioni in cui i punti possono essere individuati attraverso un insieme di numeri. La retta numerica rappresenta la varietà più semplice e possiamo immaginare dei numeri ad essa associati corrispondenti ai punti della retta. La varietà di ordine superiore a quella monodimensionale della retta è quella del piano che corrisponde a coppie di numeri reali e individuano due rette numeriche che si intersecano nel punto in cui ciascuna di esse corrisponde allo zero, convenzionalmente possiamo rapportare tutti i punti del piano a queste due rette. Procedendo verso un ordine ancora superiore troviamo il 3-spazio che è l'insieme i cui punti sono triple di numeri reali. Vivendo in un universo 3-dimensionale in cui un punto è caratterizzato da tre coordinate  $(x, y, z)$  ed il quadrato di uno spostamento infinitesimo nella distanza  $ds$  è dato da una formula che coinvolge i tre infinitesimi  $dx, dy, dz$ :  $ds^2 = g_{11} dx^2 + g_{22} dy^2 + g_{33} dz^2 + 2g_{12} dx dy + 2g_{13} dx dz + 2g_{23} dy dz$ , dove le funzioni  $g_{11}, g_{22}, g_{33}, g_{12}, g_{13}, g_{23}$  dipendono dalle coordinate del punto. Usando questa formula, Riemann fu in grado di definire un tensore di curvatura per una superficie di dimensione arbitraria  $n$ . Einstein applicò il tensore di Riemann nella sua formulazione semplificata dal matematico italiano Gregorio Ricci Curbastro per definire il suo spazio 4-dimensionale, esso divenne fondamentale per la formulazione dell'equazione di campo nell'ambito della relatività generale. È interessante notare che le varietà  $n$ -dimensionali possono essere infinite, la geometria di Riemann può descrivere spazi di  $n$  dimensioni con buona pace della nostra impossibilità di poterli visualizzare.

Gli effetti della visione di Riemann non tardarono a rivelarsi negli sviluppi che le menti più brillanti dell'epoca apportarono alla geometria e alle ipotesi sulla struttura dell'universo fisico; il matematico William Kingdon Clifford (1845-1879) compì ricerche sull'algebra geometrica che segnarono profondamente i successivi sviluppi della fisica matematica e della geometria. Fra l'altro, ipotizzò che la gravità potesse essere la manifestazione di una geometria sottostante, delineando una concezione del mondo fisico che sarebbe stata ripresa nella relatività generale di Einstein.

Clifford immaginò la materia e il suo moto come una manifestazione della curvatura dello spazio. Nel 1876 pubblicò il saggio *On the space theory of matter* nel quale sostenne la coincidenza fra spazio e materia: lo spazio, a suo modo di vedere, non era soltanto un contenitore

dove avvengono gli eventi fisici, ma rappresentava l'elemento essenziale della realtà fisica:

Riemann ha dimostrato che come vi sono diversi tipi di linee e superfici, nello stesso modo vi sono diversi tipi di spazio a tre dimensioni e che noi possiamo scoprire solo attraverso l'esperienza a quale di questi tipi lo spazio apparteniamo. In particolare, gli assiomi della geometria piana sono veri nei limiti dell'esperienza sulla superficie di un foglio di carta, e tuttavia sappiamo che il foglio in realtà è formato da un certo numero di piccole creste e solchi, su cui (la curvatura totale non sarà zero) questi assiomi non sono veri.

Allo stesso modo, egli ci dice, che anche se gli assiomi della geometria solida sono veri nei limiti degli esperimenti per ambiti limitati del nostro spazio, non abbiamo alcuna ragione di concludere che sono veri per porzioni molto piccole di spazio; e se a questo si riduce l'utilità per la spiegazione di fenomeni fisici possiamo concludere che tali assiomi non sono veri per piccole porzioni di spazio.

Voglio qui indicare un modo in cui queste speculazioni possono essere applicate alla ricerca di fenomeni fisici. Ritengo, infatti:

I. che piccole porzioni di spazio siano di natura analoga a collinette su una superficie che è mediamente piatta; cioè, che le leggi ordinarie della geometria non sono valide in tali porzioni.

II. Che questa proprietà di essere curva o distorta viene continuamente trasmessa da una porzione di spazio all'altro analogamente ad un'onda.

III. Che questa variazione della curvatura dello spazio è ciò che realmente accade in quel fenomeno che noi chiamiamo il movimento della materia, sia questa ponderabile o eterea.

IV. Che nel mondo fisico non avvenga niente altro che questa variazione, soggetta (forse) alla legge di continuità.<sup>5</sup>

In un discorso che pronunciò alla Royal Institution nel 1868, quando aveva 23 anni, Clifford affrontò il tema del rapporto tra scienza e arte mettendo in evidenza la loro capacità di costruire dei mondi che possono essere percepiti come reali divenendo parte dell'esperienza:

Gli uomini di scienza hanno a che fare con concetti estremamente astratti e generali. Con il costante uso e la familiarità, questi, e le relazioni tra di essi, diventano reali ed esterni proprio come i comuni oggetti dell'esperienza, e la percezione di nuove relazioni tra di essi è così rapida, la corrispondenza della mente alle circostanze esterne così grande, che si sviluppa un senso scientifico reale, con il quale le

<sup>5</sup> Traduzione dell'A. da William Clifford, *On the Space Theory of Matter*, 1876 cit. in [https://en.wikisource.org/wiki/On\\_the\\_Space-Theory\\_of\\_Matter](https://en.wikisource.org/wiki/On_the_Space-Theory_of_Matter)

cose sono percepite così immediatamente e veramente così come io vi vedo ora. Anche i poeti e i pittori e i musicisti sono così abituati a proiettare fuori di sé l'idea di bellezza, che diventa una reale esistenza esterna, una cosa che essi vedono con occhi spirituali e in seguito vi descrivono, ma che assolutamente non creano, non più di quando ci sembra di creare le idee di tavolo, di forme e di luce, che mettiamo insieme tanto tempo fa. Non esiste scopritore scientifico, poeta, pittore o musicista che non vi dirà di aver trovato già fatta la sua scoperta, la sua poesia o la sua pittura, che essa giunse a lui dall'esterno, e che non la creò consciamente dal proprio interno.<sup>6</sup>

### *1.11 Hermann von Helmholtz*

Il fisico e fisiologo Hermann von Helmholtz (1821-1894) negli anni Sessanta del diciannovesimo secolo si occupò del problema dei fondamenti della geometria approfondendo la questione dell'origine e dell'essenza delle nostre intuizioni dello spazio e dei corrispettivi apparati simbolici. Si interrogò sulla validità oggettiva delle proposizioni geometriche:

Se immaginiamo esseri bidimensionali che si muovono in un mondo bidimensionale, essi non sarebbero in grado di rappresentarsi uno spazio con più di due dimensioni. Essi osserverebbero che un punto in movimento genera una linea, che una linea in movimento genera una superficie e che una superficie in movimento genera sempre una superficie.<sup>7</sup>

Nello spazio tridimensionale per von Helmholtz il movimento di una superficie genera un solido, ma il movimento di un solido genera pur sempre un altro solido. Quindi, il numero di dimensioni dello spazio ha un fondamento empirico basato sulla percezione perché è una conseguenza del tipo di spazio nel quale viviamo. Esseri bidimensionali viventi su una superficie a forma di uovo, osserverebbero l'impossibilità di spostare figure senza deformatle. Questi esempi mostrano che, secondo il tipo di spazio, esseri dotati di capacità intellettive affatto corrispondenti alle nostre formulerebbero assiomi geometrici diversi. Hel-

<sup>6</sup> William Clifford discorso alla Royal Society di Londra del 1868. Citato da <http://keespoppinga.blogspot.it/2012/02/i-matematici-poeti-dellepoca-vittoriana.html>

<sup>7</sup> H. von Helmholtz, «Sull'origine e il significato degli assiomi geometrici» (1870), in Einstein 2011.

mholtz sosteneva che alla base della geometria euclidea ci sia una conoscenza empirica acquisita attraverso numerose e precise osservazioni dei rapporti spaziali. Tali osservazioni e relazioni vengono effettuate attraverso misurazioni e mediante l'idealizzazione geometrica e simbolica dello spazio.

Noi misuriamo distanze di punti applicando a essi il compasso o il regolo o la fettuccia metrica. Noi misuriamo angoli situando il cerchio graduato o il teodolite al vertice dell'angolo. Inoltre determiniamo linee rette mediante il percorso di raggi di luce, rettilineo secondo la nostra esperienza. Tutte le nostre misure geometriche sono dunque basate sul presupposto che gli strumenti di misura da noi ritenuti rigidi siano effettivamente corpi di forma invariabile o perlomeno non subiscano altre variazioni di forma oltre quelle che conosciamo, come quelle dovute al cambiamento di temperatura o al diverso valore della gravità in luoghi diversi. Quando misuriamo non facciamo altro che eseguire con i mezzi migliori e più attendibili a noi noti ciò che altrimenti sogliamo fare con misura visuale, col tatto o misurando i passi. Negli ultimi casi lo strumento di misura è il nostro stesso corpo con i suoi organi, che portiamo in giro nello spazio. Talvolta è la mano, talvolta sono le gambe a fungere da compasso, o è l'occhio che ruotando in tutte le direzioni funge da teodolite per la misura di archi e angoli nel campo visivo. Ogni stima comparata di grandezze o misurazione di loro relazioni spaziali muove dunque da un presupposto relativo al comportamento fisico di certi oggetti naturali, si tratti del nostro stesso corpo o di altri strumenti.<sup>8</sup>

L'attività psichica che ci porta a concludere che una determinata forma si trova in una certa posizione intorno a noi è, quasi sempre, un'attività di cui non siamo coscienti. La rappresentazione della forma dei corpi e della loro localizzazione nello spazio si produce per mezzo del confronto delle immagini ricevute dal nostro apparato visivo. Se non esistessero un gran numero di oggetti simili, afferma Helmholtz la nostra facoltà di formare delle nozioni di specie non ci sarebbe di alcuna utilità; se non ci fossero corpi rigidi, le nostre facoltà geometriche resterebbero senza sviluppo e senza uso allo stesso modo in cui l'occhio non ci servirebbe a niente in un mondo senza luce.

L'occhio distingue oggetti nello spazio e la mente ne astrae elementi geometrici misurabili. La misura è alla base di tutta la nostra scienza e del nostro rapporto con la realtà. Attraverso la misurazione ci relazioniamo con il mondo; essa ci riferisce la quantità attraverso l'oc-

<sup>8</sup> Ibidem.

chio che, in quanto è capace di distinguere, assume il ruolo di organo di senso privilegiato. Il concetto di misura è importante perché strutturiamo la nostra conoscenza mediante convenzioni unanimemente accettate in modo che il nostro modo di vedere diventi coerente con il modo di vedere degli altri. L'uomo esperisce la realtà attraverso un atto di misurazione: solo uno spazio misurabile è percepibile e, in un mondo visivo, la geometria è alla base della nostra percezione della realtà. L'atto della misurazione è simbolico nel momento in cui esso stabilisce rapporti fra dimensioni, fra entità separate (Catalano 2010).

### 1.12 Jules Henri Poincaré

Jules Henri Poincaré (1854 – 1912) fu matematico, fisico teorico e filosofo, un genio fra i più grandi di sempre, Einstein fu un attento studioso della sua opera e i suoi scritti sulla geometria anticipano gli esiti della teoria della relatività e lo stesso Poincaré giunse ad una teoria della relatività analoga a quella sviluppata da Einstein, teoria che fu accantonata dopo le evidenze sperimentali della relatività generale che si rivelò un successo così eclatante a favore dello spazio non euclideo che neanche Poincaré riuscì a prevedere, infatti, in un suo scritto del 1902 dal titolo *L'esperienza e la geometria* a proposito della geometria di Riemann dice:

Quello che definiamo linea retta in astronomia è semplicemente la traiettoria di un raggio luminoso. Se dunque, per assurdo, si scoprissero delle parallassi negative, o si dimostrasse che le parallassi sono superiori ad un certo limite, ci si troverebbe a scegliere fra due conclusioni: potremmo rinunciare alla geometria euclidea, oppure modificare le leggi dell'ottica e ammettere che la luce non si propaga rigorosamente in linea retta. È inutile aggiungere che tutti guarderebbero a quest'ultima soluzione come la più vantaggiosa. La geometria euclidea non ha, dunque, nulla da temere dai nuovi esperimenti (Poincaré 2012 p. 80).

Gli studi di Poincaré giungono alla conclusione che lo spazio geometrico è una convenzione di comodo in quanto noi esseri immersi nell'esperienza di una realtà tridimensionale, consideriamo un oggetto posizionato in un punto dello spazio semplicemente in conseguenza del nostro prefigurarci il movimento necessario a raggiungere l'oggetto in questione. La geometria non dice nulla al riguardo delle cose reali né

tantomeno sullo spazio che non ha caratteristiche proprie; fare geometria significa studiare le proprietà degli strumenti di misura dove il nostro corpo è il primo strumento di misura composto da parti che possono muoversi le une rispetto alle altre come in un'organizzazione di solidi indeformabili. «I nostri strumenti - quelli che il bambino deve alla sua natura come quelli che lo scienziato deve al suo ingegno - hanno come elementi fondamentali il corpo solido e il raggio luminoso» (Einstein 2011, p. 284).

In un suo scritto filosofico che ebbe grande importanza nel mondo scientifico e che fu una lettura di fondamentale importanza per Albert Einstein, *La scienza e l'ipotesi* del 1902, Poincaré sottolinea che gli assiomi della geometria sono delle convenzioni; la nostra scelta fra tutte le convenzioni possibili è guidata da fatti sperimentali, ma rimane libera ed è limitata solo dalla necessità di evitare ogni contraddizione. In altri termini, gli assiomi della geometria sono definizioni camuffate. La domanda sulla verità della geometria euclidea per Poincaré non ha nessun senso come non lo ha chiedere se il sistema metrico sia vero e le antiche misure false; se le coordinate cartesiane siano vere e le coordinate polari false. Una geometria non può essere più vera di un'altra; essa può essere soltanto più comoda. E la principale ragione per cui la nostra geometria ci sembra comoda è che le diverse parti del nostro corpo, godono esattamente delle proprietà dei corpi solidi. A questo riguardo, le nostre esperienze fondamentali sono prima di tutto delle esperienze fisiologiche, che vertono non sullo spazio che è l'oggetto che deve studiare il geometra, ma sul corpo, cioè sullo strumento di cui deve servirsi per questo studio. Il nostro spazio percettivo è una costruzione che il nostro cervello compie attraverso il coordinamento degli atti motori potenziali ed effettivi compiuti dai nostri apparati sensoriali e percepiamo e concettualizziamo lo spazio attorno a noi muovendoci in tale spazio: noi con il nostro corpo siamo lo strumento di misura dello spazio percettivo perché solo muovendo le braccia o le gambe, ruotando gli occhi, noi possiamo localizzare gli oggetti esterni. «Quando si dice che noi localizziamo un certo oggetto in un dato punto dello spazio, che cosa significa questo esattamente? Significa semplicemente che noi ci rappresentiamo i movimenti necessari per raggiungere quell'oggetto». Questo è un passo fondamentale del pensiero di Poincaré che pone in mutua relazione lo spazio, la geometria e il movimento in modo da permetterci di misurare lo spazio grazie alla nostra possibilità di movimento e in quanto noi siamo assimilabili a dei corpi rigidi che si spostano nei

punti dello spazio senza deformarsi. Le immagini degli oggetti esterni si imprimono sulla retina come un'immagine a due dimensioni, ma dal momento che le immagini sono mobili come pure il nostro occhio, noi vediamo in successione diverse prospettive di uno stesso corpo, prese da vari punti di vista. L'idea di uno spazio tridimensionale nasce, secondo Poincaré, dalla sovrapposizione di prospettive bidimensionali connesse l'una all'altra attraverso una ricostruzione muscolare - percettiva:

Per esempio, al momento  $\alpha$  la presenza di un oggetto A mi è rivelata dal senso della vista; in un altro momento  $\beta$  la presenza di un altro oggetto B mi è rivelata da un altro senso, che può essere l'udito o il tatto. Io giudico che l'oggetto B occupa la stessa posizione dell'oggetto A. Come sono in grado di rendere questo giudizio? Le impressioni che ci sono giunte da questi oggetti hanno seguito strade completamente diverse e non hanno nulla in comune da un punto di vista qualitativo. Le rappresentazioni che possiamo formare di questi due oggetti sono assolutamente eterogenee e irriducibili le une alle altre. Solamente so che, per afferrare l'oggetto A io devo solamente stendere il mio braccio destro in un certo modo; e anche se mi astengo dal farlo, mi rappresento le sensazioni muscolari e altre analoghe sensazioni che accompagnano l'atto di stendere il braccio, e quella rappresentazione è associata con quella dell'oggetto A. E io so egualmente che posso raggiungere l'oggetto B stendendo il mio braccio destro nello stesso modo, un atto accompagnato dalla stessa catena di sensazioni muscolari. E io non intendo nient'altro che questo quando dico che questi due oggetti occupano la stessa posizione (Poincaré 1997 p. 45).

In un saggio pubblicato postumo l'anno dopo la sua morte (*Dernières pensées*, 1913) e ripubblicato da Einstein, Poincaré scriveva:

Scarterò in primo luogo l'idea di un preteso senso dello spazio che ci farebbe localizzare le nostre sensazioni in uno spazio bell'è fatto, la cui nozione sarebbe preesistente a qualsiasi esperienza, e che prima di qualsiasi esperienza avrebbe tutte le proprietà dello spazio della geometria. Cos'è in pratica questo preteso senso dello spazio? Quale esperimento eseguiamo quando vogliamo sapere se un animale lo possiede? Gli mettiamo vicino degli oggetti che desidera e osserviamo se è in grado di compiere senza incertezze i movimenti necessari per raggiungerli. E come ci accorgiamo che le altre persone sono dotate di questo prezioso senso dello spazio? Ce ne accorgiamo dal fatto che anch'esse sono in grado di contrarre opportunamente i muscoli per raggiungere oggetti la cui presenza è loro segnalata da alcune sensazioni. Cos'altro troviamo quando sperimentiamo il sen-



so dello spazio nella nostra coscienza individuale? Anche qui, di fronte a varie sensazioni, sappiamo che potremmo fare dei movimenti con cui raggiungere gli oggetti che consideriamo causa di queste sensazioni, e agire così su queste sensazioni, farle sparire o renderle più intense; la sola differenza è che, per rendercene conto, non abbiamo bisogno di compiere effettivamente questi movimenti, ma è sufficiente che ce li rappresentiamo. Il senso dello spazio si riduce quindi a un'associazione costante tra certe sensazioni e certi movimenti, o la rappresentazione di questi movimenti. Non intendo con ciò la rappresentazione di questi movimenti nello spazio, ma la rappresentazione delle sensazioni (propriocettive, cinestesiche, ecc.) che li accompagnano. Gli arti, con i quali compiamo questi movimenti, svolgono anch'essi in un certo senso il ruolo di strumenti di misura. Questi strumenti sono meno precisi di quelli dello scienziato, ma ci sono sufficienti nella vita di tutti i giorni, e per mezzo loro il bambino, come l'uomo primitivo, ha misurato lo spazio che gli è sufficiente per le esigenze della vita quotidiana. Il nostro corpo è il nostro primo strumento di misura. Stando così le cose, lo spazio ha delle proprietà geometriche indipendenti dagli strumenti che servono a misurarlo? Abbiamo detto che può subire qualsiasi deformazione senza che ce ne accorgiamo, se i nostri strumenti subiscono un'analoga deformazione. In realtà, dunque, lo spazio è amorfo, è una forma flaccida, inconsistente, applicabile a tutto; non ha caratteristiche proprie.<sup>9</sup>

L'esperienza dello spazio è sempre in relazione con il nostro corpo; percezioni del mondo esterno e di quello interno sono in funzione del movimento che, attraverso la dinamicità della percezione, consente al corpo umano di adeguarsi al mondo attraverso l'espressione del suo senso tattile. L'architettura del corpo è più che mai un'architettura di relazioni anziché di oggetti, di spazi relazionali dinamici anziché di immagini statiche. Il corpo come diaframma tra soggetto e oggetto si proietta all'esterno, diventa l'ambiente che percepisce pur restandone separato. Nessuna delle nostre sensazioni, isolata, può condurci all'idea dello spazio, ma vi siamo guidati soltanto studiando le leggi secondo le quali tali sensazioni si succedono. Il fatto che un oggetto cambi stato o soltanto di posizione, si traduce per noi sempre allo stesso modo: con una modificazione in un insieme di impressioni (cfr. Poincaré 2012, p. 67).

Gli scritti sullo spazio e la geometria saranno di grande importanza in ambito scientifico e artistico: solo qualche anno dopo. Nel 1907,

<sup>9</sup> H. Poincaré, «Spazio e tempo», in A. Einstein, *Relatività: esposizione divulgativa. E altri scritti classici su Spazio, Geometria, Fisica*, Boringhieri, 1974, pp. 281-3.

nasce *Les Demoiselles d'Avignon* la prima opera cubista che nell'intenzione concettuale è vicina alle idee di Poincaré. Einstein citò Poincaré nel testo di una conferenza del 1921 su *Geometrie und Erfahrung* (Geometria ed esperienza) a proposito delle geometrie non euclidee.

Qualche anno prima della sua morte Einstein riconobbe in Poincaré uno dei pionieri della relatività che lega il moto, lo spazio e il tempo. Intanto la teoria della relatività ristretta del 1905 teneva ancora conto della validità della geometria euclidea in quanto un presupposto della teoria era ancora lo spazio cartesiano che usa come corpo rappresentativo dello spazio tre regoli rigidi perpendicolari fra di loro sui quali vengono misurate le coordinate  $x, y, z$  dei punti dello spazio mediante il metodo delle proiezioni ortogonali (cfr. Einstein 2014a p. 234).

Dopo anni di incertezze e false partenze, la nuova geometria è pronta per riscrivere una visione del mondo radicalmente diversa; nel giro di pochi anni si apriranno nuovi scenari dove lo spazio e il tempo saranno protagonisti di inaspettate rivoluzioni. Volgere le spalle alla vecchia geometria euclidea significherà lasciarsi dietro un mondo percepito distante e indifferente ai nostri pensieri e ai nostri sentimenti più profondi, si farà strada, a poco a poco, la consapevolezza che l'uomo ha un posto importante in questo universo.

### 1.13 William Turner

Agli albori del XIX secolo l'arte di William Turner scardina l'ordine figurativo tradizionale basato sulle regole dell'armonia che fin allora erano il principio ordinatore di un mondo basato sul predominio della ragione in un universo che rispecchiava le regole deterministiche dell'uomo. È l'alba dell'arte moderna. La visione prospettica basata sulla luce e le ombre che scandiscono il ritmo delle forme viene abbandonata in favore di un continuo spaziale - materico. Il crollo dell'edificio spazio temporale kantiano e con esso della supremazia dello spazio euclideo coincide con un nuovo modo di intendere la realtà. Turner, segnò l'inizio di una visione artistica totalmente nuova.

La luce è la geometria di Turner: i dipinti del suo ultimo periodo sono evanescenti, costruiti per velature, strati di colori ad olio come se fossero acquerelli; il pittore è alla ricerca dell'attimo percepito e che si forma attraverso l'impressione luminosa ancor prima che essa venga analizzata dalla coscienza, in questo modo i quadri di Turner sono aperti al-



William Turner, *Snow Storm: Hannibal and his Army Crossing the Alps* 1812.

l'interpretazione della loro nuova geometria. Opere come «l'Alba» del 1845 sono ridotte all'estrema semplificazione dove anche la forma è ridotta alla sua primaria esistenza, dell'attimo prima che essa venga rielaborata dalla coscienza. Il carattere mutevole della luce ridefinisce la scena e rende instabile ogni prospettiva. L'universo sublime di Turner non è misurabile e pertanto non determinato, questo provoca lo sgomento dell'apertura verso l'ignoto. Le sicurezze della geometria intesa come misura del mondo e della visione che abbiamo visto in Boullée sono svanite sotto i colpi di un nuovo modo di vedere che si propaga nel sentire comune fino alle arti e alla scienza. Di Joseph Mallord William Turner sappiamo poco, il suo carattere riservato riuscì a far trapelare poco della sua personalità e dei suoi studi, anche la sua data di nascita e di morte sono incerti così come sono indeterminati i paesaggi dei suoi quadri.

L'arte di Turner ha nuovi mezzi espressivi; nuove teorie sulla luce e sul colore supportano una nuova sensibilità nel cogliere il contenuto della percezione. Il trattato di Newton *Opticks* del 1704, approfondisce l'argomento della scomposizione dello spettro luminoso e fu solo l'inizio di un campo di studi a cui seguirono i lavori di Michel Chevreul, di Goethe, di James Maxwell e di Hermann Helmholtz. Turner così legge la teoria dei colori di Goethe:

L'intera natura si rivela attraverso il colore al senso della vista. Ora affermiamo, seppure in certa misura ciò possa suonare singolare, che l'occhio non vede alcuna forma, in quanto soltanto chiaro, scuro e colore stabiliscono insieme ciò che distingue un oggetto dall'altro e la parte di un oggetto dalle altre. Sulla base di questi tre momenti costruiamo il mondo visibile rendendo così contemporaneamente possibile la pittura, capace di creare sulla tela un mondo visibile assai più compiuto di quanto possa essere quello reale (Goethe 1979 p. 14).

I suoi dipinti testimoniano la fissità di ogni singolo attimo di tempo pur dentro il vortice spesso terrificante della natura. Crea l'illusione del movimento e l'illusione dello scorrere del tempo. Un movimento che prefigura gli esiti sperimentali del moto browniano. Non vi è più divisione fra cielo e terra, nessuna linea d'orizzonte, ma solo un moto di particelle atmosferiche illuminate dalla luce.

## 2. NUOVI MONDI

### *2.1 La quarta dimensione*

La matematica può esplorare la quarta dimensione e il mondo di ciò che è possibile, ma lo zar può essere rovesciato solo nella terza dimensione.

Vladimir Lenin

L'idea che la realtà sia un'illusione e che noi la percepiamo indirettamente come un'ombra di un mondo eterno superiore fu proposta da Platone nella sua *Repubblica* (c. 370 aC). Secondo Platone, dietro la realtà sensibile c'è un mondo immutabile di Idee e forme perfette che sono le matrici di tutte le cose materiali. Questa filosofia idealistica divenne popolare nel diciassettesimo secolo fra i pensatori neo-platonici di Cambridge che gravitavano intorno al filosofo Henry More (1614-1687), che fu il primo a usare il termine «quarta dimensione» nel suo *Enchiridion Metaphysicum* del 1671, anche se in quel caso non indicava una dimensione dello spazio, ma definiva la collocazione delle idee di Platone in uno spazio indivisibile, eterno ed infinito.

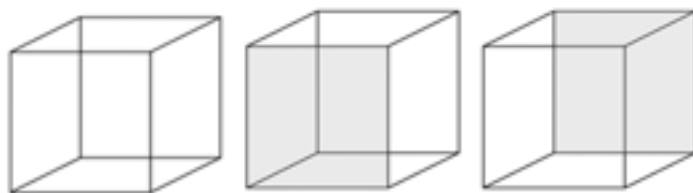
Il primo utilizzo in campo matematico del termine «quarta dimensione» è da attribuire al grande matematico francese Jean-Baptiste Le Rond d'Alembert, che designò il tempo come quarta dimensione spaziale nel suo articolo del 1754 sulle dimensioni dello spazio nell'*Encyclopédie* o *Dizionario ragionato delle scienze, delle arti e dei mestieri*, nata dall'idea di un libraio parigino, André Le Breton e curata da Denis Diderot e dallo stesso d'Alembert. L'idea di d'Alembert legava lo

spazio al tempo in modo che il prodotto del tempo per il volume avrebbe dato come risultato uno spazio quadridimensionale.

Gli sviluppi della geometria del XIX secolo avvalorarono l'ipotesi dell'esistenza di dimensioni sconosciute oltre quelle ordinarie e percepibili dai sensi; la prima messa in dubbio del quinto postulato di Euclide da parte di Nicolai Lobachevsky e di Janos Bolyai e la geometria  $n$ -dimensionale di Riemann gettarono le basi per un nuovo modo di misurare la realtà non più descrivibile interamente attraverso la geometria euclidea. Nel 1827 il matematico Möbius scoprì che è possibile trasformare un oggetto tridimensionale nella sua immagine speculare mediante una rotazione nello spazio a quattro dimensioni. Henri Poincaré sostenne che le tre dimensioni dello spazio sono una proprietà illusoria della nostra coscienza e che la dimensionalità dello spazio era niente altro che una proprietà soggettiva. La sua tesi che la nostra esperienza del mondo tridimensionale sia solo il prodotto di condizionamento mentale, e che la sua distruzione potrebbe condurre alla percezione di un mondo a quattro dimensioni, avrebbe affascinato filosofi e artisti e gli avrebbe dato i mezzi teorici per rovesciare nozioni borghesi della realtà. Infatti, le idee di Poincaré sulla quarta dimensione influenzarono i membri del movimento cubista nel loro tentativo di rappresentare figure viste da diverse prospettive contemporaneamente, come se viste da una quarta dimensione dello spazio.

Non è possibile rappresentare in modo esauriente un oggetto quadridimensionale nel mondo tridimensionale della nostra esperienza e ancora meno è possibile disegnarlo sul foglio bidimensionale. Un sistema per visualizzare un oggetto quadrimensionale in uno spazio tridimensionale è quello di proiettare un cubo con le facce trasparenti nello spazio tridimensionale osservandone poi la sua ombra generata dal movimento; sul piano a due dimensioni potremo visualizzare il cubo osservando la sua ombra che appare come un quadrato dentro un quadrato. Allo stesso modo un ipercubo a quattro dimensioni proiettato in tre dimensioni apparirà come un cubo dentro un altro cubo. Le facce opposte dei due cubi saranno connesse da quattro superfici.

Per visualizzare le quattro dimensioni, può essere impiegata anche la cosiddetta «analogia dimensionale» ossia una proiezione atta a rappresentare un oggetto  $n$ -dimensionale in  $n-1$  dimensioni. Ad esempio, lo schermo della televisione è bidimensionale, e tutte le immagini tridimensionali sono rappresentate in due dimensioni rimuovendo le informazioni sulla terza dimensione. In questo caso, la profondità viene



Il cubo di Necker e le sue due interpretazioni.

rimossa e sostituita con informazioni indirette. La retina permette al cervello di percepire la natura degli oggetti tridimensionali utilizzando informazioni indirette che permettono profondità tridimensionale di immagini bidimensionali.

Un altro modo efficace per la visualizzazione di un oggetto quadrimensionale si può sperimentare con l'ausilio del cosiddetto cubo di Necker che si ottiene disegnando un cubo in assonometria con tutti i lati in evidenza: così facendo si crea un'ambiguità fra i due possibili cubi che si alternano nella percezione.

Nello spazio 3D ogni figura piana può essere trasformata nella sua speculare mediante una rotazione. Analogamente mediante una rotazione nello spazio 4D è possibile trasformare una figura solida nella sua immagine speculare. Fissando per un certo tempo la rappresentazione del cubo di Necker la mente inizierà ad interpretare l'immagine oscillando continuamente fra le due rappresentazioni possibili che sono anche speculari fra loro. La nostra mente, interpretando una figura bidimensionale ambigua è in grado di effettuare la rotazione del cubo nello spazio 4D. È possibile ammirare un'applicazione del cubo di Necker nella litografia «Belvedere» di Escher e in alcune opere del pittore e scultore francese Jean-Pierre Vasarély .

Il cubo di Necker ci offre inoltre una buona interpretazione del problema della *mano di Kant* che abbiamo affrontato nel capitolo precedente.

La visualizzazione di oggetti quadrimensionali non fu proprio un passatempo innocuo per i ricercatori e superare la difficoltà di concepire simili oggetti fu lo scopo di molti che vollero confrontare con i limiti dell'immaginazione umana, una barriera mentale che si percepisce quasi come una barriera fisica. Spesso dopo infruttuosi tentativi si giunge ad un'intuizione, si afferra, in un momento di «illuminazione» il

concetto geometrico che si colloca oltre la nostra percezione. Ecco cosa scrisse in proposito il teosofa Johann Von Manen nel 1913:

Parecchi anni fa, mentre soggiornavo e viaggiavo nell'Inghilterra settentrionale, in diverse occasioni parlai e tenni conferenze sulla quarta dimensione. Una sera, dopo essermi coricato, me ne stavo nel letto completamente sveglio riflettendo su alcuni problemi connessi con quest'argomento. Tentavo di visualizzare o di concepire la forma di un cubo quadridimensionale, che ritenevo fosse la forma quadridimensionale più semplice. Con mio grande stupore vidi davanti a me prima un globo quadridimensionale e poi un cubo quadridimensionale e solo allora quella lezione pratica mi insegnò che il globo e non il cubo, è il corpo più semplice, come avrebbe già dovuto farmi capire l'analogia tridimensionale (...) Non cercherò di descrivere la forma del cubo quadridimensionale. Sarebbe possibile darne una descrizione matematica, distruggendo però l'impressione reale nella sua totalità. È più facile descrivere il globo quadridimensionale: era un ordinario globo tridimensionale dal quale uscivano su entrambi i lati, a partire dalla circonferenza verticale, corni ricurvi e rastremati i quali, con una curvatura circolare, univano le loro punte al di sopra del globo dal quale nascevano. La rappresentazione migliore del risultato si ottiene racchiudendo il numerale 8 in un circolo. Così si formano tre circoli: quello inferiore rappresenta il globo iniziale, quello superiore corrisponde al vuoto e il circolo più grande circonda il tutto. Se ora si suppone che il circolo superiore non esista e che il circolo piccolo coincida con il circolo grande esterno se ne sarà ricavata un'impressione, almeno in certa misura. (Rucker 1994 pp. 37-38).

## 2.2 Un poema nell'iperspazio

Nulla fu, dunque tutte le cose sono: all'origine di tutto un atto divino, un inizio assoluto che niente ammette prima di sé, una vera e propria creazione artistica originaria: e l'Universo si evolve, scandendo la propria storia allo stesso modo in cui si evolve il tempo all'interno di un poema.

Edgar A. Poe

Nel febbraio del 1848 Edgar Allan Poe tenne alla Society Library di New York una conferenza sulla *Cosmogonia dell'Universo*; nei mesi successivi, egli rielaborò il testo di quella conferenza, che pubblicò con il titolo *Eureka: a prose poem*. A un anno dalla morte della moglie Virginia, Edgar Allan Poe si immerse nella stesura del suo poema cosmo-



logico, un saggio scientifico dove illustra la sua personale visione dell'universo fondato sulle leggi di Keplero relative al movimento dei pianeti, la gravitazione di Newton, e l'ipotesi nebulare di Laplace. Il 29 febbraio 1848, Poe scriveva a George W. Eveleth: «Ciò che ho esposto rivoluzionerà (con il passare del tempo) il mondo delle scienze fisiche e metafisiche. Lo affermo serenamente, ma lo affermo». Eureka è per Poe un passo fondamentale per la personale sistemazione della sua visione dell'universo, l'essenza spirituale dell'universo di Poe è complementare alla sua natura fisica ed è intrinseca in ogni manifestazione. Egli scrive:

L'attrazione e la repulsione sono le uniche proprietà attraverso le quali percepiamo l'Universo – in altre parole, con le quali la Materia è manifestata alla Mente – al punto che siamo autorizzati a pensare che la materia esista solamente come attrazione e repulsione, che esse sono la materia, non esistendo alcun caso concepibile in cui non potremmo utilizzare la parola materia e le parole attrazione e repulsione, considerate assieme, come equivalenti, e perciò scambiabili, nella Logica. (Poe 1993).

Lo scrittore pur attenendosi ad un universo newtoniano, va oltre, unificando spazio e tempo e specificando il suo concetto di gravità in un universo profondamente dinamico e ciclico dove compare una fase di espansione seguita da una fase di collasso:

Lo Spazio e la Durata sono una cosa sola. Perché l'Universo stellare potesse durare per un tempo del tutto proporzionato alla grandezza della materia che lo compone e all'alta maestà dei suoi fini spirituali, sarebbe stato necessario che la diffusione atomica originaria avesse avuto luogo entro un'estensione così inconcepibile da essere tale senza essere infinita. Sarebbe stato necessario, in sintesi, che le stelle si fossero riunite dalla nebulosità invisibile in un punto visibile, e poi fossero passate dalla visibilità al consolidamento, e fossero invecchiate dando vita e morte a variazioni di sviluppo vitale indicibilmente numerose e complesse; sarebbe stato necessario che le stelle avessero fatto tutto ciò, che avessero avuto tempo di compiere interamente tutti questi progetti divini, nel periodo in cui tutte le cose andavano compiendo la loro fase di ritorno all'Unità con una velocità accumulantesi in proporzione inversa al quadrato della distanza in cui si trova l'inevitabile Fine. (Poe 1993).

Paul Valéry disse di Poe che ebbe il genio della matematica senza che per questo lo si doveva imparentare a Poincaré o Einstein; il pensiero matematico di Poe occulto, inquietante, insieme al suo geniale stile letterario fu l'antesignano di una moltitudine di saggi e racconti incentrati su teorie fisiche che saranno molto di moda da lì a qualche anno.

Verso la fine del XIX secolo ebbe grande successo il genere letterario all'epoca noto come fantastico scientifico, un genere che anni dopo avrebbe trovato la sua codificazione nell'ormai comune denominazione di «fantascienza». In quegli anni di grande fermento culturale la scienza mostrò la strada, con i mezzi della nuova geometria, per l'esplorazione di altre dimensioni; nei circoli culturali l'immaginazione di letterati, scienziati ed eccentrici iniziò a vagare in mondi dove succedevano cose assai strane, dove gli esseri viventi apparivano molto diversi da noi, l'agile penna dei narratori introdusse in modo semplice e chiaro concetti matematici altrimenti difficili da visualizzare. Da allora la scienza attraverso la sua trasposizione fantastica è entrata a far parte del nostro immaginario. Bernhard Riemann il 10 giugno 1854, all'Università di Gottingen introdusse per la prima volta una teoria sullo spazio con più di tre dimensioni aprendo, di fatto, le porte a mondi prima inimmaginabili.

### 2.3 *Fantasmì a quattro dimensioni?*

L'interesse per la quarta dimensione emerse in Inghilterra durante il 1870. Johann Carl Friedrich Zöllner (1834-1882), professore di astronomia all'Università di Lipsia, in visita in Inghilterra nel 1875 incontrò Sir William Crookes, il famoso chimico e inventore del tubo catodico, che stava conducendo esperimenti sulla quarta dimensione con lo spiritista americano Henry Slade. Due anni più tardi, lo stesso Zöllner effettuò esperimenti con Slade in cui quest'ultimo *riusciva* a sciogliere dei nodi legati a una corda senza mai toccarla, ma semplicemente entrando e uscendo dalla quarta dimensione.

L'interesse di Zöllner per lo spiritismo e la quarta dimensione era grande; la soluzione del mistero sembrava vicina e avrebbe avuto il potere di schiudere le porte dell'altro mondo; Zöllner, inoltre, insegnava nella stessa università dove nel 1827 Möbius aveva scoperto la possibilità di trasformare un oggetto tridimensionale nella sua immagine speculare mediante una rotazione nello spazio quadridimensionale.

Zöllner presenziò ad una serie di sedute spiritiche senza successo, in cui sperava che i gusci di lumaca con una conformazione a spirale in senso orario o antiorario si sarebbero trasformati nella loro immagine speculare per opera degli spiriti abitanti la quarta dimensione.

Anche se i risultati dei suoi esperimenti non ebbero il successo previsto, quello che accadde bastò a convincere Zöllner che gli spiriti responsabili di queste imprese dovessero avere corpi quadridimensionali. Com'era prevedibile, i trucchi di Slade non riuscirono a convincere la maggior parte degli scienziati che studiarono le prodigiose imprese dello spiritista. Tuttavia, le opinioni di Zöllner ebbero un successo immediato presso un pubblico affascinato e sbalordito dalle imprese sensazionali di Slade e suscitarono un grande interesse per la dimensione aggiuntiva dello spazio.

La quarta dimensione e la possibilità dei viaggi nel tempo furono i pilastri portanti delle elucubrazioni fantastiche che ebbero il merito di avvicinare le persone comuni alla scienza e di far scorgere strade ancora non percorse. Il fiorire dell'occultismo e dello spiritismo nell'epoca vittoriana trovò terreno fertile per la nascita di ipotetiche dimostrazioni scientifiche dell'esistenza dei fantasmi; la quarta dimensione divenne il regno degli spiriti, l'altro mondo non era più collocato in spazi infinitamente lontani, e gli abitanti della quarta dimensione potevano agilmente rivelarsi nel nostro mondo tridimensionale.

Gli anni dell'abbandono della scienza classica a favore della nuova visione permessa dall'età dell'oro delle nuove geometrie aprirono nuove possibilità. Emersero altri punti di vista verso un mondo non più confinato nelle dimensioni dello spazio e del tempo comuni all'esperienza; la percezione dello spazio e del tempo ampliò i suoi limiti con l'immaginazione di mondi nuovi e, contemporaneamente, la necessità di liberarsi dai vecchi schemi di pensiero spinse le menti più vivaci dell'epoca a scrivere di voli fantastici all'interno di dimensioni supplementari. È il caso del celebre *Flatlandia*, delle macchine del tempo di Wells e di Alfred Jarry per finire alle suggestive pagine sulla quarta dimensione di Charles Hinton. La rappresentazione della quarta dimensione divenne oggetto di ricerche e discussioni in ogni campo, dalla geometria al misticismo la corsa verso l'IPERSPAZIO<sup>10</sup> era ormai inarrestabile.

Nel 1874 due fisici, Peter Guthrie Tait e Balfour Stewart, il primo professore ad Edimburgo e il secondo professore a Manchester, pubblicarono *The Unseen Universe*; un libro che si proponeva di conciliare scienza e religione in un momento di grande interesse verso le speculazioni sulla quarta dimensione e sui mondi sovrasensibili. Il libro sviluppava in modo poco ortodosso le teorie di Helmholtz sul comportamen-

<sup>10</sup> Il carattere maiuscoletto usato alla prima ricorrenza di un termine rimanda al «Glossario» alla pagina 165 del volume.

to dei fluidi e le teorie di William Thomson sui vortici tridimensionali. Nella prefazione dell'opera si legge:

L'oggetto della presente opera è tentare di mostrare come la presunta incompatibilità di Scienza e Religione non esiste. Ciò, infatti, dovrebbe essere evidente a tutti coloro che pensano che il Creatore dell'Universo sia egli stesso l'Autore della Rivelazione. Ma è stranamente impressionante notare come spesso pochissimo è sufficiente ad allarmare anche la fede più salda.<sup>11</sup>

I due fisici ipotizzano che la struttura della materia sia paragonabile ad anelli a vortice immersi in fluido imperfetto, cioè l'etere. A sua volta, l'etere è fatto da particelle molto più piccole, che sono anelli a vortice di un secondo etere. Queste particelle più piccole, insieme all'etere nel quale fluttuano, costituiscono l'universo invisibile. Le forme ad anello quadridimensionali riguarderebbero ogni cosa, dalla legge gravitazionale alla formazione dei pensieri:

La legge di gravitazione ci assicura che ogni movimento che avviene nel cuore più profondo della terra si avverte in tutto l'universo, e possiamo immaginare che la stessa cosa possa valere anche per quei movimenti molecolari che accompagnano il pensiero. Perché ogni pensiero che pensiamo è accompagnato da un movimento delle particelle del cervello, e, in qualche modo – con tutta probabilità per il tramite del mezzo – possiamo immaginare che questi movimenti si propaghino in tutto l'universo. Se noi ora ci rivolgiamo al pensiero, troviamo che, nella misura in cui esso influisce sulla sostanza del presente universo visibile, esso produce l'organo materiale della memoria. Ma i movimenti che accompagnano il pensiero devono originarsi nell'invisibile ordine delle cose e anche influenzarlo, perché in primo luogo le forze che causano questi movimenti sono derivate dall'invisibile, e perché, secondariamente, i moti stessi devono agire sull'invisibile, e di conseguenza ne deriva che il pensiero concepito per influenzare la materia di un altro universo, allo stesso tempo con ciò può spiegare uno stato futuro.<sup>12</sup>

Tait e Stewart consideravano l'etere non solo come un ponte che collegava una porzione di universo visibile con un altro, ma anche come un collegamento tra ordini diversi di realtà, che formavano, per così dire, una specie di cemento, in virtù di cui i vari ordini dell'universo erano

<sup>11</sup> Traduzione dell'A. da <https://archive.org/details/TheUnseenUniverse>.

<sup>12</sup> Ibidem.

saldati insieme divenendo un'unità; credevano che Dio creasse le nostre anime immortali intrecciando i vortici ad anello dell'etere, un'idea talmente fantasiosa che impressionò anche il famoso fisico James Clerk Maxwell che gli dedicò una poesia:

L'anima mia è un nodo intricato,  
in un vortice liquido allacciato  
dall'intelletto che nell'Invisibile dimora.  
E la tua come un forzato lavora  
a disfarlo con ferro mordace,  
ma quel nodo è troppo tenace:  
per scioglierlo tutti gli arnesi  
nello spazio 4D sono compresi.<sup>13</sup>

*The Unseen Universe* è uno scritto importante; è uno dei primi saggi di divulgazione che basa le sue tesi su una miscela di teorie fisiche e intuizioni metafisiche nelle quali la natura della realtà si suppone intimamente connessa al nostro essere individui dotati di consapevolezza che percepiscono il mondo fisico e ne intuiscono l'aspetto nascosto e trascendente. Ponendo l'uomo al centro della speculazione scientifica, Maxwell inverte la tendenza a considerare l'uomo allo stesso modo delle altre forme di vita dell'universo. La validità scientifica del testo fu presto confutata e messa in ridicolo dai critici più intransigenti, ma resta il tentativo di guardare oltre il mero dato scientifico per derivarne conseguenze che avrebbero interessato ambiti diversi; dalla filosofia alla religione.

*The Unseen Universe* e le teorie vorticiste anni dopo avrebbero influenzato la corrente artistica britannica che nel 1914 prese il nome di Vorticism, così come fu denominata da Ezra Pound e Wyndham Lewis sulla rivista *Blast*, che divenne portavoce del movimento. Il vorticism ebbe breve durata, scomparve con l'inizio del primo conflitto mondiale e fu stilisticamente ispirato dal primo Futurismo italiano dal quale però si distaccò totalmente in seguito. Il movimento si proponeva di tradurre le idee di Tait sul vortice inteso come fulcro della realtà. Ezra Pound, non era interessato al trascendente e, al contrario di Tait e Stewart indicò l'energia creativa dell'uomo quale principio primo per la costruzione della realtà.

Nel manifesto vorticista si legge:

<sup>13</sup> in Rucker 1994 p. 115.



Copertina della rivista *Blast* del 1915.



Frontespizio di *Flatlandia* 1884.

Il vortice è il punto di massima energia, rappresenta, in meccanica, l'efficienza più alta. Usiamo le parole «efficienza più alta» nel senso preciso come sarebbero usate in un libro di testo di meccanica. Puoi pensare all'uomo come a ciò che la percezione muove. Puoi pensare a lui come al giocattolo delle circostanze, come la sostanza plastica che riceve impressioni. Oppure puoi pensare a lui nel dirigere una certa forza fluida contro le circostanze, nel concepire invece che meramente osservare e riflettere.<sup>14</sup>

#### 2.4 Un mondo piatto

Nell'Inghilterra vittoriana il bisogno di un rinnovamento sociale e politico trova il suo metaforico corrispettivo in un genere letterario utopico che coniuga scoperte scientifiche, favola e satira sociale. È il caso del citato romanzo *Flatlandia*, storia ambientata in un mondo piatto, un piano infinito su cui giacciono figure geometriche delimitate da contorni luminosi. Il suo autore Edwin Abbott, nacque a Marylebone il 20 dicembre 1838, fu scrittore e teologo. Abbott aveva compiuto i suoi studi letterari, scientifici e teologici presso la City of London School, la St. John's College di Cambridge, la King Edward's School di Birmingham e infine al Clifton College. Nel 1862 prese i voti e divenne pastore protestante. Tra il 1865 e l'89 fu rettore della City of London School, dove introdusse varie innovazioni che resero la scuola una delle migliori del suo tempo. Ripristinò la pronuncia classica del latino e rese obbligatorio l'insegnamento della Chimica. Nel 1889 si ritirò dall'attività didattica per dedicarsi allo studio e alla scrittura. La sua produzione letteraria fu molto intensa, oltre quaranta libri dai testi teologici ai manuali scolastici e alle biografie. Conosciuto tra i suoi contemporanei soprattutto come autore di opere teologiche, il suo *Flatlandia* ebbe un successo insperato. Si trattava di un libro che schiudeva l'immaginazione verso mondi paralleli dove il salto dimensionale coincideva con un sostanziale cambiamento delle coordinate esistenziali. La speranza di un mondo nuovo, il punto di fuga della mente verso altre dimensioni divenne possibile, grazie ad un semplice gesto creativo dell'immaginazione.

<sup>14</sup> Traduzione dell'A da <https://literarymovementsmanifesto.wordpress.com/text-2/vorticism-ezra-pound-from-blast-1914/>.

Chiamo il nostro mondo Flatlandia, non perché sia così che lo chiamiamo noi, ma per renderne più chiara la natura a voi, o Lettori beati, che avete la fortuna di abitare nello spazio. Immaginate un vasto foglio di carta su cui delle Linee Rette, dei Triangoli, dei Quadrati, dei Pentagoni, degli Esagoni e altre figure geometriche, invece di restar ferme al loro posto, si muovano qua e là liberamente sulla superficie o dentro di essa, ma senza potersene sollevare e senza potervi immergere, come delle ombre insomma, consistenti, però, e dai contorni luminosi. Così facendo avrete un'idea abbastanza corretta del mio paese e dei miei compatrioti. Ahimè, ancora qualche anno fa avrei detto: «del mio universo», ma ora la mia mente si è aperta a una più alta visione delle cose. (Abbot 1998 p. 31).

Gli abitanti di Flatlandia sono figure geometriche piatte che si muovono esclusivamente sul piano bidimensionale senza avere la possibilità di staccarsene per poter apprezzare la profondità data dalla terza dimensione. Attraverso un romanzo apparentemente semplice Abbott spiega la differenza percettiva che intercorre fra un mondo bidimensionale e uno tridimensionale, mettendo in luce un impoverimento percettivo inimmaginabile se non ci si cala nei panni del quadrato protagonista del racconto.

Ad un certo punto del racconto il quadrato entra in contatto con un essere proveniente da un'altra dimensione, la terza, di cui egli ignorava l'esistenza e di cui i dotti del suo mondo negavano persino la possibilità. L'irruzione dell'essere tridimensionale nel mondo di Flatlandia è un suggestivo esempio di cosa potrebbe accadere se un essere vivente in un'altra dimensione decidesse di irrompere nel nostro mondo tridimensionale. Nel racconto, l'essere tridimensionale tenta di convincere della sua esistenza il riottoso quadrato spostandosi verticalmente, quindi in una dimensione spaziale a lui sconosciuta. Il quadrato così racconta la sconvolgente esperienza:

Il rozzo disegno qui esposto mostrerà chiaramente ad ogni bambino della Spacelandia che la Sfera (l'intruso tridimensionale), passando, nel suo moto ascensionale, per le tre posizioni colà indicate doveva per forza manifestarsi a me, o qualunque altro abitante della Flatlandia, sotto forma di Circolo, prima grande, poi piccolo e per ultimo piccolissimo, quasi della misura di un Punto. Ma, sebbene avessi i fatti davanti a me, le cause mi erano più oscure che mai. Tutto quanto potei afferrare fu che il Circolo era diventato più piccolo e che finalmente era svanito, e che adesso era ricomparso e stava rapidamente facendosi più grosso. (Abbot 1998 p. 117).



## 2.5 La quarta dimensione di Hinton

tesseract... — Che cos'è un tesseract? — Non sei mai andato a scuola in vita tua? Un tesseract è un ipercubo, una figura quadrata a quattro dimensioni, così come un cubo lo è a tre e un quadrato a due. Ecco, ora ti faccio vedere.

Robert A. Heinlein

Charles Howard Hinton (1853 – 1907) fu un matematico inglese emigrato negli Stati Uniti per sfuggire ad un processo per bigamia in Inghilterra. Negli Stati Uniti Hinton abbandonò la carriera accademica per dedicarsi totalmente al tentativo di rendere popolare e visualizzare la quarta dimensione. I racconti di Hinton, *Che cosa è la quarta dimensione?* e *Un mondo piatto*, furono pubblicati tra il 1884 e il 1886. In *Che cosa è la quarta dimensione?* Hinton immaginò i punti che si muovono nello spazio tridimensionale come intersezioni successive di una disposizione quadridimensionale di linee passanti attraverso un piano tridimensionale, un'idea che anticipò di qualche anno le implicazioni spaziotemporali della teoria della relatività.

Suo è il termine tesseract relativo al cubo a quattro dimensioni di cui parla per la prima nel libro *New Era of Thought* pubblicato nel 1888 che fra le altre cose proponeva alcune idee curiose circa i benefici spirituali derivanti dalla visualizzazione della geometria a quattro dimensioni; proprio in quegli anni sviluppò un sistema di visualizzazione basato su cubi colorati per aiutare le persone a visualizzare la quarta dimensione. La leggenda vuole che la visualizzazione di questi cubi portasse più di una persona alla follia.

Si racconta che Hinton, attraverso una costante applicazione mentale di visualizzazione riuscì a modificare la sua percezione ordinaria andando oltre il concetto spaziale tridimensionale. In *New Era of Thought* volle confutare l'idea che la nostra rete neurale, avente una struttura tridimensionale, non possa dar forma a visualizzazioni quadridimensionali. Hinton fondò le sue argomentazioni sulla possibilità che il nostro spazio fosse dotato di un indefinito spessore a 4D che permettesse ai nostri neuroni, dotati di questa dimensione extra di poter produrre un pensiero quadridimensionale. La ricerca di Hinton era indirizzata ad un'espansione della coscienza che permettesse l'accesso all'essenza unitaria di tutte le cose; la sua ricerca sulla quarta dimensione non era solo un eccentrico gioco, ma rappresentava una profonda ricer-

ca interiore: nel suo saggio del 1885 *Many Dimension* così Hinton si esprime riguardo la sua ricerca:

Quale sia il segreto dei mistici io non lo so, il mio è piuttosto modesto: l'intima percezione dello spazio. Spesso ho pensato, viaggiando in treno, quando fra le oscure stazioni della metropolitana i ragazzi e i fattorini si incurvano sopra fogli di carta malamente stampati per leggere orribili storie, spesso ho pensato quanto sarebbe meglio se si dedicassero invece a quella che potrei chiamare la comunione con lo spazio. Ne ricaverebbero un diletto, una poesia e un interesse infiniti; molto più che da quei dozzinali fogli sgualciti che non hanno alcuna bellezza né in sé, né nel loro contenuto. (...) e davvero lo spazio è meraviglioso. Tutti sappiamo che lo spazio è di grandezza infinita, e che si estende senza termine. E quando contempliamo quietamente lo spazio, esso ci mostra subito di avere infinite dimensioni. Eppure tanto nella grandezza quanto nelle dimensioni vi è qualcosa di artificioso. Per misurare dobbiamo cominciare da qualche punto, ma nello spazio non vi è qualche punto contrassegnato dal quale cominciare. Questo misurare, in fin dei conti, è qualcosa di estraneo allo spazio, introdotto da noi per nostra comodità. (Hinton 1980).

Il misticismo che caratterizzò la filosofia di Hinton e in particolare la sua convinzione che la coscienza a quattro dimensioni fosse la componente mentale dell'esperienza mistica, attirò l'attenzione del grande psicologo americano William James, il cui libro *Le varie forme dell'esperienza religiosa* fu pubblicato nel 1902, due anni prima di *The Fourth Dimension* di Hinton. I due divennero amici, ed ebbero una fitta corrispondenza dal 1892 al 1906 influenzandosi reciprocamente. Nel 1904, *The Fourth Dimension* fu pubblicato simultaneamente a Londra e a New York, riscuotendo un notevole successo. Nel corso degli anni, fra il 1880 e 1890, quasi tutti gli articoli americani sulla quarta dimensione erano apparsi su riviste scientifiche come *The Popular Science Monthly*, o il *New Science Review*. Dopo il 1900, tuttavia, articoli inerenti alla quarta dimensione cominciarono ad apparire regolarmente anche su riviste popolari come il *Monthly Magazine*. La quarta dimensione divenne allora argomento di discussione popolare, dandone per scontata l'esistenza e considerandola quale porta di accesso verso la componente sovrannaturale dell'uomo. Un nuovo modo, in principio solo geometrico, di vedere il mondo si trasformava così in una nuova credenza popolare. Il genere fantascientifico diede contributi non trascurabili al tentativo di unire spazio e tempo in un'unità quadridimensionale e nel 1895 con la pubblicazione del romanzo *La macchina del tempo* H. G. Wells

pone sotto nuova luce il concetto di quarta dimensione in termini che anticipano profeticamente lo spazio tempo relativistico:

È chiaro che ogni corpo reale deve estendersi in quattro dimensioni: deve avere cioè una lunghezza, un'altezza, una larghezza... e una durata. Ma per la naturale imperfezione dei sensi umani, e ve lo spiegherò fra poco, noi siamo inclini a sorvolare su quest'ultimo presupposto. Esistono in realtà quattro dimensioni: le tre che chiamiamo i tre piani dello spazio, e una quarta, cioè il tempo. La mente umana tende, tuttavia, a compiere una distinzione irrealistica tra le prime tre dimensioni e la quarta, poiché siamo consapevoli di muoverci in una sola direzione lungo quest'ultima, dal principio alla fine della nostra vita.(...) Non vi è differenza alcuna fra il tempo e una qualsiasi delle tre dimensioni dello spazio, ma è soltanto il nostro inconscio che si muove lungo il tempo. I nostri matematici sostengono che lo spazio ha tre dimensioni, e hanno stabilito di chiamarle lunghezza, larghezza, altezza; e ciò è sempre definibile in rapporto a tre piani, ognuno dei quali è perpendicolare agli altri. Ma alcuni individui dalla mente più filosofica si chiedono perché proprio tre dimensioni, perché non un'altra direzione perpendicolare a queste tre; e costoro hanno anche cercato di costruire una geometria quadridimensionale (...) Voi tutti sapete che su una superficie piana, che ha soltanto due dimensioni, possiamo raffigurare benissimo un solido tridimensionale; nella stessa maniera dobbiamo ammettere che, per mezzo di modelli a tre dimensioni, se ne possa raffigurare uno di quattro, sempre che si riesca a impadronirsi dell'esatto punto di vista della faccenda (...) Consideriamo, per esempio, il ritratto di un individuo di otto anni, un altro dello stesso a quindici anni, poi a diciassette, a ventitré, eccetera. Tutti questi ritratti sono evidentemente sezioni, per così dire, immagini tridimensionali della sua essenza quadridimensionale.<sup>15</sup>

## 2.6 *La macchina del tempo patafisica*

Questa scienza studierà le leggi che reggono le eccezioni [...]; o meno ambiziosamente descriverà un universo che si può vedere e che forse si deve vedere al posto del tradizionale. [...] Invece di enunciare la legge della caduta dei corpi verso un centro, perché non si preferisce la legge dell'ascensione del vuoto verso una periferia?

Alfred Jarry

<sup>15</sup> Herbert G. Wells, *La macchina del tempo*, Mursia, Milano 2007.

Sul numero di febbraio 1899 del *Mercure de France* apparve il «Commentario utile alla costruzione pratica della macchina per esplorare il tempo ad opera del Dr. Faustroll, patafisico». L'opera scritta da Alfred Jarry fu parte integrante delle *Gesta e opinioni del Dr. Faustroll*, e fu pubblicata postuma nel 1911. L'articolo del *Mercure* si presenta come un'esposizione scientifica in bilico fra elucubrazioni metafisiche e scatti visionari tutti immersi nella scienza PATAFISICA delle soluzioni immaginarie. Il Commentario fu la risposta di Jarry alla *Macchina del tempo* di Herbert G. Wells pubblicato in Inghilterra nel 1895 e tradotto in francese da Henry Davray e pubblicato sul *Mercure de France* in due puntate, a dicembre 1898 e gennaio 1899. Il testo di Jarry si serve della scienza dell'epoca, in particolare della geometria di Riemann, delle nuove concezioni sullo spazio tempo e del concetto di etere per intessere un racconto costruito nella visionaria logica patafisica. Nelle prime pagine abbiamo una dettagliata definizione della geometria e dello spaziotempo nel quale far funzionare la macchina patafisica:

Si definisce abitualmente il Tempo: il luogo degli eventi, come lo spazio è il luogo dei corpi. O più semplicemente: la successione, mentre lo spazio – che si tratti dello spazio euclideo, ovvero a tre dimensioni; oppure dello spazio a quattro dimensioni, implicato dall'intersezione di più spazî tridimensionali; o degli spazî di Riemann, dove le sfere sono reversibili, poiché il cerchio è la linea geodetica sulla sfera avente il medesimo raggio; o degli spazî di Lobačevskij, dove il piano non è reversibile; o ancora di qualunque altro spazio non euclideo, riconoscibile per il fatto che non vi si possono costruire due figure simili – è la simultaneità. Ogni parte simultanea del Tempo è estesa, e pertanto può essere esplorata servendosi di macchine per esplorare lo spazio. Il presente è esteso in tre direzioni. Qualora ci si trasporti in un punto qualsiasi del passato o del futuro, questo punto, al momento in cui vi si soggiorna, sarà presente ed esteso in tre direzioni. Lo spazio, o Presente, ha reciprocamente le tre dimensioni del Tempo: lo spazio percorso o passato, lo spazio a venire, e il presente propriamente detto. Lo spazio e il Tempo sono commensurabili. L'esplorazione in base alla conoscenza dei punti dello spazio può effettuarsi soltanto nel corso del Tempo. E per misurare quantitativamente il Tempo, lo si riconduce allo spazio del quadrante dei cronometri. Lo spazio e il Tempo, che hanno la stessa natura, possono essere considerati come stati diversi della medesima materia, o modi diversi del movimento. A meno che non li si voglia considerare in definitiva come forme del pensiero, si intende lo spazio come una forma solida e un sistema rigido di fenomeni, mentre è divenuto di fatto banale comparare il Tempo a un

liquido animato da un movimento rettilineo e uniforme, costituito da molecole mobili la cui minima facilità di scivolamento o la viscosità, insomma, non è altro che la coscienza. Poiché lo spazio intorno a noi è fisso, per esplorarlo ci muoviamo con il veicolo della Durata. Questa svolge in cinematica il ruolo di una variabile indipendente qualsiasi, in funzione della quale si determinano le coordinate dei punti considerati. La cinematica è una geometria. I fenomeni in tal caso non hanno un prima e un poi, e il fatto che noi creiamo una tale distinzione prova che ce ne lasciamo coinvolgere. Ci muoviamo nel senso del Tempo e con la stessa velocità, poiché siamo noi stessi parte del presente. Se potessimo rimanere immobili nello spazio assoluto, attraverso il Corso del Tempo, cioè rinchiuderci immediatamente in una Macchina che ci isoli dal Tempo (eccezion fatta per quel poco di velocità di durata normale di cui rimarremmo animati per via dell'inerzia), ogni istante futuro e passato (constateremo in seguito che il Passato è oltre il Futuro, visto dalla Macchina) sarebbe esplorato in successione, così come lo spettatore sedentario di un panorama ha l'illusione di un rapido viaggio attraverso paesaggi successivi.<sup>16</sup>

## 2.7 Claude Bragdon

Un appassionato divulgatore della quarta dimensione fu l'architetto e teosofa americano Claude Bragdon (1866-1946) che fu introdotto alle teorie sulla quarta dimensione dagli scritti di Hinton e dal suo amico Gelett Burgess, saggista e umorista. Bragdon si interessò alle implicazioni filosofiche e religiose della possibile esistenza reale di una quarta dimensione dello spazio.

La sua opera più importante sul tema della quarta dimensione è *A Primer of Higher space (The Fourth Dimension)*. Pubblicato nel 1913, è un lavoro degno di nota che contiene una trentina di tavole disegnate dallo stesso Bragdon e illustra con grande chiarezza la maggior parte delle idee popolari sulla quarta dimensione che erano emerse nel XIX secolo.

Bragdon riteneva che l'intero processo evolutivo consistesse nella conquista, dimensione per dimensione, dei nostri mondi spaziali; a livelli di coscienza più evoluti corrispondono dimensioni aggiuntive dello spazio dove ogni livello contiene una dimensione in più. Nell'agosto del 1914, pubblicò un articolo intitolato *Imparare a pensare in termini di*

<sup>16</sup> Alfred Jarry, *Mercure de France* 1899.

## THE GENERATION OF CORRESPONDING FIGURES IN ONE-, TWO-, THREE-, AND FOUR-SPACE.

FIG. 1.



2 FORM ITS BOUNDARIES

THE LINE: A 1-SPACE FIGURE GENERATED BY THE MOVEMENT OF A POINT, CONTAINING AN INFINITE NUMBER OF POINTS, AND

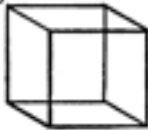
FIG. 2.



LINES, AND IS BOUNDED BY 4 LINES AND 4 POINTS.

THE SQUARE: A 2-SPACE FIGURE GENERATED BY THE MOVEMENT OF A LINE IN A DIRECTION PERPENDICULAR TO ITSELF TO A DISTANCE EQUAL TO ITS OWN LENGTH IT CONTAINS AN INFINITE NUMBER OF

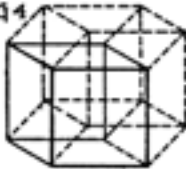
FIG. 3.



BER OF PLANES (SQUARES) AND IS BOUNDED BY 6 SURFACES, 12 LINES AND 8 POINTS

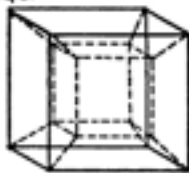
THE CUBE: A 3-SPACE FIGURE OR SOLID\* GENERATED BY THE MOVEMENT OF A SQUARE, IN A DIRECTION PERPENDICULAR TO ITS OWN PLANE, TO A DISTANCE EQUAL TO THE LENGTH OF THE SQUARE THE CUBE CONTAINS AN INFINITE NUM

FIG. 4.



THE TESSERACT, OR TETRA-HYPERCUBE: A 4-SPACE FIGURE GENERATED BY THE MOVEMENT OF A CUBE IN THE DIRECTION (TO US UNIMAGINABLE) OF THE 4TH DIMENSION. THIS MOVEMENT IS EXTENDED TO A DISTANCE EQUAL TO ONE EDGE OF THE CUBE AND ITS DIRECTION IS PERPENDICULAR TO ALL OUR 3 DIMENSIONS AS EACH OF THESE 3 IS PERPENDICULAR TO THE OTHERS. THE TESSERACT CONTAINS AN INFINITE NUMBER OF FINITE 3-SPACE (CUBES) AND IS BOUNDED BY 8 CUBES, 24 SQUARES, 32 LINES AND 16 POINTS.

FIG. 5.



NOTE: FIGURE 4 IS A SYMBOLIC REPRESENTATION ONLY—A SORT OF DIAGRAM—SUGGESTING SOME RELATIONS WE CAN PREDICATE OF THE TESSERACT. FIGURE 5 IS A REPRESENTATION DRAWN ON A DIFFERENT PRINCIPLE IN ORDER TO BRING OUT A DIFFERENT SET OF RELATIONS.

Dallo spazio ad una dimensione alla quarta dimensione in una pagina di *A Primer of Higher Space* di Claude Bragdon.

*spazi* nella rivista americana *Il Forum*. Conteneva una dimostrazione della sua convinzione che la coscienza stesse evolvendo verso la percezione di dimensioni spaziali più elevate e che il tempo fosse solo un segno esteriore della quarta dimensione dello spazio.

In quegli anni la teoria della relatività di Einstein, in cui il tempo assume il ruolo di quarta dimensione, ebbe sufficiente credito e diffusione per minare la campagna di Bragdon per il riconoscimento scientifico di una quarta dimensione spaziale. Bragdon legato com'era alla sua teoria non pensò mai di aggiungere una quinta dimensione, puramente spaziale, legata alle quattro dimensioni spaziotempo di Einstein, come del resto aveva fatto Theodor Kaluza nel 1919. Nonostante le evidenze della teoria di Einstein, Bragdon non abbandonò mai la sua fede in un mondo con quattro dimensioni spaziali, perché era legato a una visione spirituale della vita che semplicemente non poteva abbandonare. Ebbe inoltre il supporto di artisti come Wassily Kandinsky, František Kupka e Piet Mondrian che avevano interessi in Teosofia e stavano esplorando la quarta dimensione attraverso un nuovo modo di rappresentare le forme platoniche che stanno dietro le cose di tutti i giorni. I Cubisti stavano rompendo le barriere della prospettiva convenzionale dipingendo oggetti visti contemporaneamente da diverse angolazioni per esprimerne la piena realtà. È il momento in cui, la quarta dimensione divenne sinonimo di Cubismo come testimonia la Mostra Internazionale di Arte Moderna di New York del 1913. Secondo Bragdon, gli artisti stavano sviluppando la «quarta forma di coscienza». L'avanguardia americana leggeva avidamente i suoi libri, trovando in essi una filosofia eclettica che ben si adattava alla tendenza culturale dominante caratterizzata dall'interesse diffuso nel misticismo, pensiero orientale e Teosofia.

## *2.8 La forma dello spaziotempo*

Durante tutto il XIX secolo gli oggetti quadridimensionali furono immaginati immersi nello spazio e nel tempo newtoniano pervaso dall'etere, e di tale condizione le dimensioni supplementari rappresentavano una finestra esotica dalla quale affacciarsi verso un nuovo mondo, un universo parallelo dove riporre i risultati di ogni immaginazione in campo artistico e scientifico. Pëtr Uspenskij con l'opera *Tertium Organum*, pubblicata nel 1912, prospettava una nuova era dell'umanità ca-

ratterizzata dall'integrazione delle scienze della natura con quelle dello spirito, un'integrazione resa possibile grazie all'introduzione della quarta dimensione. In un altro saggio del 1908 intitolato *The Fourth Dimension*, Uspenskij scrisse che se la quarta dimensione esiste, allora sono possibili due alternative: o noi stessi possediamo la quarta dimensione, cioè siamo esseri quadridimensionali, oppure possediamo solo tre dimensioni e in tal caso non esistiamo affatto. Uspenskij rappresentò quello che poi sarebbe stata una costante nel rapporto scienza-religione; la volontà di rapportare il limite della conoscenza umana all'illimitatezza dell'universo e della sua mente creatrice. Per Uspenskij se la quarta dimensione esiste e noi ne possediamo solo tre, ciò significa che noi non abbiamo un'esistenza reale e che esistiamo solo nell'immaginazione di un Essere superiore. Siamo solo prodotti della sua mente e tutto il nostro universo non è altro che un mondo artificiale creato dalla sua fantasia. Il pensiero di Uspenskij è arrivato fino ai giorni nostri declinato nelle più disparate teorie che vogliono farci esistere solo in un software implementato in una mente universale.

La quarta dimensione, coincidente con le tre dimensioni spaziali e la dimensione temporale così come la consideriamo oggi, è un concetto che ha poco più di un secolo, da quando Einstein, prima nel 1905 con la teoria della relatività ristretta, e poi nel 1915 con la relatività generale mise in luce una realtà costituita dallo spazio e dal tempo dove non è più possibile scindere l'unità spaziotemporale senza che tutta la realtà perda significato. Lo spaziotempo prospettato da Einstein è dinamico, vivo, pulsante: le cose non si muovono nello spazio separato dal tempo, tutto si trasforma pur essendo tutto determinato, il passato non è meno reale del presente e del futuro, il *continuum spaziotemporale* unisce secondo una nuova prospettiva l'uomo all'universo. Tutto quello che vediamo non è da noi distante solo nello spazio, ma è anche in un tempo diverso eppure collegato indissolubilmente con il nostro.



# INTERMEZZO

## *Notte stellata*

...guardare le stelle mi fa sempre sognare, così come lo fanno i puntini neri che rappresentano le città e i villaggi su una cartina. Perché, mi chiedo, i puntini luminosi del cielo non possono essere accessibili come quelli sulla cartina della Francia?

Vincent van Gogh

Nelle prime ore che precedono l'alba del 23 maggio del 1889 un uomo guarda il cielo attraverso il suo telescopio interiore, non riesce a distinguere dove inizia il cielo e dove finisce il suo mondo. Vincent van Gogh si trova a Saint-Rémy-de-Provence, nel sud della Francia. Ricoveratosi volontariamente presso una clinica psichiatrica dipinge uno dei suoi quadri più intensi, *La Notte stellata*, dove immortalerà Saint-Rémy e le Alpilles sullo sfondo; l'artista rappresenta il cielo con vorticosi e rapidi movimenti di colore: forse un omaggio alla galassia Vortice M51 osservata da Lord Rosse<sup>17</sup> nel 1845 col telescopio più grande

<sup>17</sup> La galassia nota anche come Messier 51 (M51) o NGC 5194, si trova nella costellazione settentrionale dei Cani da Caccia, circa 3,5 gradi a sud est di Alkaid, Eta Ursae Majoris, la stella più orientale del Gran Carro. Fu scoperta da Charles Messier il 13 ottobre 1773. La struttura a spirale di M51 fu invece osservata per la prima volta molto più tardi, nel 1845, da Lord Rosse che si servì per le sue osservazioni di un gigantesco telescopio riflettore da 1,83 metri, da lui stesso costruito, soprannominato il Leviathan di Parsonstown.

dell'epoca. Sono state fatte interessanti ipotesi che, confermate o meno, non tolgono o aggiungono nulla alla grandezza dell'opera.<sup>18</sup> Sono state fatte interessanti ipotesi che, confermate o meno, non tolgono o aggiungono nulla alla grandezza dell'opera. Van Gogh non farà mai alcun cenno alla genesi dell'opera e ai suoi significati (un caso raro perché in altre opere della sua produzione si sofferma molto a lungo). In merito all'ispirazione ci affidiamo allora alle parole del grande Lionello Venturi che scriverà:

...come se il cielo, passando attraverso i suoi gialli e i suoi azzurri, diventasse un irradiarsi di luci in moto per incutere un timor panico agli umani che sentono il mistero della natura<sup>19</sup>.

È visione sublime che abbiamo già incontrato nell'opera di William Turner ma, a differenza dell'opera di quest'ultimo, nella cupola del cielo non risiede più la certezza di un ordine immutabile. Se Kant, un secolo prima, aveva stabilito un'analogia fra il cielo stellato e la voce della coscienza, fra le dimensioni interminabili del mondo esterno e quello dell'io indivisibile, i nervosi tratti delle pennellate di van Gogh descrivono un universo dinamico, mai immaginato prima di allora eppure giacente nello spazio interiore da tempi immemorabili. Il sublime non è più delizia della vista e del sentirsi annichilati dall'immensità del mondo, ma inquietudine nello specchiarsi della vastità dello spazio interiore.

Van Gogh posiziona un vortice, forse la galassia M51 al centro del cielo stellato, il suo movimento investe ogni cosa, rendendo la volta stellata viva e pulsante; dipinge una volta celeste piatta, non vi è nessun accenno alla sua profondità perché non vi è reale distanza fra l'artista e quello che sta osservando: osservatore e osservato coincidono. L'arte non rappresenta più la realtà, ma coincide totalmente con questa. Il sublime del mistero della natura si mescola alla profondità dell'animo. Il cipresso in primo piano che campeggia sulla sinistra del quadro è la mi-

<sup>18</sup> L'ipotesi è stata avanzata da John D. Barrow nel suo libro *Le immagini della scienza* «La somiglianza con gli schizzi del conte di Rosse è considerevole e io credo che van Gogh li avesse ammirati sui giornali in seguito al richiamo di cui avevano goduto, oppure sul libro di Flammarion negli anni successivi al 1880, quando questo faceva scalpore in tutta la Francia, e che ne avesse tratto la sua ispirazione astronomica». (Barrow 2009 p. 124).

<sup>19</sup> Lionello Venturi, *La via dell'Impressionismo*, Einaudi Torino 1971 p. 326.



Vincent van Gogh, Notte stellata 1889.

sura delle cose terrene e rapporto fra due mondi. Il cipresso da oggetto si trasfigura in soggetto che sembra interagire tra mondo terrestre e celeste. La visione dinamica dello spazio mette in discussione il rapporto fra l'uomo e il mondo che caratterizzerà l'arte e la scienza futura. *La notte stellata* è un'opera autenticamente moderna nella sua volontà di rivelare, attraverso la distorsione espressiva, le apparenze di un mondo esterno. Da questo momento in poi tutta l'arte occidentale sarà investita da un mutamento radicale, e realtà e rappresentazione vedranno spostare i loro confini di senso. Ancor prima della rivoluzione della nuova fisica, l'arte di van Gogh rivela l'illusorietà delle differenze operate dalla fisica classica fra il nostro mondo interiore e il mondo esterno. La conoscenza dell'universo avviene mediante l'esperienza che ha come protagonista l'«Io» che non sperimenta la realtà esterna, ma la propria interazione con essa.

### 3. LA RELATIVITÀ DELLO SPAZIO E DEL TEMPO

#### 3.1 - 1905 -

I poeti dicono che la scienza rovina la bellezza delle stelle, riducendole solo ad ammassi di atomi di gas. Solo? Anch'io mi commuovo a vedere le stelle di notte nel deserto, ma vedo di meno o di più?...Qual è lo schema, quale il suo significato, il perché? Sapere qualcosa non distrugge il mistero, perché la realtà è tanto più meravigliosa di quanto potesse immaginare alcun artista del passato! Perché i poeti di oggi non ne parlano?

Richard Feynman

Berna, 30 giugno del 1905. Un giovane fisico tedesco, Albert Einstein, 26 anni appena compiuti, invia alla rivista *Annalen der Physik* l'articolo «Elektrodynamik bewegter Körper» in cui assume che la velocità della luce sia costante in qualsiasi sistema di riferimento e che il principio di relatività galileiano sia valido per ogni sistema fisico in moto relativo uniforme. L'articolo sull'elettrodinamica dei corpi in movimento, unifica parzialmente la meccanica e l'elettrodinamica e manda definitivamente in frantumi la concezione classica del tempo e dello spazio. «D'ora innanzi lo spazio in sé e il tempo in sé sono condannati a dissolversi in nulla più che ombre, e solo una specie di congiunzione dei due conserverà una realtà indipendente» dirà, in un pensiero divenuto celebre, il matematico Hermann Minkowski (in Pais 1991 p. 169). La

teoria della relatività ristretta descrive il comportamento di sistemi che si muovono di moto rettilineo uniforme. In seguito, con la formulazione della relatività generale, tale comportamento venne esteso ai sistemi in moto qualunque. Nulla di complesso a prima vista e niente che possa interessare i concetti di spazio e tempo intuitivi. Vedremo però che non è così come sembra. La relatività ristretta o speciale si basa su due postulati fondamentali.

Il primo postulato, o principio di relatività, stabilisce che le leggi della fisica siano le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali<sup>20</sup> e rappresenta sostanzialmente un'estensione a tutte le leggi della natura del principio di relatività di Galileo (che riconosceva che le leggi della meccanica dovessero valere per tutti i sistemi di riferimento inerziali). Questo significa che i risultati di qualunque esperimento devono essere gli stessi per qualunque sistema di riferimento che si muova di moto rettilineo uniforme.

Il secondo postulato afferma che la luce si propaga nel vuoto con una velocità finita, pari a circa 300.000 km/s indipendentemente dalla velocità della sorgente che l'ha emessa.

Due postulati apparentemente privi di grandi conseguenze, ma che hanno mutato profondamente le nozioni di spazio e di tempo, che da questo momento in poi non possono essere più considerati assoluti; due eventi che sono simultanei in un sistema di riferimento possono non esserlo in un altro. Qualsiasi corpo che viaggia a velocità prossime a quelle della luce sperimenta una dilatazione dei tempi, una contrazione della lunghezza e un aumento della massa. È la fine dell'universo newtoniano dove avevamo il posto di osservatori privilegiati del grande teatro del mondo. Newton ci aveva riservato un posto fisso, non potevamo muoverci pena sconvolgere le leggi della natura. Fortunatamente Einstein fu permissivo, potevamo finalmente muoverci e con noi si muovevano anche lo spazio e il tempo!

---

<sup>20</sup> Un sistema di riferimento inerziale è un sistema di riferimento caratterizzato dalla seguente condizione: se un punto materiale è libero, cioè non sottoposto a forze oppure sottoposto ad una risultante nulla di forze, allora persevererà nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme finché esso non viene perturbato.

### 3.2 Simultaneità, dilatazioni e contrazioni

Secondo la fisica classica due eventi sono simultanei se un osservatore riceve da entrambi, nello stesso istante di tempo, un segnale dell'evento: per esempio, due flash sono simultanei se un osservatore riceve nel medesimo istante i due segnali di luce. Dai postulati sulla «invarianza» delle leggi fisiche e sulla velocità finita della luce, Einstein ricava una conclusione sconvolgente: due eventi che sono simultanei per un osservatore possono non esserlo per un altro osservatore. Dal punto di vista della teoria della relatività il concetto di simultaneità che implica l'accadere di un evento nel medesimo istante non ha significato universale; *l'adesso* di un osservatore può risultare appartenente al passato o al futuro di un altro osservatore.

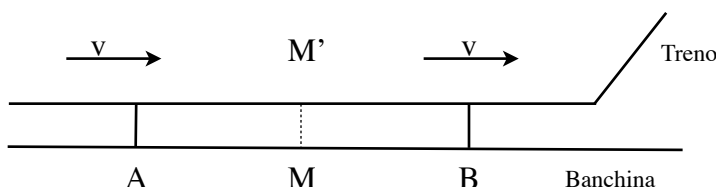
Immaginiamo che l'osservatore sia fermo e che un secondo osservatore, che si muova di moto rettilineo uniforme rispetto al primo spostandosi nella direzione di uno dei due flash, si trovi in corrispondenza del primo osservatore nell'istante in cui, secondo quest'ultimo, vengono scattati entrambi i flash. Negli istanti successivi, l'osservatore in moto si troverà più vicino a uno dei flash e riceverà prima quel lampo di luce, in quanto la luce ha una velocità finita e di conseguenza impiega meno tempo a coprire una distanza minore. Per l'osservatore in moto, dunque, i due flash non sono scattati simultaneamente. In questo ragionamento non ha importanza quale dei due osservatori sia in quiete e quale in moto rispetto all'altro, poiché il secondo postulato della relatività afferma che la velocità della luce ha lo stesso valore in tutti i sistemi di riferimento inerziali, sia che la sorgente sia in quiete sia che si muova di moto rettilineo uniforme.

Le trasformazioni di Lorentz permettono di descrivere come varia la misura del tempo e dello spazio quando l'oggetto della misura è in moto rettilineo uniforme rispetto all'osservatore; esse implicano che la durata di un fenomeno dipende dal sistema di riferimento rispetto al quale è misurata. La durata di un fenomeno misurata in un sistema di riferimento in quiete è inferiore alla durata misurata in un sistema di riferimento in moto rispetto al primo, questo implica che nei sistemi in movimento il tempo si dilata.

La dilatazione del tempo ha messo in luce un apparente paradosso, noto con il nome di paradosso dei gemelli. Per capire sino in fondo questo paradosso Einstein stesso ci dà una chiara spiegazione di come il tempo e lo spazio non siano affatto assoluti, ma relativi ai sistemi di

riferimento adottati. La chiama «La relatività degli eventi simultanei», eccola:

Le nostre considerazioni sono state finora svolte rispetto a un particolare corpo di riferimento, a cui abbiamo dato il nome di «banchina ferroviaria». Supponiamo che un treno molto lungo viaggi sulle rotaie con la velocità costante  $v$  e nella direzione indicata dalla figura 1.



(figura 1)

Le persone che viaggiano su questo treno useranno vantaggiosamente il treno come corpo rigido di riferimento (sistema di coordinate); esse considerano tutti gli eventi in riferimento al treno.

Ogni evento, poi, che ha luogo lungo la linea ferroviaria ha pure luogo in un determinato punto del treno. Anche la definizione di simultaneità può venir data rispetto al treno nello stesso preciso modo in cui venne data rispetto alla banchina. Ora però si presenta, come conseguenza naturale, la seguente domanda:

Due eventi (per esempio i due colpi di fulmine A e B) che sono simultanei rispetto alla «banchina ferroviaria» saranno tali anche rispetto al treno? Mostriamo subito che la risposta deve essere negativa.

Allorché diciamo che i colpi di fulmine A e B sono simultanei rispetto alla banchina intendiamo: i raggi di luce provenienti dai punti A e B dove cade il fulmine si incontrano l'uno con l'altro nel punto medio M' dell'intervallo  $A \rightarrow B$  della banchina. Ma gli eventi A e B corrispondono anche alle posizioni A e B sul treno.

Sia M' il punto medio dell'intervallo  $A \rightarrow B$  sul treno in moto. Proprio quando si verificano i bagliori del fulmine, questo punto M' coincide naturalmente con il punto M, ma esso si muove verso la destra del diagramma con la velocità  $v$  del treno. Se un osservatore seduto in treno nella posizione M' non possedesse questa velocità allora egli rimarrebbe permanentemente in M e i raggi di luce emessi dai bagliori del fulmine A e B lo raggiungerebbero simultaneamente, vale a dire s'incontrerebbero proprio dove egli è situato.

Tuttavia nella realtà (considerata con riferimento alla banchina ferroviaria), egli si muove rapidamente verso il raggio di luce che proviene da B, mentre corre avanti al raggio di luce che proviene da A.



Pertanto l'osservatore vedrà il raggio di luce emesso da B prima di vedere quello emesso da A. Gli osservatori che assumono il treno come loro corpo di riferimento debbono perciò giungere alla conclusione che il lampo di luce B ha avuto luogo prima del lampo di luce A. Perveniamo così al seguente importante risultato: gli eventi che sono simultanei rispetto alla banchina non sono simultanei rispetto al treno e viceversa (relatività della simultaneità); ogni corpo di riferimento (sistema di coordinate) ha il suo proprio tempo particolare: un'attribuzione di tempo è fornita di significato solo quando ci venga detto a quale corpo di riferimento tale attribuzione si riferisce.

Orbene, prima dell'avvento della teoria della relatività, nella fisica si era sempre tacitamente ammesso che le attribuzioni di tempo avessero un significato assoluto, cioè fossero indipendenti dallo stato di moto del corpo di riferimento. Abbiamo però visto or ora che tale ipotesi risulta incompatibile con la più naturale definizione di simultaneità (Einstein 2011 pp. 61-62).

Ne consegue se volessimo banalizzare che chi viaggia nel treno «anticipa il futuro»: vede prima il lampo rispetto a chi sta fermo nella banchina e anche - secondo il famoso paradosso dei gemelli<sup>21</sup> - essendo il suo tempo più contratto invecchia più tardi.

La contrazione delle lunghezze è un altro stupefacente effetto previsto dalla teoria della relatività; la misura di un oggetto in movimento

---

<sup>21</sup> Si immagini che uno di due gemelli di 20 anni intraprenda una spedizione su un'astronave che viaggia ad alta velocità, in una direzione qualunque, e che dopo un certo tempo sia di ritorno, mentre l'altro rimanga sulla Terra. Il gemello sull'astronave dovrebbe invecchiare di meno di quello rimasto sulla Terra. Mentre trascorrono, per esempio, 20 anni per il gemello che resta a Terra, per l'altro potrebbe passarne uno solo, a seconda della velocità dell'astronave; quindi, al suo ritorno il gemello che ha viaggiato avrebbe solo 21 anni, mentre quello rimasto a Terra avrebbe 40 anni. Secondo il punto di vista del gemello astronauta, però, la situazione è ribaltata, perché non esistono sistemi di riferimento inerziali preferibili, e si potrebbe dire che il gemello rimasto sulla Terra è in moto mentre quello che ha viaggiato è fermo. Dunque, a invecchiare sarebbe il gemello astronauta e a rimanere giovane sarebbe il gemello fermo. Ma, naturalmente, non possono avere entrambi ragione. In realtà si tratta solo di un apparente paradosso, poiché, secondo la teoria della relatività ristretta, la dilatazione temporale si può applicare ai sistemi di riferimento inerziali e, se la Terra può essere considerata con buona approssimazione un sistema di riferimento inerziale, non può esserlo l'astronave, che nel suo tragitto deve subire delle accelerazioni per iniziare il viaggio e per terminarlo. La dilatazione del tempo non vale quindi per il sistema di riferimento costituito dall'astronave e il suo punto di vista non può essere considerato corretto. La teoria della relatività generale, che tratta i sistemi accelerati, conferma questo risultato.

rispetto al sistema di riferimento in cui avviene la misura, è minore del valore misurato quando esso è fermo rispetto al medesimo sistema di riferimento. In pratica un oggetto in movimento risulta più corto del medesimo oggetto in quiete. Gli effetti sono però evidenti per velocità elevatissime, prossime a quelle della luce. Lo spazio e il tempo così concepiti differiscono in modo sostanziale dal modello newtoniano: si parlerà quindi non di spazio tridimensionale ma di uno spazio quadridimensionale; uno spaziotempo in cui alle tre coordinate spaziali ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ) è associata la coordinata temporale  $t$ . *La coordinata  $t$  ovviamente va aggiunta anche se si agisca in dimensioni inferiori alle tre dimensioni abituali.* Secondo la fisica classica la posizione di un oggetto in movimento e il tempo che trascorre durante il moto dell'oggetto sono grandezze fisiche indipendenti e separate. La fisica di Einstein ci dice che gli intervalli di spazio e gli intervalli di tempo sono strettamente correlati tra loro; le lunghezze di un oggetto in moto relativistico si contraggono, e contemporaneamente, gli intervalli di tempo si dilatano. Inoltre la massa di un corpo aumenta all'aumentare della sua velocità.

Gli effetti della teoria della relatività stravolgono le convinzioni della meccanica newtoniana; non ha più senso, ad esempio, chiedersi quale sia la lunghezza reale di un oggetto in quanto essa è la proiezione su uno spazio tridimensionale di un insieme di punti appartenenti allo spazio quadridimensionale. Dobbiamo immaginare ogni cosa come una riduzione tridimensionale della sua realtà quadridimensionale. Sapere che esiste una realtà quadridimensionale a cui non possiamo attingere può generare frustrazione, ma anche la volontà di espandere la nostra sensibilità. Attraverso l'arte tale possibilità diventa reale, grazie a nuove modalità di osservazione dello spazio vissuto possiamo accedere ad un livello diverso di consapevolezza che ci dia la possibilità di «sentire» la realtà secondo modalità fin d'ora inconcepibili. Nuovi spazi e nuovi punti di vista necessitano di una geometria appropriata che ci permetta di formalizzare l'intuizione.

### 3.3 *Il continuo spaziotemporale*

Uno sviluppo decisivo nella nuova geometria dello spazio relativistico si deve a Hermann Minkowski, l'insegnante di matematica di Einstein al politecnico di Zurigo nei suoi anni universitari. In quel periodo il giovane Einstein era inizialmente allergico al formalismo ma-

tematico, egli privilegiava l'aspetto creativo dato dall'intuizione e dal suo modo di pensare per immagini piuttosto che l'astratto formalismo matematico. Fu però grazie alla matematica di Minkowski che Einstein riuscì a dare una formulazione completa alla teoria della gravitazione. L'innovazione principale apportata da Minkowski nel 1907 fu quella di introdurre un nuovo modo di concepire lo spazio basato su un modello tetradimensionale ottenuto trattando le grandezze di spazio e tempo congiuntamente, così come previsto nelle trasformazioni di Lorentz valide per la teoria della relatività ristretta, dove sia lo spazio che il tempo si trasformano in un continuo tetradimensionale spaziotemporale. Con Minkowski la geometria non euclidea entra definitivamente nella descrizione del mondo fisico. La teoria della relatività non consente di separare il tempo dallo spazio individuando delle porzioni dello spazio o del tempo in un contesto geometrico assoluto e universale. Il continuum spaziotemporale di Minkowski è uno spazio matematico a quattro dimensioni senza proprietà fisiche, i cui punti sono definiti punti-evento. Il moto degli oggetti è rappresentato da linee-di-universo, che uniscono i punti-evento corrispondenti alle coordinate istantanee degli oggetti stessi.

Herman Weyl, collaboratore di Einstein espresse questa nuova visione dello spaziotempo in questi termini:

La scena dell'azione della realtà è un mondo a quattro dimensioni in cui spazio e tempo sono indissolubilmente legati. Per quanto profondo sia il baratro che separa nella nostra esperienza la natura intuitiva dello spazio da quella del tempo, nulla di questa differenza qualitativa rientra nel mondo obiettivo che la fisica si sforza di definire al di fuori dell'esperienza diretta. È un continuo a quattro dimensioni che non è né tempo né spazio (Davies 1997 p. 74).

Un pensiero di Luis de Broglie ci pone davanti la scena di questa realtà quadridimensionale con parole suggestive.

Nello spaziotempo, tutto ciò che per ciascuno di noi costituisce il passato, il presente e il futuro è dato in blocco. Ciascun osservatore col passare del suo tempo scopre, per così dire, nuove porzioni dello spaziotempo, che gli appaiono come aspetti successivi del mondo materiale (Capra 1995 p. 2016).

La descrizione di uno spazio a quattro dimensioni che si incurva e che si deforma necessita di una matematica non semplicissima. Una matematica che David Hilbert nel periodo della gestazione della relati-

vità generale conosceva molto bene: far quadrare il cerchio sembrava opera molto più facile per Hilbert che per Einstein e, in effetti, ci furono giorni e giorni di grande tensione fra i due scienziati. Einstein temeva di vedersi togliere la sua teoria dalle mani dato che lui aveva un'immaginazione prodigiosa in campo fisico, ma non destreggiava la matematica con la stessa disinvoltura. Alla fine Einstein riuscì a trovare per primo la formulazione matematica che descrivesse la sua meravigliosa teoria e Hilbert dovette farsi da parte.

### 3.4 - 1915 -

*Gedankenexperiment*, è il termine tedesco che sta per esperimento mentale: il più potente mezzo «nelle mani» di Albert Einstein per mettere alla prova le sue intuizioni del mondo fisico. La teoria della relatività è nata da un poderoso sforzo creativo che ha trovato prima conferma negli esperimenti mentali e poi negli esperimenti reali. Un processo di pensiero non dissimile da quello degli artisti che prima immaginano l'opera nella loro mente e poi la realizzano fisicamente.

La relatività generale è la più bella teoria fisica mai inventata. Essa descrive la gravitazione, una delle caratteristiche più diffuse del mondo in cui sperimentiamo, in termini di un'elegante struttura matematica, la geometria differenziale dello spaziotempo curvo, e conduce a predizioni che hanno ricevuto spettacolari conferme sperimentali. Le conseguenze della relatività generale, dal big bang ai buchi neri, hanno stravolto i concetti intuitivi di spazio, tempo e materia e paradossalmente lo studio dell'universo profondo ha permesso di ridurre la distanza fra noi e il cosmo, ponendoci interrogativi sul rapporto fra noi e quello che ci circonda.

Fu nel 1907 che ebbi il pensiero più felice della mia vita, nella forma seguente. Il campo gravitazionale ha solo un'esistenza relativa, in modo analogo al campo elettrico generato dall'induzione magnetoelettrica. Infatti, per un osservatore che cada liberamente dal tetto di una casa non esiste alcun campo gravitazionale. Infatti, se l'osservatore lascia cadere dei corpi, questi permangono in uno stato di quiete o di moto uniforme rispetto a lui. L'osservatore di conseguenza interpreta il proprio stato come uno stato di quiete. Grazie a quest'idea, quella singolarissima legge sperimentale secondo cui, in un campo gravitazionale, tutti i corpi cadono con la stessa accelerazio-

ne, veniva improvvisamente ad acquistare un significato fisico profondo (in Pais 1991 p. 98).

Dopo la pubblicazione della relatività ristretta Einstein si pose il problema dell'esistenza di qualche tipo di moto che potesse essere considerato assoluto, vale a dire un movimento che potesse essere rivelato da un qualche effetto fisico collaterale esercitato dallo stesso moto su se stesso, senza la necessità di riferirsi ad un altro sistema. Si pensi, ad esempio, ad un osservatore chiuso in una cabina di una nave: quando la nave si muove senza alcuna accelerazione, l'osservatore non avvertirà nessuna sensazione di movimento, ma appena la nave esegue una virata l'osservatore si rende conto immediatamente del movimento della nave stessa. Einstein ne dedusse che se anche esistesse un solo oggetto nell'universo, ad esempio una navicella spaziale, sarebbe sempre possibile al suo passeggero giudicare dal suo stato di moto, se questo avviene a velocità costante oppure con moto accelerato. Einstein si chiese se i moti non uniformi possono in qualche modo presentare un carattere assoluto, un'ipotesi difficile da accettare quella dell'esistenza di sistemi con proprietà particolari le cui leggi fossero diverse dal restante universo. Questa ipotesi lo portò a ipotizzare invece che le leggi della natura debbano essere le stesse in ogni sistema, indipendentemente dal suo stato di moto. Su questa affermazione si basa tutta la teoria generale della relatività il cui ambito si è poi esteso alla gravitazione universale. Da tali apparentemente semplici premesse Einstein sviluppò la sua teoria nell'arco di un decennio di intenso lavoro intellettuale. L'intuizione del funzionamento di un universo quadridimensionale in cui lo spazio non è più rigido, ma è dotato di proprietà tali da poter essere incurvato in presenza di una massa, impegnò Einstein in un duro lavoro atto a trovare la matematica che si adattasse a tal genere di spazio. Per giungere ad una formulazione corretta della teoria dovette abbandonare la geometria euclidea in favore della geometria non euclidea messa a punto qualche tempo prima da Riemann.

La teoria della relatività generale si fonda essenzialmente su due principi:

I. Le leggi della fisica devono essere formulate in modo da non dover dipendere dal luogo in cui vengono applicate e dal moto dell'osservatore. Ciò significa che i requisiti della relatività generale sono più ampi rispetto a quelli della teoria ristretta, per la quale le leggi devono essere valide per osservatori che si spostano di moto rettilineo uniforme.

II. Principio di equivalenza secondo il quale gravità e accelerazione sono equivalenti.

La teoria della relatività generale estende i concetti di base della relatività speciale ai sistemi di riferimento soggetti ad un'accelerazione, cioè sistemi di riferimento non inerziali, in cui si hanno effetti analoghi a quelli della forza di gravità. Il moto dei corpi influenzati dalla forza di gravità non è dato da una forza che agisce a distanza, ma dalla modifica della geometria dello spazio nel quale si muovono i corpi. Lo spaziotempo si incurva a causa della presenza di una grande massa e questa curvatura determina la traiettoria del corpo. Lo spaziotempo influisce sulla massa definendone il moto, mentre la massa, a sua volta, influenza lo spaziotempo determinandone la curvatura.

L'equazione di campo di Einstein  $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu}R = k T_{\mu\nu}$  lega la curvatura dello spaziotempo al tensore che descrive la densità e il flusso di materia-energia. Il membro a sinistra dell'uguaglianza misura la curvatura e la geometria dello spaziotempo, mentre quello di destra misura la densità e il flusso di materia e energia. L'equazione descrive in che modo la materia «curva» lo spaziotempo e ne determina la geometria; a sua volta la curvatura dello spaziotempo «determina» come la materia si muove.

Einstein ebbe a dire che la parte sinistra dell'equazione è fatta di puro marmo pregiato e rappresenta la geometria dello spaziotempo, mentre quella destra è fatta di volgare legno e rappresenta l'energia-materia tramite il tensore energia-impulso.

Il motivo di questa affermazione consiste nel fatto che il tensore sulla destra dell'equazione rappresenta in modo *impreciso* la distribuzione della materia, non tenendo conto della sua reale composizione.

### 3.5 Campi gravitazionali

Una delle conseguenze più affascinanti della teoria della relatività generale di Einstein è la possibilità di esistenza di onde gravitazionali. La forza gravitazionale può essere paragonata alla forza elettromagnetica; quando si perturbano energeticamente delle cariche elettriche si generano onde elettromagnetiche. Se si immagina la carica elettrica circondata da un campo, a ogni suo spostamento si accompagna un riassetto del campo secondo la nuova posizione assunta che però non può verificarsi istantaneamente, ma soltanto nel tempo necessario per spo-

starsi da un punto ad un altro e che non può essere superiore alla velocità della luce. È facile immaginare come il campo elettromagnetico si distorce al muoversi della carica; le regioni più lontane del campo reagiscono in istanti di tempo diversi rispetto alle regioni più vicine. Se si fa oscillare avanti e indietro la carica in modo sistematico anche la distorsione del campo inizia a oscillare assumendo la forma di un'onda. Le onde elettromagnetiche di questo tipo sono la luce visibile, le onde radio e così via. Analogamente a quanto avviene con le onde elettromagnetiche la perturbazione spaziale generata da corpi dotati di massa genera perturbazioni nel campo gravitazionale circostante che si propagano sotto forma di onde gravitazionali, le cui perturbazioni sono deformazioni dello spaziotempo.

È un esempio di come la presenza di un oggetto possa influenzare un altro oggetto trasformandolo in modo elastico, come se tutto il nostro universo fosse fatto di gomma e premendolo da una parte se ne deformasse tutto il resto. Le forze gravitazionali sono però così piccole che noi non ne riusciamo ad apprezzare la reale influenza sulla forma delle cose, resta il concetto che amplificato pone sotto una nuova luce le interdipendenze fra tutti i corpi che si presumono distinti.

### *3.6 La geometria dell'universo*

La materia dice allo spaziotempo come incurvarsi, e lo spazio curvo dice alla materia come muoversi.

John Wheeler

Ai tempi di Einstein le conoscenze sulle reali dimensioni dell'universo erano limitate; si credeva che tutte le stelle fossero contenute nella Via Lattea, non si pensava esistessero altre galassie, Andromeda, la galassia a noi più vicina a circa 2,2 milioni di anni luce, si credeva fosse una nebulosa. L'universo descritto inizialmente da Einstein era statico e isotropo, la presunta staticità costrinse a usare una costante cosmologica nella sua equazione di campo, al fine di rendere stabile e immobile l'universo. Oggi sappiamo che le cose non stanno così e l'equazione di campo senza la costante cosmologica è ancora la formula che descrive in modo straordinariamente efficace il nostro universo.

Il matematico Amir Aczel la descrive come la migliore approssimazione che abbiamo all'equazione di Dio ed essa ha il ruolo principe

per la comprensione dell'universo, quale che sarà l'integrazione con altre teorie.

Questa formula è talmente potente, penetra tanto in profondità in leggi di natura mai intraviste da nessuno prima di lui, che la prescienza del suo autore lascia sbigottiti. Decennio dopo decennio, da quando è nata, la formula ha confermato e riconfermato la propria verità in modi sempre inattesi. Come ha fatto un uomo solo a comprendere così bene i segreti del nostro universo? (Aczel 2008 p. 28)

Ma qual è la geometria dell'universo? Sappiamo che in corrispondenza di grandi masse lo spazio si incurva, secondo una geometria sferica; non sappiamo con esattezza qual è la geometria che possa descrivere l'intero universo, probabilmente avrà una forma che potrà essere descritta da una geometria ancora da scoprire oppure potrebbe essere euclideo o sferico oppure iperbolico.

Nel caso di un universo piatto, la curvatura e la geometria locali sono piatte; esso può essere descritto attraverso lo spazio Euclideo, nonostante possano esistere alcune geometrie spaziali che prevedono uno spazio piatto, ma limitato in una o più dimensioni: esempi in due dimensioni di queste geometrie sono il cilindro e il nastro di Möbius (limitate in una direzione ed illimitate nelle altre), il toro e la bottiglia di Klein (compatte).

Un universo a curvatura positiva è descritto da una geometria sferica e può essere pensato come una IPERSFERA quadridimensionale. Un universo iperbolico (spesso chiamato imprecisamente aperto) è descritto dalla geometria iperbolica, e può essere immaginato come l'equivalente in 3 dimensioni di una «sella» infinitamente estesa.

Forse ci sarà sempre preclusa la visualizzazione delle geometrie che sottendono l'universo: noi esseri tridimensionali non possiamo fare nessun balzo in altre dimensioni, possiamo solo proiettarle sulle nostre superfici e così ne possiamo avere una conoscenza concettuale.

Il nostro modo di vedere è inadeguato e limitato abituati come siamo a osservare le cose da punti di vista ben definiti. Probabilmente non solo non esiste un punto di vista privilegiato dal quale poter osservare il mondo, ma non esistono neanche *cose* definite perché la separazione presuppone un punto di vista, essa è arbitraria e mostra illusoriamente la separazione dallo sfondo del tutto.

Einstein ci ricorda che:



I concetti di spazio e di tempo considerati da un punto di vista logico sono libere creazioni dell'intelletto umano, strumenti del pensiero, che debbono servire allo scopo di porre le esperienze in relazione l'una con l'altra, e di poterle quindi abbracciare meglio con lo sguardo. Il tentativo di rendersi conto delle fonti empiriche di questi concetti fondamentali deve mostrare in quale modo noi siamo effettivamente legati a questi concetti. In tal modo diventiamo coscienti della nostra libertà [...] Perché mai è necessario trascinare giù dalle sfere olimpiche di Platone i concetti fondamentali del pensiero scientifico, e sforzarsi di svelare il loro lignaggio terrestre? Risposta: allo scopo di liberare questi concetti dai tabù loro annessi, e pervenire così a una maggiore libertà nella formazione dei concetti.<sup>22</sup>

### *3.7 Geometrie senza tempo*

La prospettiva opera secondo un ragionamento geometrico che architetta strutture conformi a un punto di vista preciso e immutabile.

Pavel Florenskij

Tempo presente e tempo passato sono forse entrambi presenti nel tempo futuro, e il tempo futuro contenuto nel tempo passato. Se il tempo tutto è eternamente presente il tempo tutto è irredimibile.

Thomas Eliot

Uno dei problemi più sconcertanti riguardanti lo scorrere del tempo resta la discrepanza fra il tempo fisico e il tempo psicologico dell'esperienza, gli sviluppi delle teorie fisiche iniziati nel XIX secolo hanno contribuito ad aumentare il divario esistente fra scienza e percezione così come non era mai accaduto nella storia, siamo allora spinti nello stato schizofrenico della consapevolezza che nulla è come ci appare. Il tempo potrebbe, ad esempio, essere discontinuo diversamente da quel flusso che noi percepiamo senza sosta. Inoltre il tempo potrebbe non esistere affatto e a darci l'illusione del tempo sarebbero soltanto dei differenti stati dell'universo coincidenti con diverse combinazioni di forma. Se immaginiamo le relazioni fra tutte le cose del mondo come un susseguirsi discreto di stati e la nostra esperienza ancorata ad essi, la coscienza non sarebbe altro che il proiettore di un cinematografo dove i

---

<sup>22</sup> A. Einstein, «La relatività e il problema dello spazio» (1952), in Einstein 1967 pp. 299-300.

vari fotogrammi di una pellicola fatta scorrere in rapida sequenza danno l'illusione di un fluire continuo. Questa è qualcosa di più di una metafora dato che sappiamo che la percezione delle immagini cinematografiche funziona realmente in questo modo. Per qualche oscura ragione il cervello deve riempire le parti mancanti e portare tutta la realtà in una continuità di percezione e donarci quella particolare coerenza che ci fa essere coscienti di un unico presente. In tal modo costruiamo la nostra coscienza del mondo, significati e valori emergono dalla volontà di agire per organizzare la materia secondo una personale visione. Forse il nostro compito è quello di seguire tracce che noi stessi creiamo in una siffatta realtà dove ogni trasformazione contiene traccia di ogni altra; la complessità delle relazioni fra noi e il mondo cresce senza posa. Ogni livello di realtà è compenetrato dai suoi livelli più prossimi in una catena di cui non si intravede la fine.

L'ipotesi per cui noi viviamo pacchetti discreti di tempo, semplicemente saltando di qua e di là negli istanti temporali, collegandone alcuni punti e non altri, aprirebbe orizzonti imprevedibili. Ad esempio in questo caso altri mondi potrebbero intersecarsi al nostro, mondi nascosti negli intervalli percepiti, e l'altro sarebbe molto più vicino a noi di quanto possiamo immaginare. La freccia del tempo non avrebbe senso per come noi la percepiamo in un continuo e illusoriamente rettilineo andare dal passato verso il futuro. La meccanica newtoniana sottintendeva un senso unico al tempo universale; tutto procedeva da un unico passato verso un futuro altrettanto unico. La teoria della relatività generale prevede una realtà molto più dinamica in cui il tempo non è più protagonista di una storia a senso unico, tutti gli eventi risultano aggrovigliati, intimamente connessi.

La teoria della relatività ci mostra che l'universo non è nato in un tempo preesistente, il tempo stesso si è generato insieme alla materia. Forse dobbiamo ancora inventare il linguaggio per designare in modo appropriato questa realtà unica e cangiante composta da dimensioni intimamente connesse, il concetto stesso di dimensione dovrebbe essere superato, ma il limite del nostro linguaggio è nel designare ogni cosa distinta dall'altra, lo spazio distinto da tempo. Ognuno di noi è una storia nell'immensa storia dell'universo, una storia che noi vediamo secondo una freccia del tempo che procede in un'unica direzione dal passato verso il presente. Il tempo non scorre nel modello cosmologico di Minkowski, esso esiste in un blocco dimensionale costituito da passato

presente e futuro. Lo SPAZIOTEMPO DI MINKOWSKI è costituito da eventi, punti nella realtà quadridimensionale.

Nella pittura cubista non vi è la rappresentazione di un tempo che scorre, gli oggetti sono trasparenti alla coordinata temporale. La tecnica cubista, basata sulla rappresentazione di istanti percettivi, scompone la forma dell'oggetto per ricomporla secondo unità percettive date dalla contemporaneità di ogni visione che è una visione totale secondo punti di vista molteplici e impersonali. In una delle opere più significative di Duchamp, «Nudo che scende le scale», siamo ancora individui che guardano secondo una visione tradizionale alterata per fermare gli attimi di tempo come fotogrammi di un film. La geometria è generata da una percezione alterata del tempo psicologico e, mentre la prospettiva classica presuppone ogni oggetto immerso in un tempo assoluto che fluisce impercettibilmente, nella nuova visione dell'arte del XX secolo il tempo è la forma stessa.

Non è facile capire come noi percepiamo il tempo e in che modo esso diventa parte fondamentale della nostra esperienza. Esperimenti neurofisiologici hanno dimostrato che la nostra esperienza cosciente si svolge secondo unità di tempo pari a 30-40 millisecondi; il tempo percepito si presenta quindi secondo un determinato ritmo neuronale, anche se a noi sembra di percepire la realtà come un flusso continuo, come la pellicola di un film composta da diagrammi separati che, fatti scorrere ad una frequenza di 24 Hz, viene percepita come flusso continuo. Il modo in cui il cervello elabora lo scorrere del tempo è uno dei più grandi misteri della neurofisiologia, la risposta della coscienza agli stimoli esterni pone non pochi problemi che investono il delicato problema del libero arbitrio; esperimenti condotti dal neurofisiologo Benjamin Libet dimostrano che esistono, nel cervello, zone che si attivano qualche frazione di secondo prima che il soggetto diventi consapevole di voler compiere una specifica azione. È come se la decisione di attuare un dato comportamento avesse origine all'interno del cervello e solo successivamente ne fosse informata la coscienza secondo un processo che contraddice il senso comune. Sembra che la coscienza possa intervenire soltanto dopo che la risposta nervosa sia innescata, solo a quel punto la coscienza può decidere se continuare l'azione o meno. Nello sfalsamento fra azione inconscia e consapevolezza potrebbe risiedere il meccanismo della nostra percezione spaziotemporale: nello scenario della coscienza appaiono le azioni in una successione di eventi

come in una pellicola cinematografica dove la coscienza può essere paragonata al fascio di luce del proiettore.

Sappiamo che rappresentare il tempo secondo coordinate spaziali è possibile, ma non lo si può fare altrimenti che distruggendo la forma del rappresentato. L'arte cubista ha tentato di non rappresentare il tempo, ma gli effetti dell'annullamento del suo presunto scorrere per rappresentarne gli effetti di simultaneità della percezione.

Immaginando di avere una rappresentazione simultanea di un oggetto secondo tutti i punti di vista come nel caso di innumerevoli fotografie che riprendono un oggetto da ogni angolazione per poi ricombinare le varie immagini in un'unica figura, dobbiamo considerare il fatto che in tal modo non ci siamo discostati da una visione tridimensionale, che nel nostro caso sarà una visione tridimensionale distorta; restiamo ancora nel sistema di rappresentazione classico di un oggetto. Come è noto dai principi della gestalt, la nostra percezione consiste nel continuo separare figure dallo sfondo, è la nostra particolare percezione atta a dar luce ad una determinata forma, il punto di vista non è altro che questo scegliere cosa vedere, volontà esercitata dalla nostra natura percettiva. La nostra neurofisiologia è in tal senso il limite entro il quale esiste il nostro mondo. La percezione dello spazio va incontro agli stessi limiti e la volontà di creare modelli geometrici di tale visione ha portato alla rappresentazione prospettica che dal rinascimento, influenzando ogni forma di visione e generazione del mondo. La pittura cubista effettua un ritorno alla bidimensionalità medioevale ponendo in tal modo l'accento su una diversa relazione delle cose.

Apparentemente afferriamo con relativa semplicità il fenomeno dello *scorrere* del tempo, ma nel momento in cui dobbiamo darne una definizione razionale qualcosa ci sfugge, ci rendiamo conto di essere entrati in un territorio ignoto pieno di difficoltà e problemi irrisolvibili. Mentre per lo spazio possiamo avere un'immagine con contorni definiti, ciò non accade per il tempo. In che modo può essere resa in modo chiaro l'idea che noi abbiamo del tempo? A un'analisi attenta comprendiamo che la nostra idea della dimensione temporale è legata al sistema di misura, a una convenzione che divide la durata in elementi discreti che possiamo facilmente quantificare. Ma sorge il dubbio su quanto una misura del tempo separata dai reali accadimenti naturali può essere valida per la nostra capacità di comprendere la realtà. Il tempo legato alla misurazione fisica è condizionato dal sistema di misurazione; i

momenti non si distinguono qualitativamente, ma solo attraverso la loro posizione dimensionale.

Il concetto di realtà quadridimensionale implica che nessuna cosa può essere separata dal proprio contesto spaziotemporale senza che ne venga compromessa la vera natura; distinguere qualsiasi oggetto dal resto del mondo che gli è proprio significa poterne vedere solo una piccola parte, forse la meno significativa; quella che ne costituisce l'attimo presente.

Pavel Florenskij nota che l'uomo tende a conoscere e pensare un determinato oggetto guardando solo una sua parte, spesso quella che sembra non mutare nel tempo, mentre ne trascura il cambiamento che si attua nell'unità quadridimensionale.

Già la classificazione delle piante secondo i fiori pecca di univocità, univocità che, forse, non è nociva e non distrugge la biologia nella sua forma attuale ma che senza dubbio priva l'immagine unitaria della pianta di quella completezza e concretezza dovute. La rosa, anche la più lussureggiante, non è la stessa cosa che l'intero cespuglio di rose e tanto più ne è lontano un ramo di rosa tagliato. Ma anche il cespuglio fiorito non è la stessa cosa che tutta la vita del cespuglio, dal seme alla sua nascita, fino al suo seccarsi attraverso il processo di crescita: il mutarsi delle foglie, l'apparire dei boccioli, il loro schiudersi, la caduta dei petali, e, infine, la maturazione di nuovi semi. Chiunque capisce quanto unilaterale e povera sarebbe la rappresentazione di un organismo vegetale se non sapessimo nulla della sua crescita e del suo seccarsi, e se la pianta fosse un immutabile cespuglio fiorito da operetta. Il suo ritmo vitale, il suo inverdire e il suo letargo invernale, l'apparizione e la scomparsa dei fiori, tutto questo processo, come una musica dell'immagine, è infinitamente più completo e più bello che un fiore preso separatamente (Florenskij 1995, p. 145).

Il tempo dell'esperienza percettiva è legato agli aspetti qualitativi dell'esperienza vissuta, esso descrive il divenire di un organismo attraverso fasi qualitativamente diverse; nell'evoluzione di un organismo non vi è un prima e un dopo omogeneo, ma solo delle fasi di transizione che si distinguono per il loro carattere, per la loro qualità. Attraverso la lettura dei flussi conformativi di un ambiente-organismo che si trasforma secondo processi dinamici, la nostra percezione del tempo potrebbe svincolarsi dalla misurazione astratta a favore di una lettura sensoriale delle trasformazioni della materia. La natura genera un mondo che ingloba il processo della sua evoluzione e tale processo è leggibile nella

sua morfologia allo stesso modo in cui è possibile risalire all'età di un albero leggendone gli anelli di accrescimento.

La nostra identità è data dalla nostra memoria e dalla selezione di ricordi fra infiniti potenziali, che scegliamo per costruire il nostro mondo interiore, con ogni probabilità le memorie che costituiscono l'identità storica di un uomo altro non sono che una selezione fra un numero incredibilmente grande di esperienze memorizzate. Dalla concreta infinità di eventi ed esperienze taluni sono stati scelti come significativi e questa significatività è stata naturalmente determinata da modelli convenzionali. Secondo tali convenzioni io non sono semplicemente ciò che sto facendo ora: sono anche ciò che ho fatto; e la mia versione convenzionale del passato è fatta in maniera da sembrare quasi più il reale «me stesso» di ciò che io sono in questo momento (Cfr. Watts, 2014 p. 22). In un universo senza tempo anche la memoria è solo una particolare conformazione geometrica di eventi.

Quale geometria sarebbe capace di descrivere un siffatto universo dove gli istanti di tempo si sovrappongono in un groviglio inestricabile? Forse dovremmo parlare di più universi che si sovrappongono in cui la geometria degli istanti è una geometria delle forme degli infiniti discreti universi. In tale circostanza ogni sequenza di immagini ne conterrebbe altre nascoste; la nostra coscienza percepirebbe solo alcune scelte e non altre.

Il fisico britannico Julian Barbour ipotizza che il vero scenario dello spaziotempo universale è lo spazio di tutte le sue possibili configurazioni, Platonìa è il nome che Barbour ha dato al suo universo eterno (Barbour 2005). Platonìa ha uno stato minimo di complessità  $\alpha$ , ma nessun  $\omega$  dato che la sua complessità può aumentare all'infinito. Ogni curva tracciata in Platonìa è una possibile storia dell'universo. In Platonìa esistono eternamente tutte le configurazioni possibili dell'universo. Tuttavia, queste configurazioni appaiono con diversa intensità. Vi è come una nebbia che si concentra sulle migliori soluzioni dell'equazione dell'universo, in un modo simile alla probabilità della meccanica quantistica. Le storie che hanno luogo sono quelle più coerenti. Tale coerenza interna si manifesta nella creazione di quello che Barbour definisce come capsule del tempo. Una capsula del tempo è un modello statico che crea un'illusione di movimento, la nostra impressione del tempo e del movimento è dovuta alle tracce lasciate che sono in realtà eterne, così come sono eterni i ricordi nella nostra coscienza, nient'altro che configurazioni di un universo statico di complessità infinita.

L'opera di Wagner *Tristano e Isotta* è generalmente considerata il culmine del movimento romantico nella musica. La relatività generale è il non plus ultra della dinamica. Detto più esplicitamente, il modo in cui due diversi 3-spazi sono incastrati nel suo nucleo ricorda due amanti che cerchino l'abbraccio più stretto possibile (...) È molto più di un semplice blocco quadridimensionale. Ovunque guardiamo, ci racconta la stessa grande storia, ma in innumerevoli varianti, tutte intrecciate in un arazzo di dimensione superiore (...) Guardando lo spaziotempo in un modo, vediamo *Tristano e Isotta* sospesi in cielo, come in un quadro di Chagall. Guardandolo in un altro modo, vediamo *Romeo e Giulietta*, e in un altro ancora *Eloisa e Abelardo*. Tutte queste coppie, ognuna delle quali perfetta in sé, risultano una dall'altra. Esse e le loro storie scorrono l'una attraverso l'altra. Creano un tessuto reticolato dello spaziotempo. (Barbour 2005 p. 178).

Barbour osserva che non dovremmo considerare la storia dell'universo come un viaggiatore che si muove lungo un percorso a velocità differenti. La storia dell'universo è semplicemente il percorso. Ciascun punto del percorso è una configurazione dell'universo. Ci è di aiuto uno schema semplificato composto da universo con soli tre corpi, in tale eventualità ciascuna configurazione è un triangolo. Il percorso equivale semplicemente ad una diversa configurazione dei triangoli. Tutte le configurazioni di tre corpi possono essere rappresentate da tutte le possibili forme di un triangolo. La geometria di tutti i possibili triangoli è la struttura dello spazio, all'interno del quale questi tre corpi devono muoversi. Le possibili relazioni tra quattro corpi, sono date da tutti i possibili tetraedri e così via, per numero di punti maggiori avremo spazi multidimensionali molto complessi. L'universo costituito dalle possibili posizioni di tre corpi, può essere agilmente visualizzato in tre dimensioni. Chiaramente è un modello molto semplificato, ma il concetto resta valido per numero di punti e dimensioni superiori.

Per spiegare il cambiamento basta una varietà di forme. Supponiamo di avere soltanto tre corpi nell'universo, tre particelle. Muovendosi, in ogni configurazione formano un triangolo diverso: è tutto ciò che possiamo dire, non ci sono altre informazioni, non c'è modo di dire quanto tempo passa tra due configurazioni. Questi istanti sono ciò che chiamo adesso. Si può vederla come una successione, ma non necessariamente tra un prima e un poi, tutto è potenzialmente qui, ora, non c'è una direzione necessaria come nel nostro tempo intuitivo. L'eternità e l'istante sono i due estremi e anche la stessa cosa. (Barbour 2005 p. 178)

L'universo di Barbour può essere interpretato come lo sfondo eterno dove ogni cosa accade, Karl Jaspers usa il termine *Umgreifende* (*il circondante*), per designare l'orizzonte infinito nel quale esiste illimitatamente l'esperienza oggettiva e soggettiva, un orizzonte che non si mostra mai, dove questa esperienza non può mai essere catturata razionalmente. La trascendenza non si manifesta come l'essere nel mondo dei fenomeni, essa continuamente si sottrae al pensiero che vuole comprenderla in termini incontrovertibili nell'unicità del significato del sensibile. Non se ne coglie l'essenza ma solo il suo linguaggio storicamente determinato. Conseguenza della teoria atemporale è che ogni agire è illusorio così è anche illusoria la nostra volontà di poter cambiare le cose, l'universo è in un certo senso completamente preordinato, noi scegliamo un percorso invece di un altro, ma già tutti i percorsi sono stati esplorati dalla nostra coscienza in un illusorio movimento della volontà.

Proviamo a capire cosa è questo movimento della volontà usando una metafora: immaginiamo di trovarci in una caverna completamente buia, non sappiamo nulla della caverna, del suo spazio e non sappiamo neanche di trovarci in una caverna, decidiamo di illuminare porzioni delle sue pareti con una torcia, scorgiamo allora la superficie della caverna, iniziamo a seguire con la luce le asperità della roccia, nel percorso scorgiamo le forme che vengono alla luce, percorriamo la superficie della caverna e in tale percorso, in questa scelta di percorrere quella traiettoria piuttosto che un'altra, la realtà della caverna si mostra. Stiamo interpretando la realtà secondo nostri nessi dettati dalla traiettoria che scegliamo, le forme della roccia a loro volta diventano riconoscibili assumendo sembianze di qualcosa che abbiamo già visto fuori dalla caverna, ma questo processo di scelta è in realtà un errare fra una cosa e l'altra, non sappiamo cosa ci aspetta, quale figura si forma nel procedere incerti con la luce della torcia. Nel procedere lasciamo che le cose si formino e si leghino le une alle altre man mano che la luce le rischiarava riportandole poi nel buio. Quella luce è il nostro linguaggio mediante il quale ogni uomo con una torcia potrà intendersi con ogni altro che in quel momento osserva la superficie della caverna. Ogni spazio portato alla luce è un essente e pertanto è eterno così come è eterna ogni nostra interpretazione di quello spazio. La volontà, nel suo procedere, sceglie fra la possibilità di percorsi a disposizione, la strada si fa innanzi man mano che la percorriamo.



Un altro esempio di tale meccanismo di scelta ci è dato dalle immagini ambivalenti in cui possiamo decidere alternativamente qual è la figura e qual è lo sfondo, in realtà l'immagine è lì nella sua completezza, sta a noi interpretarla di volta in volta in un modo o in un altro; l'immagine è sempre lì nella sua totalità.

Ora supponendo che ogni immagine del mondo sia composta in tal semplice modo, risulta chiaro che il nostro percorso fra un'immagine e l'altra comporti scelte continue fra figura-sfondo, e l'insieme di tali scelte determina la nostra globale visione del mondo. In realtà questa è una semplificazione, le possibilità di interpretazione sono innumerevoli. La scelta in ogni istante si riferisce sempre ad un particolare stato dell'essere e non altri, non ne possiamo cogliere la totalità nel medesimo istante. Ogni scelta interpretante è condizionata dalle scelte precedenti e in tal modo ogni cosa contiene traccia delle altre. La nostra totalità di stati non può essere colta simultaneamente, la vita di ognuno nella sua molteplicità di destini è già qui da sempre, sta a noi scegliere cosa seguire.

L'architetto Yona Friedman ha sviluppato, come corollario alla sua attività di creatore di spazi, una cosmologia per molti aspetti analoga a quella di Barbour; un mondo fisico costituito da uno «spazio granulare» (Friedman 2011) formato da granuli di dimensioni infinitesimali e separati fra loro da un luogo che non appartiene allo spazio, tutti i fenomeni osservabili nel mondo fisico sono solo una perturbazione che si propaga in questo spazio-materia. Applicando questa visione all'architettura e specificatamente alla città costruita, Friedman ne prevede una struttura di fondo-infrastruttura spaziale all'interno della quale gli abitanti possono realizzare i loro mini-universi provvisori: l'infrastruttura è permanente e garantisce le condizioni fisiche indispensabili quali la stabilità, l'accessibilità, l'alimentazione dei servizi non autonomi. La configurazione dei volumi, invece, è sempre mutevole. Secondo Friedman l'aspetto estetico della città spaziale sempre mutevole, è dato da una delle forme possibili in una serie infinita di possibilità, passando continuamente da una forma all'altra. «Universo, società, città, sono manifestazioni dello stesso modello, un modello immaginario che appare essenziale alla nostra capacità di immaginare: una struttura di fondo il cui contenuto viene continuamente trasformato da agenti individuali unici» (Friedman 2011 p. 98).

### 3.8 Il cavallo di Muybridge

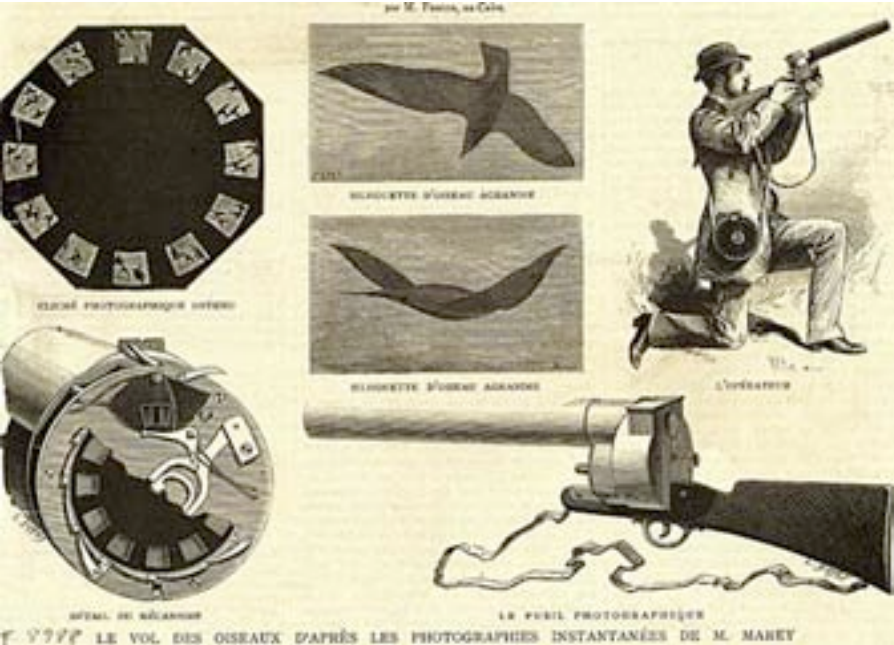
Un interessante esperimento sulla percezione del movimento apparente venne effettuato negli anni Settanta del Novecento secolo dai fisiologi Paul Kolers e Michael von Grünau. L'esperimento, noto come effetto phi, consisteva nel far osservare due punti di luce proiettati in rapida successione su una superficie bianca di fronte ad una persona che doveva poi riferire cosa avesse visto in realtà. Per tutte le persone sottoposte all'esperimento l'effetto finale era uno spostamento di un punto luminoso da una posizione A ad una posizione B. Immaginiamo di guardare uno schermo bianco, all'inizio un punto di luce lampeggia sullo schermo e poi si spegne, dopo una frazione di secondo lampeggia un secondo punto spostato rispetto al primo, quello che percepiremo sarà un singolo punto che si sposta da una posizione all'altra. Questa illusione descrive bene quello che vediamo quando guardiamo un film in televisione, senza questa illusione percettiva vedremmo solo immagini intermittenti. Questo esperimento non rappresentò una novità assoluta nel campo della percezione e dell'illusione del movimento. Prima della scoperta della fotografia non si possedevano altri mezzi per poter vedere la realtà rallentando o addirittura fermando il tempo scomponendolo in singoli attimi. Questa impossibilità di vedere oltre poneva quesiti a volte curiosi quale ad esempio capire come un cavallo in corsa sollevasse tutte le zampe da terra in un preciso istante della sua corsa: la velocità di movimento del cavallo non permette all'occhio nudo di discernere l'esatto movimento. Sembrava non vi fosse sistema per poter dirimere il mistero fino al 1878 quando Eadweard Muybridge fotografò con successo un cavallo in corsa utilizzando 24 fotocamere, sistemate parallelamente lungo il tracciato. Ogni singola macchina veniva azionata da un filo colpito dagli zoccoli del cavallo. La sequenza di fotografie chiamate *The Horse in motion* mostrò come gli zoccoli si sollevassero dal terreno contemporaneamente, ma non nella posizione di completa estensione, come era comunemente raffigurato.

### 3.9 Il fucile fotografico

Il passo successivo fu ricercare strategie per poter fare fotografie a intervalli di tempo ravvicinati con un unico apparecchio, e in questa direzione va collocata l'invenzione del fucile fotografico. Era il 1882



Eadweard Muybridge, *The Horse in motion* 1878.



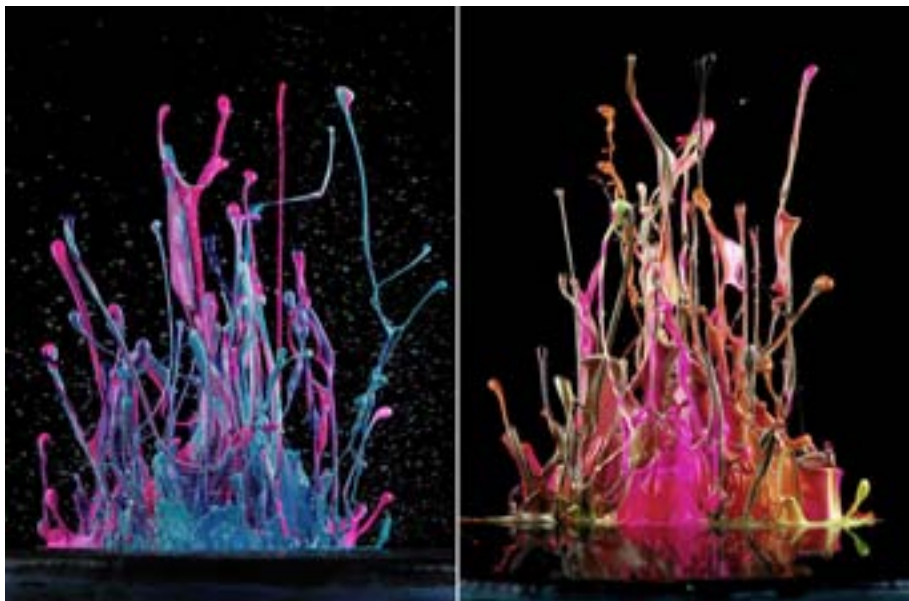
Étienne-Jules Marey, il fucile fotografico.

quando il fisiologo francese Étienne-Jules Marey catturò le sue prime immagini nel Golfo di Napoli, guadagnandosi l'appellativo di «matto» in quanto soddisfatto di sparare agli uccelli senza ucciderne nemmeno uno!

Diventò famoso per i suoi studi fotografici sul movimento dei cavalli e degli uccelli. Trovandosi di fronte al problema di dover catturare immagini nel minor tempo possibile (quali appunto un cavallo al galoppo o un uccello in volo) ideò e realizzò il *fucile fotografico*. Lo strumento funzionava come un normale fucile da caccia, ma era dotato di lastre fotografiche circolari od ottagonali poste in una piccola camera oscura, mentre la canna fungeva da mirino e all'interno di essa era collocato l'obiettivo. Le sue esperienze furono di fondamentale importanza per la progettazione aeronautica in quanto il volo degli uccelli era finalmente descritto nei minimi particolari. La sua «arma» era capace di catturare 12 fotogrammi al secondo. Marcel Duchamp si servì degli esperimenti di Marey e di Eadweard Muybridge per creare il suo famoso «Nudo che scende le scale», escogitando una rappresentazione del movimento colto nella sua staticità; al contrario delle opere cubiste e futuriste, nell'opera di Duchamp non vi è nulla di dinamico, il mondo della figura che scende le scale è perfettamente statico come il modello di Barbour:

Nel nudo che scende le scale ho voluto creare un'immagine statica del movimento: Il movimento è un'astrazione, una deduzione articolata all'interno del quadro senza essere tenuti a sapere se un personaggio reale scende o non scende una scala altrettanto reale. In fondo, il movimento è l'occhio dello spettatore che lo incorpora al quadro. (Duchamp 2009 p. 49).

Recentemente, il fotografo e artista multimediale Steven Sebring, ispirato dal lavoro di Muybridge si è servito di una cupola geodetica attrezzata con un centinaio di macchine fotografiche digitali disposte lungo una rotaia circolare nel suo studio di New York City per catturare il movimento di una figura secondo una visione a 360 gradi senza soluzione di continuità «congelando» tutto il movimento di un preciso istante. Il Rig 4d, così l'artista ha denominato la sua macchina, è capace di catturare il movimento di una figura in ogni attimo restituendone un'immagine quadrimensionale.



*Le sculture sonore di Martin Klimas.*

### *3.10 Le sculture sonore di Martin Klimas*

Goethe disse che l'architettura è musica congelata; il pensiero di Goethe può essere esteso a qualsiasi forma, ogni cosa ha una sua coerenza e armonia interna che la diversifica da ogni altra, e così come una composizione musicale, le cose di questo mondo materiale sono costituite tutte dagli stessi atomi che danzano armonie diverse assumendo sempre nuove configurazioni. L'accostamento dei colori ai suoni, delle forme alle armonie, va oltre la sinestesia sensoriale e sembra essere essenza costitutiva dell'intero universo. Il compito dell'artista è quello di tradurre una cosa in un'altra per apprezzarne i rapporti. Eppure la musica sembra così evanescente, ha un inizio e una fine, si disperde nello spazio e nel tempo, ma se per un attimo pensiamo che il tempo sia solo una nostra tenace illusione allora possiamo «vedere» ogni composizione musicale come forma e viceversa. Martin Klimas indaga proprio questo potenziale di forma che possiede la musica. Ferma il tempo attraverso riprese e fotografie che colgono l'attimo in cui il suono diventa forma. Un lavoro che ci permette di capire il mondo inteso come indissolubile armonica unità che si sviluppa nello spaziotempo. Quelle immagini colte in frazioni di secondo ricordano il concetto di tempo illusorio di Julian Barbour secondo il quale semplicemente il tempo non esiste, ma

esiste solo il passaggio da un «fotogramma» a un'altro, una sequenza di fotogrammi eterni oltre quello che grossolanamente percepiamo.

Il metodo di Klimas è apparentemente semplice: posiziona dei colori liquidi su una membrana tesa su un altoparlante e fa andare la musica - i brani di Karlheinz Stockhausen, di Miles Davis o degli Kraftwerk per esempio - la vibrazione del diffusore fa schizzare la vernice in alto, ed è in quegli attimi che Klimas cattura fotogrammi dello spaziotempo attraverso la lente della sua Hasselblad. Le onde sonore prodotte dall'altoparlante creano schizzi di colore la cui forma e dimensione cambia al variare del brano eseguito creando delle istantanee spaziotemporali del suono che diventa forma nello spazio.

# INTERMEZZO

## *Dante nell'iperspazio*

La geometria non euclidea è necessaria per visualizzare la forma dello spazio così come prevista dalla teoria della relatività; il nostro universo - come conseguenza dello spaziotempo einsteiniano - è un'ipersfera senza nessun centro e senza nessun bordo limite. Già nel 1584 Giordano Bruno descrisse un universo ipersferico nella sua *De la causa, principio e uno* : «Possiamo affermare con certezza che l'universo è tutto esso centro, o che il centro dell'universo sia dappertutto e la sua circonferenza in nessun luogo».

Il nostro immaginario dimensionale inizia da un punto a zero dimensioni fin no ad inoltrarsi nell'infinito. Per quanto un punto a zero dimensioni sia un'astrazione esso è creduto il punto di partenza, l'origine dell'intero universo. Tutto avrebbe avuto inizio da una dimensione zero che rappresenta l'occhio della creazione, l'alfa dal quale tutto è possibile cogliere e che, in quanto dimensione invalicabile, pone il limite iniziale al senso delle cose. È il punto designato dalla prima lettera dell'alfabeto della lingua sacra e nella Cabala è il luogo della conoscenza totale, il punto in cui si può vedere la pienezza di senso del tutto. Louis Pauwels e Jacques Bergier, fautori di quel realismo fantastico che si propone come metodo di lavoro per esplorare sentieri sconosciuti, lo descrivono come il punto al di là dell'infinito:

Un luogo privilegiato da cui tutto l'universo si svela. Basterebbe che un osservatore si trovasse in questo luogo privilegiato e in un lampo

gli apparirebbe l'insieme dei fatti, lo spazio e il tempo si rivelerebbero nella totalità e nel significato ultimo dei loro aspetti. (Pauwels e Bergier, 2003 p. 483).

Dante Alighieri immaginò di trovarsi in questo punto oltre l'infinito e lo descrisse con dovizia di particolari e impareggiabile poesia; i luoghi della Divina Commedia, non sono nel nostro spazio ordinario a tre dimensioni; come è stato rilevato per la prima volta da Pavel A. Florenskij<sup>23</sup> nel 1921, il viaggio di Dante si svolge in un piano ellittico che ha la particolarità di essere unilatero. Florenskij nota anche che già i matematici Halsted nel 1905, Weber nel 1905 e Simon nel 1912 avevano rilevato in Dante un presagire la geometria non euclidea, ad esempio quando re Salomone è ansioso di sapere dal Signore che gli è apparso:

O se del mezzo cerchio far si puote  
Triangol sì ch'un retto non avesse.

#### Paradiso XIII

Florenskij si spinge ancora oltre e in un commento al canto XXXIV dell'Inferno descrive la GEOMETRIA DELL'UNIVERSO dantesco:

...Il poeta arriva alla montagna del Purgatorio e sale poi attraverso le sfere celesti. Il problema è: seguendo quale direzione? Il cammino sotterraneo dal quale sono saliti è quello segnato dalla caduta di Lucifero, gettato giù dal cielo con la testa in avanti. Perciò il luogo dal quale è caduto non si trova da qualche parte in cielo, nello spazio che circonda la terra, ma proprio dalla parte dell'emisfero da cui sono giunti i poeti. La montagna del Purgatorio e Sion, diametralmente opposti tra loro, sono sorti come effetto di quella caduta e la via al cielo segue la linea della caduta di Lucifero, ma in senso inverso. Così Dante va sempre dritto e nel cielo è rivolto con le gambe verso il luogo della sua discesa. Guardando dall'Empireo alla gloria di Dio egli si trova insomma senza tornare indietro a Firenze (...). Andando avanti secondo una linea dritta e voltando solo una volta, il poeta torna nel luogo di prima nella stessa posizione in cui era partito da essa. Perciò, se non avesse invertito il cammino lungo la strada, arriverebbe direttamente al luogo della partenza con le gambe in alto. Questo significa che la superficie sulla quale si muove

<sup>23</sup> Pavel A. Florenskij (1882-1937), fisico e matematico, filosofo e teologo, è una delle figure più singolari del pensiero dei primi decenni del XX secolo.





Gustave Doré, Illustrazione per il Canto XXXI Paradiso della *Divina Commedia* di Dante Alighieri 1861-1868.

Dante è tale che il movimento in linea retta con un solo cambiamento di direzione permette di tornare al punto di partenza nella posizione dritta e il movimento dritto senza inversione riporta il corpo rovesciato al punto di partenza. È evidente che questa superficie che include linee chiuse e diritte, è una superficie ellittica; e poiché inverte la direzione della linea ad essa perpendicolare, è una superficie a una sola faccia. Queste due circostanze sono sufficienti per caratterizzare geometricamente lo spazio dantesco come spazio costruito secondo una geometria ellittica (...) Nel 1871 F. Klein ha dimostrato che la superficie sferica ha il carattere di una superficie a due facce, mentre quella ellittica è una superficie a una sola faccia. Lo spazio dantesco è appunto simile a quella ellittico. Questo getta una luce inattesa sul modo in cui nel Medioevo era concepito il mondo. In base al principio della relatività queste considerazioni geometriche di carattere generale hanno avuto da poco un'inaspettata conferma concreta e dal punto di vista della fisica moderna lo spazio del mondo va inteso proprio come spazio ellittico e si considera come finito così come finito e chiuso in sé il tempo (Florenskij 2007 pp. 282-283).

La disanima di Florenskij, densa di considerazioni penetranti, porta alla luce un universo dantesco in sintonia con la geometria di Riemann e dotato di quella complessa struttura spaziale che sarà teorizzata compiutamente soltanto molti secoli dopo. Una visione poetica raggiunge e anticipa la complessità della geometria futura. Non è un caso che la visione di un poeta coincida con la scoperta di un matematico, il confine fra creazione e «scoperta» è, allora, quanto mai sfumato. Tutto ci porta a pensare che anche la «scoperta» sia una forma di creazione.

## 4. ARTE, RELATIVITÀ E QUARTA DIMENSIONE

### 4.1 *Cubismo e Futurismo*

Non possiamo avere una percezione diretta né della simultaneità né dell'eguaglianza di due intervalli di tempo. Le persone che credono di poterci riuscire sono soltanto vittime di un'illusione.

Henri Poincaré

La divulgazione dei principi della relatività nel 1919 funzionò da vero e proprio detonatore culturale e intellettuale in ambiti estranei alla scienza che congetturarono intorno alle ripercussioni della nuova visione della realtà fisica sulla produzione artistica e letteraria. Artisti e critici iniziarono a parlare di geometrie non euclidee, di spaziotempo e della presenza di una quarta dimensione intesa in modo del tutto nuovo rispetto alla quarta dimensione teorizzata in tutto il XIX secolo. Il 1907 segna la nascita di una nuova interpretazione della realtà con *Les demoiselles d'Avignon* di Pablo Picasso che è l'opera paradigmatica che dà l'avvio al cubismo.

Poeti, pittori e critici proclamarono l'esistenza di nuovi mondi e di nuove tecniche per rappresentare la realtà allontanandosi dalla visione prospettica che bloccava l'osservatore in un unico punto di vista immobile. Con non poche imprecisioni artisti e critici interpretarono il principio di simultaneità relativistico come lo strumento adatto a scardinare una volta per sempre la visione statica nello spazio e nel tempo; finalmente si poteva rappresentare la realtà non più secondo il punto di vista artificioso e inumano della prospettiva rinascimentale. La poetica cubi-

sta incarnava perfettamente questo ideale rivoluzionario. Ma si trattò spesso di una superficiale se non errata interpretazione della teoria della relatività ristretta. Ancora negli anni quaranta quando la teoria era stata sviluppata, verificata ed enucleata in molti suoi aspetti tale da risultare chiara anche ai non addetti ai lavori, Sigfried Giedion in un suo celebre libro *Spazio tempo e architettura* pubblicato nel 1941 così si esprime generando equivoci per intere generazioni a venire:

Il Cubismo rompe con la prospettiva rinascimentale. Considera gli oggetti in modo relativo: cioè, da parecchi punti di vista, nessuno dei quali ha il predominio esclusivo. E, sezionando così gli oggetti, li vede simultaneamente da tutti i lati, da sopra e da sotto, dall'interno e dall'esterno. Muove intorno e dentro gli oggetti. In tal modo, alle tre dimensioni rinascimentali, ritenute valide quali fondamenti costitutivi attraverso tanti secoli, se ne aggiunge una quarta – il tempo (...). La rappresentazione degli oggetti da parecchi punti di vista introduce un principio che è intimamente legato alla vita moderna – la simultaneità. È una coincidenza cronologica che Einstein abbia cominciato la sua celebre opera *Sulla elettrodinamica dei corpi in moto* del 1905 con un'accurata definizione della Simultaneità. (Giedion, 1953 p. 431).

Chiunque, anche senza un'approfondita conoscenza della teoria della relatività, può facilmente accorgersi della inesattezza insita nella dichiarazione di Giedion nel suo *Spazio tempo e architettura*<sup>24</sup>, infatti, richiamando quanto già detto, secondo la teoria della relatività il concetto di simultaneità che implica l'accadere di un evento nel medesimo istante non ha significato universale; l'«adesso» di un osservatore può risultare appartenente al passato o al futuro di un altro osservatore. Ed inoltre la presunta simultaneità può osservarsi empiricamente solo per le distanze molto ridotte della nostra scala umana e in questo caso la teoria della relatività non mostra affatto gli effetti dei suoi enunciati; per tali ambiti spaziotemporali è sempre valida con una approssimazione molto buona la meccanica newtoniana. Lo spaziotempo di Einstein non è uno spazio tridimensionale con l'aggiunta della dimensione tempo, ma un continuo quadridimensionale che non può essere suddiviso in sezioni contenenti eventi simultanei; «Il termine *adesso* perde per il mondo spazialmente esteso il suo significato oggettivo. È a causa di ciò

<sup>24</sup> Libro che a quanto pare Einstein giudicasse *scheisslich* - merdoso. cfr. Schapiro 2003, p. 81.

che lo spazio e il tempo debbono venir considerati come un continuo quadridimensionale che è oggettivamente inscindibile, se si desidera esprimere il contenuto delle relazioni oggettive senza un'inutile arbitrarietà convenzionale» (Einstein 2011 p. 306).

Queste semplici considerazioni sono già sufficienti a togliere ogni dubbio sulla corrispondenza didascalica fra i contenuti della teoria e gli azzardati proclami dei critici e degli artisti del Cubismo.

Erwin Panofsky incorre in un equivoco simile quando per spiegare l'influsso del pensiero di Einstein sull'arte scrive:

Solo con Picasso e i suoi seguaci, dichiarati o meno, è stata tentata l'apertura alla quarta dimensione temporale di modo che gli oggetti cessino di essere determinabili con tre sole coordinate e possano presentarsi in un numero indefinito di aspetti e in tutti gli stati del loro divenire o disintegrarsi.<sup>25</sup>

Lo storico dell'arte Meyer Schapiro è a tal riguardo assolutamente lapidario:

L'interpretazione dell'arte cubista offerta da Siegfried Giedion si basa su una lettura non corretta dei dipinti e della teoria fisica. La sua sommaria osservazione sulla simultaneità cubista ed Einstein è in sé sufficiente per screditare la sua citazione di Einstein rivolta ad un'analogia con l'arte cubista.(...) Giedion ritiene che il pittore cubista avvisti l'oggetto o le sue parti in modo separato prima di ogni pennellata e, quindi, evochi il tempo come dimensione percepita. Lui ignora che nel lavoro finito di un'artista, è assente ogni spunto di ordine temporale derivante dai supposti avvistamenti successivi dell'oggetto e delle sue parti. Dal frazionarsi, intersecarsi e sovrapporsi dei piani, con cui ricostruire l'oggetto rappresentato sulla tela, non è possibile desumere una scansione inequivocabile dei punti nel tempo – cioè una dimensione temporale – né la mutevole posizione di un osservatore. Percepite come un insieme simultaneamente presente, le parti del dipinto non risvegliano negli spettatori alcuna qualità di tempo vissuto – la durata - come una successione continua, né ci permettono di dedurre dalle pennellate alcuna sequenza ordinata di istanti discontinui, discernibili tra il prima e il dopo. (Shapiro 2003, p. 88-89).

<sup>25</sup> Erwin Panofsky, «Early Netherlandish Painting» in Shapiro 2003, p.83.

Una posizione critica ribadita efficacemente anche dalla statunitense Linda Dalrymple Henderson:

L'errore degli storici dell'arte che si sono occupati di Cubismo e teoria della relatività è stato quello di ritrovare nella letteratura cubista del 1911 e del 1912 l'equivalente dello sviluppo in fisica di un continuum spazio-temporale non-euclideo che non venne mai completato sino al 1915 o 1916. L'assenza del termine quarta dimensione dalla teoria della relatività fino al 1908 e l'assenza di una geometria non-euclidea fino a circa il 1916, fanno supporre che sia fortemente discutibile una possibile influenza della teoria della relatività sul Cubismo. (Henderson 1983).

Nel 1946 Lo storico dell'arte Paul Laporte sottopose ad Einstein un articolo volto a validare la tesi del rapporto fra Cubismo e teoria della relatività, citando, fra gli altri, anche il punto di vista di Giedion. La risposta di Einstein fu inequivocabile:

Io trovo il suo paragone alquanto insoddisfacente. Se trascuro il valore pratico di una scienza, posso vedere qualcosa di analogo nell'attività scientifica e in quella artistica. Entrambe si sforzano di trarre dalle parti un insieme che in sé non è chiaro, ma in modo tale che l'ordine sottostante quella ricomposizione produce distinzione e chiarezza. La distinzione e la chiarezza così raggiunte ci danno una soddisfazione profonda. Ciò si realizza tanto nell'arte quanto nella scienza. Nella scienza il principio ordinatore che produce unità è il nesso logico, mentre nell'arte il principio ordinatore resta ancorato nell'inconscio. Nella seconda si tratta sempre di modi tradizionali di connessione, ai quali chi vive in quella tradizione avverte di dover acconsentire così come la mentalità scientifica consente al nesso logico. L'essenza dei tradizionali modi di connessione in arte è chiaramente visibile nelle forme semplici dell'arte, ad esempio nella melodia musicale e nell'ornamento che si basa su una regolarità capita intuitivamente. In entrambi i casi, i mezzi con cui effettuare la lucidità sono percepiti come necessari, in modo simile all'inferenza logica in matematica. Con altre forme più complesse dell'arte quei mezzi basilari con cui produrre lucidità o unità sono capiti meno facilmente. Un'opera d'arte può dunque essere esperita e valutata come tale solo da coloro in cui rilevanti modi tradizionali di connessione sono ancora vivi [...] riguardo al paragone nel suo scritto, l'essenza della teoria della relatività vi è stata compresa in modo incorretto, posto che l'errore sia stato suggerito dai tentativi di divulgazione. Per la descrizione di uno stato di cose si usa quasi sempre un singolo sistema coordinato. La teoria dice solo che le leggi generali sono tali che la loro forma non dipende dalla scelta del sistema di coordinate.

Tuttavia, tale requisito logico non ha nulla a che vedere con i modi in cui il singolo caso specifico è rappresentato. Per la sua rappresentazione non è richiesta una molteplicità di sistemi coordinati. È sufficiente descrivere matematicamente il tutto con riferimento a un solo sistema di coordinate. Ciò è così diverso nei quadri di Picasso che non mi ci devo soffermare oltre [...] Questo nuovo linguaggio artistico non ha nulla in comune con la teoria della relatività. (Shapiro 2003 p. 228).

Einstein rifiuta la pretesa traduzione di una teoria scientifica in uno stile pittorico tracciandone sia i punti di contatto ravvisati nella comune necessità di lucidità e di ordine così come le divergenze consistenti in una forma di linguaggio totalmente differente che porta a risultati anch'essi diversi, la scienza parla attraverso la logica mentre l'arte procede dall'intuizione inconscia secondo una continuità visiva e concettuale con la produzione ad essa precedente. Posizioni inconciliabili dunque nella visione deterministica di Einstein.

Dall'altro canto Picasso così si espresse in merito:

Hanno cercato di spiegare il Cubismo con la matematica, la trigonometria, la chimica, la psicanalisi, la musica e non so cos'altro ancora. Tutto questo è stato solo letteratura, per non dire che sono state sciocchezze, che non hanno fatto altro che annoiare la gente. Il Cubismo è stato solo un problema di pittura. Abbiamo dato alla forma e al colore un significato autonomo, tutto qui.<sup>26</sup>

Nelle pagine precedenti abbiamo visto come le congetture e le speculazioni sulla quarta dimensione fossero diventate di gran moda nei circoli culturali di fine secolo ben prima della formulazione della teoria della relatività, le elucubrazioni sulla quarta dimensione ben si confacevano all'altra moda del tempo rappresentata dall'occultismo. La miscela di concetti quali le geometrie non euclidee e dimensioni superiori condite con una buona dose di occultismo fu uno degli ingredienti principali di ispirazione per l'arte del Novecento.

Scriveva nel 1913 Guillaume Apollinaire:

Sino ad oggi, le tre dimensioni della geometria euclidea bastavano alle inquietudini che il sentimento dell'infinito mette nell'animo dei grandi artisti. I nuovi pittori non più degli antichi si son proposti d'essere geometri. Ma si può dire che la geometria sta alle arti plasti-

<sup>26</sup> Sull'argomento cfr. Shapiro 200. Il testo italiano della citazione proviene da <http://www.giovaniantisti.it/articoli/un-mondo-fatto-cubi-ferrara>.

che quanto la grammatica all'arte dello scrittore. Oggigiorno gli scienziati non si attengono più alle tre dimensioni della geometria euclidea. I pittori sono stati indotti molto naturalmente e, diciamo, per intuito a preoccuparsi delle possibili nuove misure dello spazio che nel linguaggio degli studi moderni veniva designato nel complesso e brevemente col termine di quarta dimensione. Così come si presenta alla mente, dal punto di vista plastico, la quarta dimensione trarrebbe origine dalle tre misure note: essa sta a rappresentare l'immensità dello spazio che si fa eterno in ogni direzione d'un determinato momento. Essa è lo spazio medesimo, la dimensione dell'infinito; è essa che assicura plasticità agli oggetti.<sup>27</sup>

In questo scritto Apollinaire non fa nessun riferimento alla teoria di Einstein quanto alle precedenti idee sulla quarta dimensione e sulle geometrie non euclidee. D'altro canto, quel che sembra certo è che le idee di Poincaré furono molto popolari tra gli intellettuali e gli artisti dell'epoca, il suo libro più celebrato *La scienza e l'ipotesi* fu spesso citato da critici e artisti nonché molto amato dallo stesso Einstein.

È bene precisare che i pittori cubisti non applicano le nuove geometrie in modo didascalico, non vi è traduzione del linguaggio scientifico nel linguaggio artistico. Rappresentare la quarta dimensione con gli occhi della scienza non è lo scopo del Cubismo. Anche se molti dipinti si avvicinano allo sviluppo quadridimensionale degli oggetti, questo è un mezzo e non il fine della raffigurazione. La volontà è quella di rompere con la tradizione che vuole lo spazio rappresentato secondo le tre dimensioni spaziali con l'ausilio di artifici tecnici quali la profondità suggerita dal chiaroscuro e dalla costruzione prospettica secondo la geometria euclidea.

La pittura cubista fa a meno della rappresentazione della profondità, sottolineando il supporto della tela bidimensionale. Lo spazio pittorico è ridotto di una dimensione piuttosto che aumentato. Il mondo che siamo abituati a vedere in tre dimensioni è appiattito sulla superficie della tela. Non ci sono vuoti, lo spazio diventa solido. La profondità è solo un'illusione e va eliminata. Gli influssi del pensiero scientifico del tempo sugli esiti della pittura cubista sono comunque di più che una semplice coincidenza; la volontà del Cubismo di superare lo schema della rappresentazione tridimensionale aveva lo scopo di avvicinare l'osservatore verso una comprensione della realtà attuata mediante una vi-

<sup>27</sup> Guillaume Apollinaire, *Les peintres cubistes, Figuières*, Paris 1913; tr. it. *I pittori cubisti. Meditazioni estetiche*, Abscondita, Milano 2003, citato in F. Russoli, *La struttura del reale nella visione cubista*, Fabbri, Milano 1967, pp. 3-4.



sione sia concettuale che intuitiva. Nel mondo scientifico molti ritenevano che il sistema per raggiungere la piena comprensione del mondo delle dimensioni addizionali implicasse la rottura dei confini della nostra comprensione tridimensionale. Nella sua opera *scienza e metodo*, Poincaré scriveva: «La caratteristica proprietà dello spazio, ovvero quella di avere tre dimensioni è per così dire una proprietà soggettiva dell'intelligenza umana».

Ci si può interrogare sulla necessità e sulla validità di una visione unitaria del mondo dove arte e scienza si intersecano nel reciproco rafforzare un'unica visione; non è difficile scoprire che in ogni momento storico emerge da qualche parte la necessità di avere una visione coerente del mondo. Un modello coerente non è dato solo dal modello scientifico, ma dall'integrazione e dalla coincidenza di tutte le arti e di tutte le scienze, si tende ad una stabilità di visione che è di per sé irraggiungibile perché ogni visione e ogni conoscenza è di per sé dinamica. Vediamo allora come i punti di discontinuità della visione coerente, i momenti di incoerenza creano incertezze e spingono la massa coerente della conoscenza verso altre forme stabili.

Il filosofo Henri Bergson sostiene che la coscienza umana sperimenta lo spazio e il tempo come in continua evoluzione ed in modo eterogeneo. Con il passare del tempo, l'uomo accumula nella sua memoria un archivio di percezioni sul mondo esterno e visibile, e questa esperienza accumulata diventa la base della conoscenza concettuale del mondo secondo il punto di vista dell'osservatore. Al contrario, l'intelletto o facoltà razionante rappresenta sempre il tempo e lo spazio come omogeneo. La percezione intellettuale conduce ad una rappresentazione fondamentalmente falsa della natura delle cose dato che in natura nulla è mai assolutamente immobile; l'universo è in uno stato di costante cambiamento o di flusso. Un osservatore vede un oggetto e il suo ambiente circostante come un continuum, fondendo le sue immagini l'una nell'altra. Il compito della metafisica, secondo Bergson, è quello di trovare modi per catturare questo flusso di realtà che trova suo teatro nella coscienza.

Oltre il Cubismo, che contempla forme statiche, il Futurismo pone il movimento e la simultaneità come principi ispiratori di una nuova arte al passo con i tempi che avrebbe coniugato scienza e tecnica, gli assunti teorici dell'avanguardia scientifica con i coevi progressi tecnologici, segnando in tal modo l'avvento della velocità e del dinamismo quali caratteri predominanti della nuova società. Jean Metzinger nel

1911 ribadiva la differenza fra la staticità del Cubismo e la nuova arte dinamica:

I cubisti hanno già sradicato il pregiudizio che obbligava il pittore a rimanere immobile di fronte all'oggetto, ad una distanza costante da esso, e a fissare sulle tele niente di più di un'immagine fotografica. Si sono permessi di muoversi intorno all'oggetto per darne, sotto il controllo dell'intelligenza, una concreta rappresentazione formata da diversi successivi aspetti (...) Prima di oggi un dipinto padroneggiava solo lo spazio, oggi vive anche nel tempo. Questi pittori sono consapevoli del miracolo che si ottiene quando la superficie di un dipinto produce spazio, e non appena una linea minaccia di assumere un'importanza descrittiva o decorativa, la spezzano. Elementi di luce e ombra, distribuiti in modo tale che l'uno generi gli altri, giustificano queste rotture in termini plastici; l'armonizzazione delle rotture crea il ritmo.<sup>28</sup>

Superamento della staticità del Cubismo quindi, mantenendone la visione antiprospettica e sperimentando la compenetrazione degli oggetti nello spazio e nel tempo. La simultaneità di impressioni elementari determina una nuova relazione fra le forme secondo un'organicità che risponde alla volontà di integrazione della parte con il tutto. Il dinamismo è affrontato nel manifesto tecnico dell'11 aprile 1910 e firmato da Umberto Boccioni, Carlo Dalmazzo Carrà, Giacomo Balla, Gino Severini e Luigi Russolo:

Il gesto per noi, non sarà più un momento fermato del dinamismo universale: sarà, decisamente, la sensazione dinamica eternata come tale. Tutto si muove, tutto corre, tutto volge rapido. Una figura non è mai stabile davanti a noi ma appare e scompare incessantemente. Per la persistenza dell'immagine nella retina, le cose in movimento si moltiplicano, si deformano, susseguendosi, come vibrazioni, nello spazio che percorrono. Così un cavallo in corsa non ha quattro gambe: ne ha venti e i loro movimenti sono triangolari. Tutto in arte è convenzione, e le verità di ieri sono oggi, per noi, pure menzogne. Lo spazio non esiste più: una strada bagnata dalla pioggia e illuminata da globi elettrici s'inabissa fino al centro della terra. Il Sole dista da noi migliaia di chilometri; ma la casa che ci sta davanti non ci appare forse incastonata dal disco solare? Chi può credere ancora all'opacità dei corpi, mentre la nostra acuita e moltiplicata sensibilità ci fa intuire le oscure manifestazioni dei fenomeni medianici?

<sup>28</sup> Jean Metzinger, «Cubism et Tradition», *Paris-Journal*, 16 aug. 1911 citato in E. F. Fry, *Cubismo*, Mazzotta, Milano 1967, p. 91.

Perché si deve continuare a creare senza tener conto della nostra potenza visiva che può dare risultati analoghi a quelli dei raggi X?

Lo spaziotempo futurista è soprattutto psicologico, apre alla percezione e alla possibilità di esaltarla attraverso un nuovo modo di vedere il mondo dettato dal progresso della scienza e della tecnica. L'agire è all'insegna della dinamica universale e l'affermazione futurista «il moto e la luce distruggono la materialità dei corpi», richiama poeticamente gli assunti delle teorie fisiche del periodo.

Filippo Tommaso Marinetti che elabora la sua filosofia dello spaziotempo rapportandosi al pensiero di Bergson, di Nietzsche e di Schopenhauer; fu influenzato sicuramente dagli studi sulla quarta dimensione, ma è poco probabile che nel 1909 avesse notizia delle implicazioni della teoria della relatività che all'epoca era conosciuta solo da pochi addetti ai lavori.

La poetica futurista paradossalmente si avvicina alle implicazioni meno spettacolari della teoria della relatività, le implicazioni filosofiche sul concetto di luogo e di velocità che emergono in modo meno palese sono ben riassunte nel pensiero di Ernst Cassirer, che nel suo commento alla teoria ne deduce che il luogo non è nulla, e nella natura si dà solo una diversità nella posizione reciproca dei corpi:

Il luogo non esiste e non esercita alcuna forza e inoltre la velocità di un sistema materiale è qualcosa di più di un semplice fattore di calcolo; non solo appartiene al sistema, ma essa sola ne definisce la realtà, determinandone la forza viva, cioè la misura della sua efficacia dinamica. Lo stato del movimento diventa il tratto autentico della realtà fisica, non come semplice grandezza relativa, ma come elemento essenziale del sistema in movimento. (Cassirer 2015 p. 25).

Il Cubismo e il Futurismo rendono visibile lo spazio psicologico dato dalla percezione e dalla rappresentazione del movimento; uno scritto di Poincaré del 1913 sembra riassumere bene questo nuovo modo di concepire lo spazio:

Cos'è in pratica questo preteso senso dello spazio? Quale esperimento eseguiamo quando vogliamo sapere se un animale lo possiede? Gli mettiamo vicino degli oggetti che desidera, e osserviamo se è in grado di compiere senza incertezze i movimenti necessari per raggiungerli. E come ci accorgiamo che le altre persone sono dotate di questo prezioso senso dello spazio? Ce ne accorgiamo dal fatto che anch'esse sono in grado di contrarre opportunamente i muscoli per raggiungere oggetti la cui presenza è loro segnata da alcune sensazioni. Cos'altro troviamo quando sperimentiamo il senso dello spazio nella

nostra coscienza individuale? Anche qui, di fronte a varie sensazioni, sappiamo che potremmo fare dei movimenti con cui raggiungere gli oggetti che consideriamo causa di queste sensazioni, e agire così su queste sensazioni, farle sparire o renderle più intense; la sola differenza è che senza rendercene conto, non abbiamo bisogno di compiere effettivamente questi movimenti, ma è sufficiente che ce li rappresentiamo.<sup>29</sup>

#### 4.2 Duchamp

Mi sono servito della pittura, dell'arte, per stabilire un *modus vivendi*, una specie di metodo per capire la vita; cercare cioè per il momento di fare della mia vita un'opera d'arte, invece di passarla a creare quadri o sculture. Ora, penso che si possa usare il proprio modo di respirare, di agire e di reagire agli altri (...) Si può trattarli come un quadro, un *tableau vivant*, o un'immagine cinematografica, se volete. Sono le mie conclusioni di adesso, che non ho né voluto né organizzato quando avevo 15 o 20 anni, ma mi rendo conto ora, dopo molto tempo, che in fondo è a questo che ho mirato.

Marcel Duchamp

Uno dei primi lavori significativi di Marcel Duchamp, «Dulcinea» del 1911, raffigura una donna sotto cinque angolazioni diverse, è un'opera che lascia presagire gli esiti formali del *Nudo che scende le scale*. Una tecnica cubista in movimento dove l'aspetto romantico della raffigurazione cubista viene abbandonato per far posto ad un'illustrazione didascalica, Duchamp mette in mostra il funzionamento di un meccanismo, la sua pittura non vuole essere illusionista, non vuole dare l'impressione del movimento, egli registra semplicemente il movimento sulla tela secondo attimi di staticità. L'intento finale di Duchamp in «Dulcinea» è di distaccarsi dalle teorie degli amici cubisti: «La ripetizione dello stesso personaggio quattro o cinque volte, nudo, vestito e a mazzo(...) aveva lo scopo a quel tempo di teorizzare il Cubismo per darne un'interpretazione più libera». (Duchamp 2009 p. 39).

Lo studio dell'organizzazione del movimento nello spazio lo porterà a realizzare, alla fine del 1911, *Il giovane triste in treno* dove le immagini del corpo in movimento anticipate da «Dulcinea» si esplicitano per mezzo di quello che Duchamp chiamerà «parallelismo elementare»:

<sup>29</sup> H. Poincaré, «Spazio e tempo» in Einstein 2011 p. 282.

Dapprima c'è l'idea del movimento del treno e, poi quella del giovane triste che si trova nel corridoio e che si sposta; quindi c'erano due movimenti paralleli che si contrapponevano l'un l'altro. In quest'opera c'è poi la deformazione del brav'uomo che io avevo chiamato parallelismo elementare. Si trattava di una scomposizione formale, vale a dire di lamelle elementari che si inseguono come parallele e che deformano l'oggetto. L'oggetto è completamente allungato, come se fosse elasticizzato. Le linee si inseguono parallelamente mutando dolcemente per creare il movimento e la forma in questione. (Duchamp 2009 p. 40).

È degna di nota l'analogia fra la descrizione di Duchamp e gli esperimenti mentali di Einstein sul concetto di simultaneità; Duchamp fu inoltre influenzato dalle sperimentazioni cronofotografiche di Marey, Eakins e Muybridge. «Il giovane triste in treno» rappresenta il punto di passaggio fra «Dulcinea» e «Il nudo che scende le scale», realizzato fra il 1911 e il 1912 che rappresenta il culmine della sperimentazione di Duchamp sul movimento nello spaziotempo. Un'opera che lo stesso Duchamp non definirà un dipinto vero e proprio quanto soprattutto una rappresentazione schematica del movimento di una figura in un contesto statico, l'organizzazione dello spazio e del tempo attraverso l'espressione astratta del movimento:

In questo quadro non si tratta di pittura, ma dell'organizzazione di elementi cinetici, di un'espressione del tempo e dello spazio attraverso la rappresentazione astratta del moto. Un quadro è necessariamente la presentazione di due o più colori su un piano. Ho volutamente ristretto il Nudo ai colori del legno, in modo che la questione pittura in sé non venisse posta. Ma se consideriamo il moto della forma nello spazio in un dato tempo, si entra nel regno della geometria e della matematica, come accade quando vogliamo costruire una macchina. Se intendo mostrare il decollo di un aereo, cerco di spiegare il suo movimento, non ne faccio una natura morta. (Duchamp 2009 p. 31).

Nel 1911 l'ambiente del Cubismo era diviso in due tendenze, da un lato i teorici che facevano capo a Jean Metzinger con sede a Puteaux e dall'altro la «banda Picasso» di Montmartre, che preferiva sperimentare sulla tela senza troppi proclami teorici. Il matematico Maurice Princet fu un personaggio chiave nella teorizzazione del Cubismo: venditore di alcune opere di Picasso, era informato sulle nuove geometrie e sulle teorie di Poincaré che divulgava ai suoi amici di Puteaux e di Montmartre. Di lui Duchamp dirà:

Rappresentava il ruolo del signore che conosceva a memoria la quarta dimensione; allora lo si ascoltava. Metzinger, che era intelligente, se ne servì moltissimo. La quarta dimensione diventava una cosa di cui si parlava molto, senza capire di che cosa si trattasse. (Duchamp 2009 p. 41).

Duchamp mostrò un certo interesse per la nuova geometria di Riemann e per lo spazio  $n$ -dimensionale prendendo parte alle discussioni domenicali dei suoi amici di Puteaux, tuttavia colse ben presto l'approccio dilettantesco e approssimativo con il quale in quel periodo si affrontavano le teorie della geometria non euclidea. Duchamp non avrebbe mai preso sul serio la questione teorica e a lui interessava semmai l'opportunità di apertura mentale, lo sguardo verso altre prospettive piuttosto che una traduzione didascalica delle teorie scientifiche. «Direi che mi piaceva la quarta dimensione perché la vedevo come una dimensione in più della nostra vita, ora io vivo solo in tre dimensioni. In fondo si trattava solo di chiacchiere fra amici, ma ci hanno comunicato un interesse extrapittorico». Duchamp racconterà con una certa ironia la confusione e l'approssimazione dei suoi vecchi amici cubisti nell'interpretazione delle teorie scientifiche:

Come fa notare l'astronomo Arthur Stanley Eddington con una definizione non priva di umorismo «un individuo è un oggetto quadridimensionale dalla forma fortemente allungata». Nel linguaggio ordinario diciamo: «Egli possiede un'estensione considerevole nel tempo e un'estensione insignificante nello spazio». Nella definizione di Eddington come nelle cronofotografie, l'estensione temporale è sempre distinta dalle dimensioni spaziali, il che fa sì, se così si può dire, che il tempo aumenti da solo. Ovviamente i cubisti non erano matematici; loro erano più interessati all'idea romantica della quarta dimensione che non alla sua precisa applicazione nei loro dipinti. Ciò che mi preme chiarire qui è che l'interpretazione naïve della quarta dimensione, concepita come l'aggiunta di una dimensione cronologica alle altre tre dimensioni spaziali già esistenti, è in totale disaccordo con le teorie geometriche non euclidee altrettanto in voga all'epoca. Tutto ciò che riesco a capire di queste idee non euclidee è che la quarta dimensione, qualora venisse applicata al nostro mondo fisico, sarebbe una dimensione spaziale, non cronologica. Con ogni evidenza è possibile concepire un certo numero di quarte dimensioni fantasiose, come la temperatura, per esempio... Ma allora la temperatura costituirebbe anch'essa una dimensione spaziale. Fortunatamente per noi, nel 1912 queste questioni secondarie si riducevano sostanzialmente a voli di immaginazione; oggi, a cinquant'anni di distanza, possiamo vedere le opere futuriste e cubiste nella loro



Marcel Duchamp, Il grande vetro 1912-1923.

luce reale, vale a dire come delle espressioni artistiche determinate dai tempi. (in Marcadé, 2009 pp. 61-62).

Duchamp sarà un lettore attento di Gaston de Pawlowski che nel 1912 pubblica *Voyage au pays de la quatrième dimension*, un racconto nella quarta dimensione pubblicato negli anni precedenti a puntate sul quotidiano *Comoedia*, il più importante quotidiano letterario e artistico parigino del periodo.

Vi ricordate un tale – chiese un giorno Marcel Duchamp – che si chiamava, mi sembra, Povolowski? Era un editore di rue Bonaparte. Non ricordo esattamente il suo nome. Aveva scritto degli articoli su un giornale sulla volgarizzazione della quarta dimensione, per spiegare che c'erano degli esseri piatti che hanno solo due dimensioni [...]. In ogni caso, a quell'epoca avevo cercato di leggere delle cose di questo Povolowski che spiegassero le misure, le linee rette, le curve... Tutto questo operava nella mia testa quando lavoravo, sebbene nel Grande Vetro non abbia quasi mai usato calcoli. Semplicemente ho pensato all'idea di una proiezione, di una quarta dimensione invisibile poiché non si può vederla con gli occhi (Duchamp 2009 p. 41).

È nella rivista *Comœdia*, dal 1908, che apparvero gli articoli che avrebbero costituito l'ossatura portante del romanzo *Voyage au pays de la quatrième dimension*. L'8 novembre 1908, appare «Lo strano viaggio» (*L'étrange voyage*). Il 22 novembre, «Racconti Futuri» (*Conte Futurs*), ed è poi la volta di «Un visionario» (*Un visionnaire*), che sarà poi il capitolo XX del libro. Il 13 dicembre, sotto un altro titolo ancora, *Récits des temps surhumains*, appare «L'amore morto» (*L'amour mort*), che formerà il capitolo XXI. In seguito, per tutto l'anno 1911 e l'inizio del 1912, Pawlowski pubblicherà una serie di trenta articoli che appariranno nel libro *Aristote à Paris*, nei quali egli immaginerà un dialogo con il filosofo, pretesto per alcune considerazioni morali, filosofiche e matematiche e che si incontreranno anche nelle pagine di *Voyage au pays de la quatrième dimension*. Grazie al successo enorme che riscuotevano allora le speculazioni sulla quarta dimensione il libro avrà una grande diffusione. Esaurito in poco tempo, sarà più volte ristampato.

*La Sposa* di Duchamp, dell'agosto 1912, contemporanea alla pubblicazione di *Voyage au pays de la quatrième dimension* presenta notevoli analogie con le descrizioni che fa Pawlowski, nel suo scritto *Aldilà delle forme naturali* (*Au-delà des formes naturelles*), di un corpo esposto alla quarta dimensione:



Sappiamo, infatti, che il corpo umano è costruito secondo i dati dello spazio a tre dimensioni. La struttura ossea è arrangiata secondo quella visione provvisoria dell'universo, gli organi sono contenuti dai muscoli, dalla pelle in uno spazio a tre dimensioni. Dal giorno in cui si volle piegare il corpo umano alle esigenze della quarta dimensione, fu esposto ai disordini più gravi. Senza ferita apparente, senza apertura visibile, certi organi si trovarono trasportati al di fuori del corpo e, sotto la spinta naturale dei muscoli, si raggrupparono in un indescrivibile ammasso, sfuggendo a ogni regola conosciuta, a ogni precisa anatomia. Non si poteva dire, certo, che il corpo così modificato si trovasse frantumato, stritolato o disaggregato; continuava a vivere, ma senza presentare l'abituale apparenza del corpo umano in uno spazio a tre dimensioni.

Duchamp era interessato alla rappresentazione di questi esseri fantastici abitanti dell'iperspazio, sapeva che avrebbe dovuto creare forme mai viste prima e che fossero in qualche modo ai limiti del visibile perché essi erano situati al di là della visione retinica. In un certo senso Duchamp lancia una sfida a Poincaré, secondo il quale gli esseri dell'iperspazio sono suscettibili di definizioni precise come quelli abitanti nello spazio tridimensionale: noi possiamo concepirli, ma in nessun modo rappresentarli.

Poiché sapevo che si poteva riportare l'ombra prodotta da una cosa a tre dimensioni, un oggetto qualsiasi – come la proiezione del Sole sulla Terra produce due dimensioni –, per analogia puramente intellettuale pensavo che la quarta dimensione potesse proiettare un oggetto a tre dimensioni, ossia, che ogni oggetto a tre dimensioni che noi vediamo comunemente, sia la proiezione di una cosa a quattro dimensioni che non conosciamo. Era un poco un sofisma, ma dopotutto era possibile. È su questo che ho basato la Sposa nel Grande Vetro (Duchamp 1967 p. 67).

*La Mariée mise à nu par ses célibataires, même* chiamato anche *Grande Vetro* è sicuramente tra le sue opere più significative, un'opera volutamente non finita che viene realizzata nell'arco di tempo che va dal 1912 al 1923. Un'opera enigmatica in cui il supporto in vetro viene scelto per allontanare l'idea di materia enfatizzandone l'aspetto concettuale e anti retinico: l'opera su vetro ha un suo spessore, quello della lastra, che può essere considerato come una dimensione spaziale, una sezione tridimensionale di una dimensione superiore dove le linee possono essere interpretate come sezioni di superfici, le superfici come sezioni di solidi e i solidi come sezioni dell'iperspazio. «Ogni oggetto di tre

dimensioni che osserviamo è la proiezione di una cosa a quattro dimensioni che non conosciamo».

L'opera è definita da due spazi ben distinti: uno superiore dedicato alla sposa; uno inferiore dedicato ai nove scapoli. Tra questi due spazi separati, l'artista lascia un terzo *spazio di possibilità*, «il campo d'incontro dei due mondi separati», così come specificato in *Peut-être faire un tableau de charnière*. Tutta la rappresentazione contenuta nel Grande Vetro è descritta dallo stesso Duchamp, nelle due raccolte di appunti, *Scatola verde* e *Scatola bianca*. Duchamp prescrive di non chiamarlo quadro, ma «macchina agricola», «mondo in giallo» o «ritardo in vetro». Complicandone in tal modo ancora di più l'interpretazione, e di interpretazioni ne sono sorte pressoché infinite, forse era proprio questa l'intenzione di Duchamp: le dimensioni superiori sono infinite come le sue interpretazioni.

La divisione dell'opera in due zone distinte, la parte inferiore ancora caratterizzata dalla prospettiva e quella superiore astratta, permette a Duchamp di mettere in discussione geometria, colore e prospettiva in nome di un'arte non retinica ma nello stesso tempo non prendendo troppo sul serio gli assunti teorici dei suoi amici cubisti e iniziando a giocare con l'ambiguità che lo contraddistingue sviando ogni possibile interpretazione univoca spaziando dalla raffigurazione della quarta dimensione all'illustrazione di un processo alchemico.

Il concetto di dimensione e di misurabilità rappresenta il filo conduttore del grande vetro e di *Trois stoppages* un'opera del 1913 in cui concettualizza una nuova unità di misura per sottolineare l'arbitrarietà della misura stessa. Egli dice: se un filo dritto orizzontale della lunghezza di un metro cade dall'altezza di un metro su un piano orizzontale deformandosi a suo piacimento dà una figura nuova di unità di lunghezza. Duchamp esegue l'operazione tre volte, ottenendo tre diverse forme dell'unità di misura non più rettilinee, ma curvilinee, tre fra le infinite forme determinate dal caso che diventa l'assioma dal quale derivare le leggi e le misure.

I concetti non sono semplici riproduzioni di contenuti materiali o sensibili, ma disposizioni e costruzioni teoriche volte a trasformare il semplice oggetto della sensazione in qualcosa di misurabile e quindi in un «oggetto della fisica», dove tutto ciò che è misurabile esiste. Ogni misurazione, anche la più semplice, deve fondarsi su determinati presupposti teorici, su certi principi, ipotesi, assiomi che essa non può de-

sumere dal mondo della sensibilità, ma deve necessariamente riferire a questo mondo sotto forma di postulati del pensiero.

Prima di poter introdurre una misurazione concreta, si devono fissare delle costanti, almeno in via ipotetica e preliminare. In questo senso, ogni misurazione contiene un elemento puramente ideale: non si tratta degli strumenti di misura concreti, sensibili, quanto piuttosto dei nostri concetti con cui misuriamo e commisuriamo l'accadere naturale. Gli strumenti della misurazione sono per così dire l'incarnazione concreta di tali concetti, poiché ciascuno di essi racchiude in sé una sua teoria e dà risultati solo in quanto questa teoria viene presupposta come valida. Nel momento in cui, secondo le proprie esigenze e i propri postulati, il pensiero modifica la forma dei semplici rapporti fondamentali di misura, siamo dinanzi a una nuova immagine del mondo.

### *4.3 I creatori dello spazio*

...desideravo mostrare che lo spazio-tempo non è di necessità qualcosa a cui si possa attribuire un'esistenza separata, indipendentemente dagli oggetti effettivi della realtà fisica. Gli oggetti fisici non sono nello spazio, bensì spazialmente estesi. In tal modo il concetto di «spazio vuoto» perde il suo significato.

Albert Einstein

Il cinema ci ha insegnato a vedere le immagini in relazione al tempo. Una città viene oggi letta attraverso il movimento, l'attraversamento. La composizione architettonica fa riferimento alle sequenze. La maggior parte degli architetti contemporanei prende in considerazione il percorso dell'essere umano attraverso lo spazio, che implica contrasti, inquadrature, cioè una successione di immagini. Il concetto di viaggio è un nuovo modo di fare architettura.

Jean Nouvel

La ricerca di un nuovo modo di concepire lo spazio che si relazioni ai rapporti dinamici fra le masse costruite e il movimento dei corpi ha costituito il soggetto dell'architettura del Novecento. Al di là della possibilità di tracciare influenze dirette fra la concezione di spaziotempo di Einstein e la nuova sensibilità spaziale dei maggiori architetti del Novecento e, nonostante la mancanza di riferimenti certi, è fuori dubbio

che il rinnovamento della qualità dello spazio architettonico sia proceduto di pari passo con l'emergere di una nuova riflessione verso spazio e nuove geometrie che già dalla fine dell'Ottocento furono ben presenti nel dibattito culturale.

Nel 1905 lo storico dell'arte August Schmarsow affermava che la base e la determinante inalterabile, nella definizione dell'architettura come arte, deve essere la «formazione dello spazio», è da questo momento che il superamento della prospettiva come punto di vista privilegiato si materializza nella realtà dello spazio vissuto fruibile nella sua totalità, questo significa immettere nella fruizione di ogni opera la coordinata temporale. In tal modo l'architettura può essere accostata ad un brano musicale, che dapprima si percepisce nei singoli passaggi e poi si ricostruisce nella memoria come una sola entità al di fuori dello scorrere del tempo.

Quando ci troviamo in un edificio, l'ultima parola spetta in definitiva alla concezione simultanea, poiché riassumiamo in noi il parallelismo dei lati come un periodo del nostro procedere, lasciamo dietro di noi come duraturo possesso la posizione di spazio già attraversata e riconosciamo infine nell'asse stesso del movimento l'autorità simmetrica che tiene insieme il tutto.<sup>30</sup>

Gli inizi del XX secolo sono gli anni in cui la geometria euclidea perde progressivamente il suo millenario ruolo di protagonista nella generazione dello spazio per lasciare il posto alle linee forza dello spazio vettoriale, così come descritto nel 1902 da Henry van de Velde:

La linea è una forza che agisce in modo simile alle forze naturali elementari: più linee-forza poste in reciproca presenza, agendo in senso contrario nelle stesse condizioni provocano gli stessi risultati delle forze naturali in reciproca opposizione [...]. Operano in tali linee le stesse forze che in natura sono presenti nel vento, nel fuoco e nell'aria. Il ruscello che precipita contro una pietra che si oppone al suo corso cambia direzione e dirige le sue acque verso la riva opposta a scavarne e a sbrecciarne i margini. I venti soffiando sulle possenti cime delle montagne si rompono su quei massi incrollabili e il fuoco acceso sotto le volte di pietra si stende, corre e si lancia alla ricerca di sfoghi.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> August Schmarsow, *La ritmica nell'architettura nell'oriente romano* (1915), in A. Salvini, *La critica d'arte moderna*, Edizioni L'Arco, Firenze 1949 p. 176.

<sup>31</sup> H. van de Velde, «La linea è una forza», *Casabella-continuità*, marzo 1960. n. 237.

L'artista russo El Lissitzky nel 1925 prospetta uno spazio «pangeometrico» che, superando la prospettiva rinascimentale e la geometria euclidea, avrebbe permesso, attraverso l'astrazione del movimento, di creare empiricamente uno spazio immaginario. Partendo dal presupposto che la nostra facoltà visiva è limitata nel cogliere i rapidi cambiamenti di posizione di un oggetto nello spazio, El Lissitzky sfrutta tale illusione di movimento per creare quello che lui chiama uno spazio immaginario, costituito come i singoli fotogrammi di un film che quando vengono fatti scorrere attraverso un proiettore creano l'illusione delle immagini in movimento: in tal modo un punto materiale può formare una linea. Ad esempio: un carbone ardente mentre si muove lascia l'impressione di una linea luminosa oppure il movimento di una linea materiale produce l'impressione di una zona o di un corpo. Lo spazio immaginario di El Lissitzky è un tentativo di generare forme dal dinamismo dei corpi che muovendosi nello spazio «aumentano» la loro dimensione: un punto monodimensionale diviene una linea bidimensionale, una linea diventa un piano e un solido tridimensionale può essere descritto nello spaziotempo quadridimensionale.

Einstein dal canto suo non assunse mai posizioni sull'architettura a lui contemporanea, anche se incontrò gli architetti che avranno poi un peso decisivo nella produzione architettonica mondiale.

Lo storico e critico dell'architettura Bruno Zevi accosta il pensiero di Einstein all'architettura di Frank Lloyd Wright, un architetto che rappresenta il *trait d'union* fra la moderna concezione dello spazio e il pensiero orientale. L'architettura di Wright trova un'inaspettata consonanza nella concezione spaziale dell'architettura tradizionale giapponese, dove alla necessità del vuoto della mente è correlata la predominanza dei vuoti sui pieni, un vuoto che è pieno di possibilità dettate dal libero movimento dei corpi. La fisica dei corpi in movimento si relaziona agli incastri tettonici, alla forza dei materiali naturali, al disequilibrio e all'asimmetria dello spazio vissuto. L'elemento tempo è una dimensione dello spazio poiché entrambi sono considerati come entità dipendenti e non fisse. Lo spazio *Ma* giapponese ha molti livelli di significazione e indica, tra l'altro, la qualità dell'evento, inteso come percezione individuale, dove lo spazio come entità non esiste. Il senso dello spazio è consapevolezza del luogo non inteso come entità tridimensionale racchiusa, ma come evento dinamico.

L'architettura tende così verso la consapevolezza dei processi di divisione spaziale-prospettica. Il termine *luogo* impli-

ca la simultanea consapevolezza dei concetti intellettuali di forma e non-forma, oggetto e spazio, mondo esterno oggettivo e mondo interiore soggettivo.

Frank Lloyd Wright deve molto della sua visione dello spazio al concetto di spazio incarnato nelle abitazioni tradizionali giapponesi. Trascorse quasi quattro anni in Giappone, dal 1919 al 1922, impegnato per i lavori dell'Imperial Hotel di Tokyo. Grande appassionato di arte giapponese ebbe il modo di apprendere il pensiero di Lao Tsu attraverso lo studio della cerimonia del tè appresa nel libro di Kakuzō Okaura, *Book of tea*, pubblicato nel 1906 e regalatogli dal committente dell'Imperial Hotel.

Bruno Zevi definisce l'architettura di Frank Lloyd Wright asimmetrica e dissonante, un'architettura nella quale prevale la spazialità dinamica e fluida che rappresenta un autentico momento di rottura con tutta l'architettura classica caratterizzata da spazi rigidi e simmetrici. La simmetria in particolare, con i suoi punti di vista privilegiati è il male da debellare al fine di poter portare lo spazio costruito al passo con la nuova geometria e con lo spaziotempo relativistico:

La simmetria è un sintomo particolare, macroscopico, di un tumore proliferato capillarmente, le cui metastasi sono infinite: la geometria... Per centinaia di millenni, la comunità paleolitica ignora la geometria. Non appena si stabilizza l'insediamento neolitico, e i cacciatori-coltivatori sono assoggettati a un capo tribù, ecco la scacchiera. Tutti gli assolutismi politici geometrizzano.<sup>32</sup>

Le caratteristiche spaziali e compositive di Frank Lloyd Wright rappresentano per Zevi la più convincente interpretazione dello spaziotempo einsteiniano tradotto nello spazio vissuto: lo spaziotempo non è più un'astrazione, ma una realtà spazialmente estesa vissuta nell'esperienza quotidiana dove tutto è movimento e continua trasformazione. Naturalmente quanto questa sia una concezione «psicologica» e quanto una conseguente interpretazione del pensiero scientifico di Einstein è questione che meriterebbe una trattazione a sé.

<sup>32</sup> B. Zevi, *Il linguaggio moderno dell'architettura, Guida al codice anticlassico*, Einaudi, 1973 p. 25

#### 4.4 Erich Mendelsohn: energia e materia

La creazione energetica degli spazi è il motivo genetico di ogni atto progettuale di Mendelsohn

Bruno Zevi

La deviazione dei raggi luminosi da parte del Sole, confermata sperimentalmente durante l'eclisse totale del 29 maggio 1919, contribuì in maniera decisiva all'affermarsi della teoria della relatività generale. La mattina del 7 novembre 1919 il quotidiano *The London Times* intitolava «Rivoluzione nella scienza - Nuova teoria dell'universo» un articolo dedicato al convegno londinese e qualche giorno dopo il *New York Times* pubblicò sull'argomento uno scritto dal titolo «Luci distorte nel cielo». Gli astronomi non possono fare altro che scandagliare l'universo guardandolo con occhi nuovi, quelli della rivoluzionaria teoria gravitazionale che prevedeva uno spazio curvo in prossimità di grandi corpi celesti.

La relazione fra massa ed energia rappresenta il fulcro della teoria della relatività; fino al 1905 si pensava che la massa e l'energia fossero due realtà fisiche completamente separate e senza punti di contatto. Ma Einstein quell'anno fece comprendere che queste due realtà fisiche, apparentemente così diverse, sono in verità strettamente legate da un valore numerico molto preciso: il quadrato della velocità della luce.

Un corpo in moto non solo accresce la sua massa, ma si deforma, si contrae nella direzione del moto. Alla velocità della luce un corpo avrebbe lunghezza zero e il tempo e lo spazio cesserebbero di esistere. Un pilota di un ipotetico veicolo lanciato a velocità prossime a quelle della luce vedrebbe il tempo di noi osservatori in quiete quasi fermo, e lo spazio molto più corto. I concetti di materia e spazio vuoto su cui si basava la teoria newtoniana non hanno più senso assoluto. Nella relatività generale questi concetti non possono essere separati; dove vi è un campo gravitazionale lì vi è anche una massa, tuttavia campo e massa non sono entità distinte. Nella teoria della relatività campo gravitazionale e geometria dello spazio sono la stessa cosa. Materia, campo gravitazionale e spazio curvo sono solo caratteristiche di un tutto unico. Il giovane Erich Mendelsohn inizia la sua attività di architetto tenendo in mente questi concetti fondamentali della relatività e li adopera intuitivamente per creare una visione dell'architettura all'insegna del dinamismo delle masse in apparente movimento.

Laureatosi nel 1912 presso la Technische Hochschule di Berlino, Erich Mendelsohn entra in contatto con gli esponenti dell'Espressionismo, Paul Klee, Franz Marc e Kandinsky attraverso il gruppo *Der Blaue Reiter*. Nel 1914 comincia la sua produzione di disegni immaginari. Alcuni tra gli schizzi più celebri appartengono al 1917 e tra questi figurano: il Teatro, gli Studi cinematografici, la Fabbrica di apparecchi ottici e il primo schizzo per l'Osservatorio astrofisico di Potsdam. Nel 1917 Erich si stabilì con la moglie Louise a Berlino e le esibizioni al violoncello di Louise portarono conoscenze e nuovi contatti importanti fra i quali quello con Albert Einstein e con l'astronomo Erwin Freundlich. I due scienziati commissionarono a Mendelsohn il progetto per un osservatorio astrofisico allo scopo di compiere verifiche empiriche di alcuni aspetti delle teorie elaborate da Einstein sulla relatività. Un progetto che con la sua realizzazione segnò una svolta nella vita professionale del giovane architetto. Erich annotò sul taccuino: «La torre occupa tutta la mia giornata».

Freundlich aveva bisogno di un osservatorio per studiare la deviazione delle linee spettrali del sole che come si diceva furono provate sperimentalmente nel 1919, esattamente con la stessa deviazione prevista dalla teoria della relatività in precedenza. e dirà che la torre deve essere «una struttura pienamente aderente allo scopo».

Secondo Freundlich, l'idea principale della Torre Einstein consisteva nel combinare un telescopio di una grande lunghezza focale e di grande apertura con un laboratorio di fisica. Freundlich descrive la torre come «l'inizio di una nuova era, che è iniziata con la teoria della relatività di Einstein e con una nuova era per l'architettura organica, possibile solo nei nuovi materiali di acciaio e cemento». L'astronomo, infatti, non vide alcuna contraddizione tra la scienza razionale che sta al cuore dello scopo della Torre Einstein e la sua forma organica.

Da quando la scienza si è resa conto che i due concetti materia e l'energia, prima tenuti così rigidamente distinti, non sono altro che diversi stati dello stesso elemento primario, l'ingegnere ha abbandonato la teoria meccanica della materia inerte e ha ribadito la sua fedeltà alla natura. La macchina, fino ad oggi lo strumento pubblico di sfruttamento senza vita, è diventata l'elemento costruttivo di un nuovo organismo vivente.

Arnold Whittick (Whittick 1960) racconta che quando l'osservatorio fu ultimato, Mendelsohn condusse Einstein a visitare l'edificio, naturalmente ansioso di conoscere il suo giudizio. Einstein visitò la tor-





Erich Mendelsohn Torre Einstein 1920.

re anche all'interno, ma non aprì bocca. Qualche ora più tardi, durante una riunione nell'osservatorio centrale, cui presero parte sia il comitato organizzatore sia l'architetto, Einstein si alzò all'improvviso, attraversò la sala e sussurrò all'orecchio di Mendelsohn: «Organico». Non poteva esservi commento migliore, perché qualunque cosa possa essere il giudizio sulla qualità architettonica dell'edificio, non si può negare che esso dia un'impressione di unità organica. Ogni parte è ritmicamente riferita al tutto e da esso deriva.

L'incontro con Einstein e con la sua teoria dell'universo colpirono profondamente Mendelsohn che ne trasse ispirazione per la sua architettura: «la massa ha bisogno della luce, la luce mette in moto la massa, è reciproco, parallelo, complementare. La massa è chiaramente organizzata quando la luce interviene in modo bilanciato». L'obiettivo di Mendelsohn fin dai primissimi anni della sua carriera divenne quello di rendere visibile l'energia intrinseca alla massa. La dinamicità delle forme trasmette ai sensi il legame fra massa ed energia, le forme scultoree negano al contempo il predominio della geometria sulla forma. Dagli schizzi emerge con chiarezza il metodo compositivo di Mendelsohn, egli pensa per volumi, per masse che sembrano spostate da forze centrifughe;

I miei schizzi non sono che appunti, contorni di visioni subitane, benché nella loro natura di edifici, essi appaiano quali entità. È di somma importanza fissare queste visioni sulla carta, così come ci balenano nella mente, poiché ogni nuova creatura porta con sé il germe del suo potenziale sviluppo, e diviene un essere umano seguendo un processo di evoluzione.<sup>33</sup>

Mendelsohn adotta i principi della relatività generale come fonte primaria di ispirazione; la materia e l'energia deformano lo spazio e contemporaneamente le distorsioni dello spazio influiscono sul moto della materia, essa non è più isolata nello spazio vuoto e la continuità materia-spazio genera forme plastiche e dinamiche. L'architettura non è più fruizione di facciata che nasconde uno spazio indifferente, spazio e materia si compenetrano in un'entità unica e organica. Il processo creativo è affidato all'attimo in cui l'intuizione coniuga forma e funzione e sfocia nella costruzione che è incarnazione della volontà immanente della materia.

<sup>33</sup> <http://www.archimagazine.com/bmendelsohn.htm>.

#### 4.5 Scomposizione neoplastica: Theo van Doesburg

Negli anni venti l'architetto e teorico Theo van Doesburg diventa una figura di spicco all'interno della cultura architettonica europea, le sue idee sul rinnovamento dell'architettura sono profondamente influenzate dagli studi sulla quarta dimensione che avevano caratterizzato gli anni a cavallo fra il XIX e il XX secolo. Van Doesburg propugnava la necessità di scomporre gli involucri edilizi per mostrarli nelle sue componenti, favorendo la compenetrazione esterno-interno.

Fra i principi fondamentali dell'architettura neoplastica enunciati nel 1925 compare un palese richiamo allo spazio-tempo quadridimensionale, eccone i punti principali:

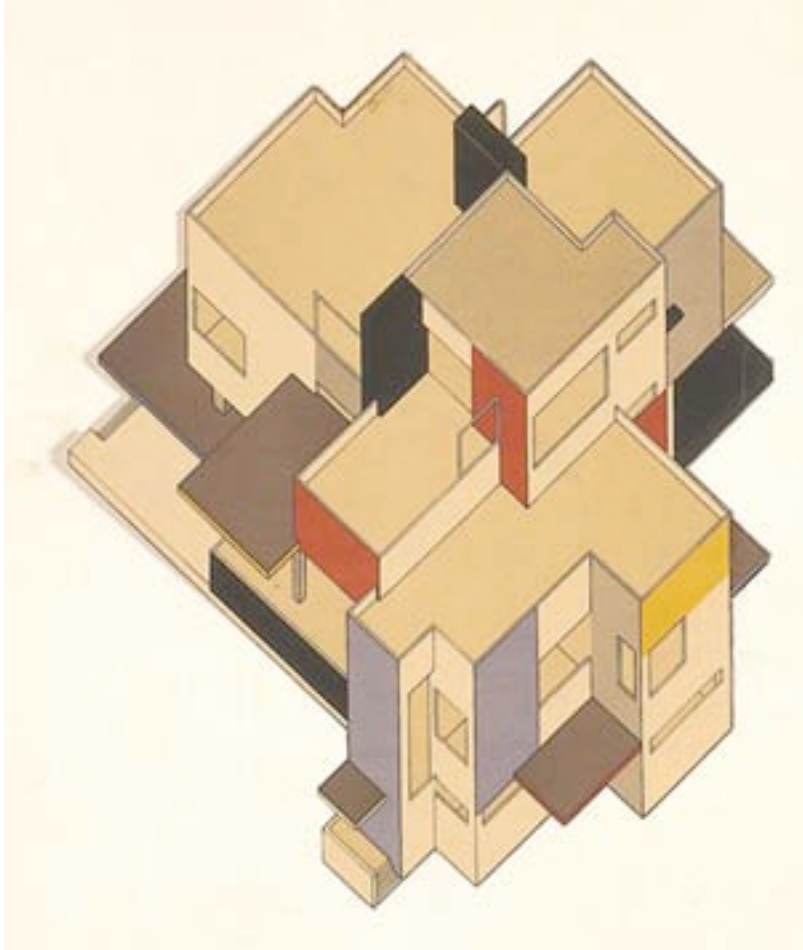
*La pianta.* La nuova architettura ha distrutto il muro sopprimendo il dualismo fra interno ed esterno. I muri non sostengono più, sono diventati punti d'appoggio. Ne emerge una pianta nuova, una pianta aperta, affatto diversa da quelle del classicismo, poiché gli spazi interni ed esterni si compenetrano.

*La suddivisione.* La nuova architettura è aperta, invece che chiusa. L'insieme consiste di uno spazio generale, suddiviso in spazi diversi riferiti al comfort dell'abitazione. Tale suddivisione si attua con piani che separano (interno) e piani che chiudono (esterno). I primi, che distinguono gli spazi funzionali, possono essere mobili, cioè sostituibili da diaframmi scorrevoli (tra i quali si annoverano già le porte). In un futuro stadio di sviluppo dell'architettura moderna, la pianta scomparirà. La composizione spaziale proiettata su due dimensioni in una sezione orizzontale (la pianta) può essere surrogata da un calcolo esatto della costruzione. Le matematiche euclidee non serviranno più, ma l'ausilio del calcolo non-euclideo quadridimensionale semplificherà l'operazione.

*Il tempo.* La nuova architettura non conta soltanto sullo spazio, ma anche sul tempo come valore architettonico. L'unità di contaminazioni tra arte e architettura, spazio e tempo conferisce all'immagine architettonica un aspetto nuovo e plasticamente più completo. È ciò che denominiamo *spazio animato*.

*Aspetto plastico.* Quarta dimensione dello spaziotempo.

*Aspetto statico.* La nuova architettura è anti-cubica, cioè i suoi vari spazi non vengono compressi in un cubo chiuso. All'inverso, le diverse cellule spaziali (volumi dei balconi, ecc. inclusi) si sviluppano in senso eccentrico, dal centro alla periferia del cubo, sicché le dimensioni del-



Theo van Doesburg, *Maison Particulier* 1922.

l'altezza, larghezza e profondità acquistano nuova espressione plastica. La casa moderna darà così l'impressione di essere librata, sospesa nell'aria, avversa alla gravitazione naturale.<sup>34</sup>

#### 4.6 *Le Corbusier*

Io non penso a una casa come a una caverna imbottita e tappezzata; concepisco la casa come una macchina d'abitazione, un processo vitale, una cosa viva, dinamica, che cambia secondo l'umore di chi vi abita [...]. Ma perché dobbiamo lasciarci inceppare dalle concezioni congelate dei nostri avi? [...]. La geometria statica di Euclide è forse la sola matematica? Dobbiamo gettare completamente alle ortiche la teoria Picard-Vessiot? E dei sistemi modulari, che ne facciamo? [...] Possibile che non ci sia posto in architettura per la trasformazione, la omomorfologia, le strutture azionali?.

Robert Heinlein

Nel 1946 Le Corbusier incontra Albert Einstein a Princeton in occasione del viaggio a New York per presentare alle Nazioni Unite il suo progetto per la sede dell'ONU. Le Corbusier bussò alla porta di Einstein al 112 di Mercer Street nella speranza di un'approvazione da parte del grande scienziato sul Modulor, il sistema di proporzioni idealizzate che stava sviluppando. Le Corbusier era fiducioso: «pieno di grande speranza, era giunta l'ora, finalmente di fare grandi cose in questo grande paese». Aveva già dato appuntamento a Henry Kaiser, l'industriale e costruttore americano, e sperava di collaborare con lui alla progettazione di case prefabbricate sulla base del Modulor. Kaiser gli aveva promesso che poteva produrre fino a 10.000 case al giorno (tre milioni in un anno). Ora la pedina mancante per Le Corbusier era la benedizione di Einstein. Ma l'architetto, che in fondo non aveva fiducia nella matematica, era insolitamente nervoso in presenza del fisico di fama mondiale. Si confuse quando cercò di spiegare la sua poetica dello spazio.

Il maestro del gioco sapiente sbaglia il bersaglio, il suo Modulor è ancora tutto nel sistema newtoniano-cartesiano. Durante la conversa-

<sup>34</sup> Per i punti sopra ricordati del programma del Neoplasticismo Cfr. Renato De Fusco, *L'idea di architettura: storia della critica da Viollet-Le-Duc a Persico*, Franco Angeli Milano 2003 pp.128-129.

zione, Einstein ha un'idea che tenta di annotare su un foglio ma viene distratto, il mistero di quei calcoli non avrà soluzione. Le Corbusier si appella alla quarta dimensione con linguaggio criptico «la quarta dimensione è un momento di fuga illimitata, evocata dalla consonanza estremamente armonica dei mezzi plastici utilizzati». Le Corbusier eredita dal Cubismo la sovrapposizione delle forme e nella sua architettura si registra un passo fondamentale che lo avvicina allo spaziotempo inteso come entità indivisibile: il sapiente gioco delle sue architetture sotto la luce congela il tempo in istanti discreti dove ogni momento registra il fissarsi di una nuova forma rivelata dalla luce nell'armonia dei suoi spazi.

A proposito di quell'incontro con Einstein Le Corbusier ebbe a dire:

Ho avuto il piacere di discutere del Modulor per una certa durata con il professor Albert Einstein a Princeton. Stavo attraversando un periodo di grande incertezza e di stress; mi sono espresso male, ho spiegato il Modulor male, mi sono impantanato nella palude di causa ed effetto ... A un certo punto, Einstein prese una matita e cominciò a calcolare. Stupidamente, lo interruppi, la conversazione si spostò su altre cose, il calcolo rimase incompiuto. L'amico che mi aveva portato era sprofondato nella disperazione. In una lettera scritta per me la sera stessa, Einstein ebbe la gentilezza di dire questo del Modulor: «È una scala di proporzioni che rende difficile l'errore, facile il suo contrario». Ci sono alcuni che pensano che questo giudizio sia ascientifico. Da parte mia, penso che sia straordinariamente perspicace. Si tratta di un gesto di amicizia da parte di un grande scienziato verso di noi che non siamo scienziati, ma soldati sul campo di battaglia. Lo scienziato ci dice: «Questa arma spara dritto: In materia di dimensionamento, cioè di proporzioni, rende l'esecuzione del compito più certo».<sup>35</sup>

La chiarezza compositiva e l'attenersi a proporzioni armoniche pone il metodo di Le Corbusier in accordo con quello che era la ricerca di semplicità da parte di Einstein; il senso estetico pervade tutta l'opera dello scienziato nella convinzione che la teoria più semplice sia la più bella e la più vera, un pensiero quest'ultimo condiviso da Poincaré che sosteneva che l'armonia e l'eleganza in una dimostrazione o una soluzione è l'armonia delle diverse parti, il loro equilibrio, è tutto ciò che introduce un senso di ordine che dà unità, che ci mette in grado di ve-

<sup>35</sup> Le Corbusier, *The Modulor*, Harvard University Press, Cambridge 1954.

dere chiaramente e d'un solo colpo l'insieme e i dettagli, una soddisfazione estetica legata all'economia di pensiero. Le Corbusier fu anche pittore e insieme ad Amédée Ozenfant furono i cultori del nuovo spirito geometrico, secondo il quale tutta la realtà ha una matrice geometrica, i nostri sensi e la nostra mente ne sono impregnati. In *La peinture moderne* si poteva leggere ancora di una geometria euclidea che sottende ogni produzione umana:

la geometria tramite lo sviluppo che imprime alle macchine è ovunque[...] La nostra stessa mente, lieta di scoprire ovunque questa geometria e la sua creazione, si ribella contro gli aspetti incoerenti e spesso non geometrici della pittura, particolarmente contro le macchie sconnesse dell'espressionismo.

Per Le Corbusier come per Picasso non sono mancati i tentativi da parte dei critici di far coincidere gli esiti formali e i presupposti teorici della loro opera con la teoria della relatività. Si tratta beninteso di forzature come, ad esempio, lo scritto del critico e architetto Charles Jencks che, partendo dall'assunto che *il nudo che scende le scale* di Duchamp rappresenti la raffigurazione della quarta dimensione, pone in relazione il continuum spaziotemporale dell'opera di Duchamp con il progetto di *Maison La Roche* e di altre abitazioni progettate da Le Corbusier negli anni Venti, in cui secondo lo stesso Jencks, l'intenzione dell'architetto di creare dei percorsi definiti all'interno dell'abitazione sarebbero rapportabili, così come per il nudo che scende le scale, all'unità spaziotemporale relativistica.

La villa è progettata in maniera che si deve seguire il percorso stabilito dall'architetto con precisione assoluta. È impossibile muoversi attraverso la successione di spazi in qualsiasi altro modo; si deve entrare dalla porta anteriore, attraversare il vestibolo, salire le scale fino al pianerottolo del primo piano, attraversarlo, percorrere interamente la galleria dei quadri, voltare di 180 gradi, salire la rampa che è costruita contro il muro esterno ricurvo della galleria, per giungere infine nella biblioteca, che ha la forma di un balcone che guarda sull'atrio e la porta da cui si è entrati. *La Maison La Roche* quindi rappresenta veramente un'analogia molto stretta, in termini architettonici, con il continuum spaziotemporale del nudo di Duchamp e anche con la relatività di Einstein. (Jencks 1974 pp. 71-72).

Rapportare la visione di Le Corbusier a quella di Einstein è chiaramente una forzatura basata su una falsa idea circa la natura dello spa-

ziotempo relativistico; ho più di una ragione per credere che Le Corbusier si rifaccia all'idea della quarta dimensione così come considerata alla fine dell'Ottocento. Una dimensione spaziale aggiuntiva che va oltre la geometria in una volontà di trascendenza che gli fa definire tale spazio come *spazio ineffabile* e in tale contesto si può cogliere il senso della sua frase «La quarta dimensione è un momento di fuga illimitata, evocata dalla consonanza estremamente armonica dei mezzi plastici utilizzati». Lo «spazio ineffabile» si serve della geometria per superarne i limiti convenzionali; nell'architettura di Le Corbusier gli spazi si compenetrano in tutte le direzioni per liberare «l'emozione estetica» che è una tra le caratteristiche specifiche dello spazio architettonico. L'emozione plastica dello spazio ineffabile è così l'autentica fuga di Le Corbusier verso la quarta dimensione che emerge trascendendo lo schema cartesiano per essere percepita oltre i segni e il linguaggio della costruzione.

Prendere possesso dello spazio è il primo atto di ogni cosa vivente, sia essa uomo o animale, pianta o nuvola: è la manifestazione fondamentale di equilibrio e di durata. La prima prova dell'esistenza è l'occupazione dello spazio. Il fiore, la pianta, l'albero, la montagna stanno dritti, vivi nell'ambiente. Se a un certo punto essi attraggono l'attenzione per via della loro presenza rassicurante e sovrana, ciò accade perché essi appaiono limitati dalla loro forma pur inducendo una risonanza tutt'intorno...<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Le Corbusier, «Architecture and the Mathematical Spirit»,(1946), in Francois Le Lionnais, *Great Currents of Mathematical Thought*, New York, Dover, 1971, p.90.



## 5. QUANTUM LEAP

### *5.1 Il mondo di mezzo*

La nostra esistenza quotidiana si svolge in una dimensione che non sembra essere sfiorata dalle implicazioni delle teorie fisiche e dalle conseguenze di nuovi modi di vedere il mondo. I nostri sensi sono limitati e non possiamo certo percepire quello che riusciamo a comprendere studiando la matematica e le geometrie non euclidee. Siamo così in una sorta di «mondo di mezzo»<sup>37</sup> tra quello che percepiamo direttamente con gli effetti tangibili sui nostri sensi e la nostra scala dimensionale e corporea e le dimensioni che ci apre la conoscenza scientifica. La teoria della relatività, in particolare, investe dimensioni cosmiche che non hanno nessuna rilevanza sulla nostra percezione sensoriale. Allo stesso modo nell'infinitamente piccolo del mondo subatomico, la meccanica quantistica è controintuitiva perché non si rapporta al nostro sentire ed esperire il mondo a scala umana. Da un lato vi è il nostro spazio percepito e dall'altro uno spazio teorizzato e provato sperimentalmente con sofisticati strumenti di misura, ma che si presenta in modo totalmente diverso rispetto alla nostra esperienza sensoriale. In fondo la nostra esperienza dipende totalmente dalla nostra particolare dimensione nella scala di grandezze dell'universo e dal limite naturale dei nostri sensi; per fortuna possiamo espandere i limiti della percezione sensoriale con delle protesi, ad esempio telescopi sempre più potenti ci permettono di

<sup>37</sup> Richard Dawkins usa il termine «mondo di mezzo» in una conferenza del 2006, cfr. [www.ted.com/talks/richard\\_dawkins\\_on\\_our\\_queer\\_universe/transcript?language=it](http://www.ted.com/talks/richard_dawkins_on_our_queer_universe/transcript?language=it).

vedere quello che fino a pochi secoli fa non potevamo neanche immaginare. Le teorie scientifiche hanno spesso ricadute in ambiti differenti, le loro applicazioni si trovano nella nostra quotidianità consentendo una sempre maggiore profondità di conoscenza.

Una legge fisica è valida in un certo ambito spazio temporale della storia umana, essa ci è utile per esercitare una volontà ed è per questo motivo che la scienza e la tecnologia, che ne sono il prodotto, funzionano. Attraverso il formalismo matematico-geometrico si costruisce una teoria che indica dei rapporti che sono analoghi a quelli che si instaurano nella creazione e/o separazione di una cosa dal proprio contesto, che resta lo sfondo inconoscibile e che contiene ogni cosa.

La rappresentazione determina la nostra «costruzione» del mondo e ogni epoca ha sviluppato un proprio sistema di rappresentazione dello spazio, una vera e propria forma simbolica inserita in un preciso momento storico. La costruzione prospettica rinascimentale contrasta con la nostra percezione binoculare, una rappresentazione che non rispecchia la fisiologia della visione. La costruzione prospettica è una schematizzazione arbitraria che cela molto bene il suo trucco che la fa sembrare parte del naturale processo visivo.

Gli stessi pittori che per la prima volta hanno impiegato la prospettiva hanno creduto di scoprirla nelle cose e non di inventarla. Analoghi ai sistemi di rappresentazione dello spazio in campo artistico, sono gli spazi che caratterizzano le strutture matematiche; ogni struttura matematica sottintende un tipo di spazio: lo spazio euclideo, gli spazi di Riemann, di Hilbert di Stefan Banach. A loro volta le teorie fisiche sottendono un tipo particolare di spazio matematico: la teoria della relatività ristretta ha bisogno dello spazio di Minkowski, la teoria della relatività generale e la meccanica quantistica sono definite in uno SPAZIO DI HILBERT, quest'ultimo è uno spazio puramente matematico senza nessun riscontro fisico.

La ricerca e la rappresentazione di una struttura matematica soggiacente l'intera realtà fisica è il campo di indagine di molti eminenti scienziati e artisti contemporanei. Il fisico teorico Max Tegmark spinge alle estreme conseguenze il modello di universo matematico fino alla suggestiva teoria che presuppone più livelli di universi paralleli che si fondano su un pre-spazio matematico. In campo artistico lo scultore inglese Antony Gormley nelle sue opere sviluppa il concetto di pre-spazio inteso come una struttura matematica sottostante spaziotempo e materia, nella sua opera più famosa *Quantum Cloud*, una forma umana

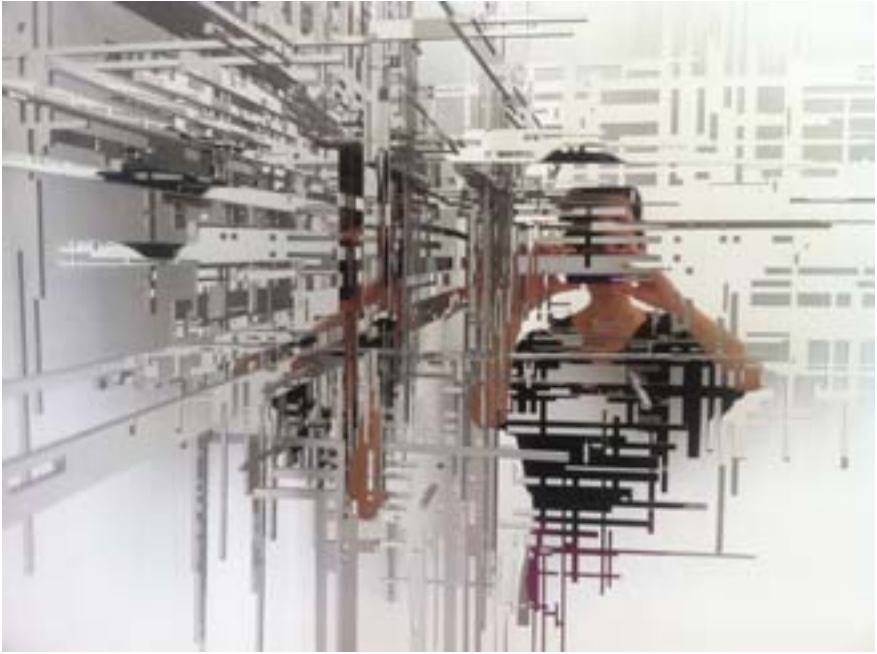
sembra emergere da un assemblaggio di strutture in acciaio apparentemente disposte in modo casuale.

È stupefacente constatare come spazi che non solo non possono essere percepiti ma che non hanno nessuna realtà fisica possano influenzare la nostra conoscenza della realtà. Così come per la costruzione prospettica, la costruzione di uno spazio matematico è uno strumento di «visione» che influenza il nostro rapporto con il mondo esterno.

Nuovi modi di concepire la realtà non sono necessariamente prodotti da teorie matematiche, la sensibilità di una data epoca storica si esprime anche attraverso la produzione artistica, che diventa terreno fertile sul quale si sviluppano nuove concezioni scientifiche. È in questo senso che il rapporto scienza-arte è più stretto di quanto si immagini, al di là dei rapporti imitativi e didascalici che spesso l'arte tenta per raffigurare allegoricamente il mondo delle leggi matematiche.

Una teoria scientifica può essere vista come una rete tesa nel grande mare dell'universo; ogni rete è adatta ad un particolare tipo di pesci, dipende dalla grandezza delle maglie. Tutti i tipi di pesci sono egualmente importanti, ogni taglia ha la sua particolarità, gli scienziati lavorano incessantemente per costruire la rete definitiva, quella che imbriglia pesci di tutte le taglie, non sappiamo però quando questo succederà e se mai succederà. La rete della relatività ha consentito di pescare pesci molto grandi ma l'oceano è vasto e il 95% della sua sostanza ci è ancora sconosciuta. Vi è però un altro ordine di difficoltà; a prescindere dalla rete usata vi è un limite che riguarda il pescatore che solca sempre gli stessi mari e che non ha cognizione della vastità di altri oceani; probabilmente la funzione del cervello e degli organi dei sensi è principalmente inibitoria e non di amplificazione, in altre parole forse siamo stati programmati per filtrare una piccola parte della realtà, quella percepibile dai sensi, il resto ci è forse precluso fatta eccezione per quei lampi di illuminazioni caratteristica dell'esperienza mistica e artistica. A questo proposito così si esprimeva Aldous Huxley:

Riflettendo sulla mia esperienza, mi trovo d'accordo con l'eminente filosofo di Cambridge dottor C. D. Broad, che faremmo bene a considerare, molto più seriamente di quanto finora siamo stati indotti a fare, il tipo di teoria che Bergson espose relativamente alla memoria e alla percezione dei sensi. L'ipotesi è che la funzione del cervello e del sistema nervoso e degli organi dei sensi sia principalmente eliminativa e non produttiva. Chiunque è capace in ogni momento di ricordare tutto ciò che gli è accaduto e di percepire tutto ciò che accade dovunque nell'universo, la funzione del cervello e del sistema



Erik Olofsen, *White Noise* 2013.

nervoso è di proteggersi contro il pericolo di essere sopraffatti e confusi da questa massa di conoscenze in gran parte inutile e irrilevante, cacciando via la maggior parte di ciò che altrimenti percepiremmo e ricorderemmo in ogni momento, e lasciando solo quella piccolissima e particolare selezione che ha probabilità di essere utile in pratica. (Huxley 1980 pp. 22-24).

Le opere dell'artista olandese Erik Olofsen mettono in mostra la fallacia dei nostri sensi: in quella sottile linea che separa la realtà esterna dal nostro mondo interiore ogni cosa nel fluire del tempo è inframmezata da altre cose ma noi percepiamo tutto come cose distinte, il cervello opera una «normalizzazione» dell'intenso brulichio della realtà circostante. Quello che noi assorbiamo dal nostro ambiente serve ad aumentare l'illusione di dominio della realtà e ci fa sentire più sicuri. Ma proprio come un ronzio fastidioso, non possiamo ignorare che, di fatto, noi e il nostro modo di percepire trasformiamo il mondo stesso. In accordo con questo punto di vista, il rapporto tra uomo e la natura dello spazio diventa cruciale come ogni attività che conferisce allo spazio e al tempo qualità differenti. *White Noise* è una superficie frammentata, tridimensionale in acciaio inossidabile lucidato. Lo spettatore vede la sua propria figura esplosa in pezzi non più distinguibile dal suo ambiente. Una serie di riflessi amplifica e miscela le immagini delle cose e di noi stessi.

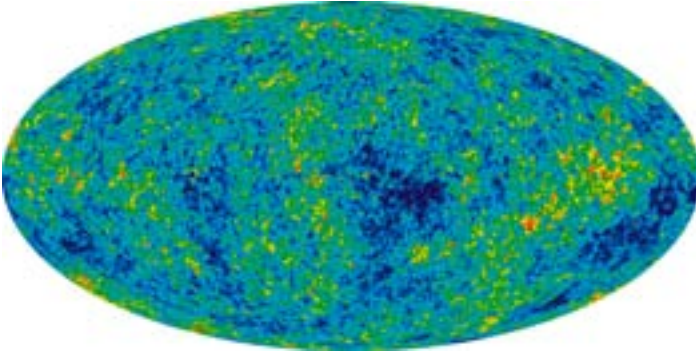
### 5.2 *Da Jiffyland alla quarta dimensione*

Jiffy è l'intervallo di tempo più breve che è possibile concepire da un punto di vista fisico; è così breve che un secondo ne contiene un numero formato da 1 seguito da 43 zeri, una durata incredibilmente breve in cui la luce riesce a percorrere solo un milionesimo di miliardesimo di miliardesimo di centimetro. Questi sono gli ordini di grandezza dello spaziotempo quantistico; un universo che rispetto a noi è ben più distante dell'immensità dell'universo macroscopico. L'immagine che abbiamo dello spaziotempo della fisica einsteiniana è quello di una superficie che si deforma in presenza di campi gravitazionali, una superficie continua e senza nessuna struttura interna dove le trasformazioni sono libere di essere. A ben vedere questo spaziotempo continuo per quanto possa assumere complesse forme topologiche è pur sempre un'astrazione che non presenta nessuna texture o irregolarità nella propria maglia. Se non ci fermiamo ad osservare il mondo macroscopico,

che dalla nostra percezione sensibile si estende fino ai confini dell'universo e intraprendiamo un percorso inverso di avvicinamento verso l'incredibilmente piccolo, allora nel regno microscopico di Jiffyland scopriremmo la texture dello spaziotempo classico. Come nell'avvicinarsi alla superficie della terra provenendo dallo spazio, mano a mano scorgevamo la complessità della superficie terrestre composta da monti e valli, rilievi e depressioni così la texture di Jiffyland non è omogenea né continua e presenta deformazioni così pronunciate che formano cunicoli simili ad un termitaio. Ad un ingrandimento maggiore si scoprirebbe che anche il termitaio è composto, nella materia che lo costituisce, da altri tunnel a scala inferiore procedendo in un abisso frattale che forma quello che i fisici chiamano schiuma di fluttuazioni quantistiche. Jiffyland è il regno dell'indeterminato dove particelle compaiono e scompaiono nel nulla secondo leggi così strane da far impallidire la più fervida immaginazione degli scrittori di fantascienza. In questa tessitura che ricorda le opere di Pollock lo spazio è qualcosa di completamente diverso da come lo intendiamo comunemente, distanze e misure ubbidiscono ad altre misteriose leggi. Un mondo infinitamente piccolo che è in intima connessione con l'infinitamente grande; ogni particella è correlata a qualcun'altra che può trovarsi in un angolo remoto dell'universo fisico. Lo spazio quantistico non è vuoto: il PRINCIPIO DI INDETERMINAZIONE di Heisenberg ipotizza uno spazio occupato da un immenso mare nel quale coppie di particelle virtuali danno origine ad elettroni e positroni dall'esistenza effimera.

L'universo quantistico tesse con i suoi invisibili fili una trama che rende l'universo macroscopico un'unità indissolubile, le più accreditate teorie scientifiche ci dicono che all'origine dell'universo vi è stata una fluttuazione quantistica che ha generato, attraverso continui raddoppi di scala tutto il nostro universo. Così si è passati dall'infinitamente piccolo all'infinitamente grande. La sonda Wmap<sup>38</sup> lanciata il 30 giugno 2001 ci ha permesso di «vedere» l'universo come era nei suoi primi 400.000 anni di vita; andando indietro nel tempo, guardando nello spazio remoto ci imbattiamo in un muro opaco composto di plasma dove ancora non esisteva nessuna struttura a noi oggi familiare. Il muro di plasma non è però omogeneo, esso presenta delle irregolarità che sono

<sup>38</sup> Il Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, e anche noto anche come «sonda spaziale per l'anisotropia delle microonde»,. È il nome di una missione esplorativa della NASA che misura ciò che rimane delle radiazioni dovute al Big Bang, ovvero la radiazione cosmica di fondo da <http://map.gsfc.nasa.gov>.



*Immagine dalla sonda Wmap - NASA*

poi servite alla differenziazione della materia dell'universo per come lo vediamo oggi. Ebbene, le irregolarità sono dovute alla fluttuazione quantistica originaria, che come delle smagliature su un palloncino si sono evolute ed ampliate con l'evolversi dell'universo. Oggi possiamo osservare questa fluttuazione quantistica evoluta fino all'età di 400.000 anni dove l'infinitamente piccolo è divenuto il nostro universo.

Nelle pagine precedenti abbiamo visto come, prima della scoperta della teoria della relatività, la quarta dimensione era creduta una dimensione spaziale «aggiuntiva» allo spazio tridimensionale. Un'idea che è stata progressivamente abbandonata a favore del continuum spazio-temporale. Inaspettatamente l'idea è riemersa nel 1981 quando James Hartle e Stephen Hawking affrontarono il problema dell'origine dell'universo utilizzando un punto di vista completamente nuovo: il grande problema della fisica è quello di conciliare la teoria della relatività generale con la meccanica quantistica, un problema che si ripropone con maggior pregnanza quando si studia l'origine dell'universo, la fluttuazione quantistica che avrebbe dato origine a tutto l'universo si troverebbe in realtà fuori dal tempo, parliamo della più piccola unità di tempo che possa essere concepita matematicamente che è pari a  $10^{-43}$  secondi un arco di tempo in cui la luce riesce a percorrere appena  $10^{-33}$  centimetri. L'universo ha iniziato ad espandersi in modo «inflazionario» (la prima fase rapidissima avvenuta dopo il Big bang) solo dopo aver raggiunto la soglia temporale di  $10^{-35}$  secondi. In questo primissimo stato dell'universo è problematico coniugare la relatività di Einstein con la fisica quantistica. Secondo James Hartle e Stephen Hawking prima del processo inflazionario il tempo non esisteva se non come dimensione spaziale, ci ritroviamo quindi all'origine con quattro dimensioni spa-

ziali e nel momento dell'espansione una coordinata spaziale si è trasformata nella coordinata temporale. Un escamotage matematico che trasforma l'universo quantistico nell'universo classico e che riporta l'attenzione alla quarta dimensione spaziale come una possibilità reale.

### 5.3 *La nuova fisica*

Se l'occhio non fosse solare, mai riuscirebbe a scorgere il sole; se la potenza della mente non abitasse nella materia, come potrebbe la materia spostare la mente?

Goethe

Nel 1905 con la spiegazione quantistica dell'effetto fotoelettrico, Einstein contribuì ad aprire una breccia nelle solide mura della fisica classica che era stata sostenuta da un sistema di leggi valido indipendentemente dall'osservatore e dalle misurazioni. La fisica classica per secoli ha mantenuto il mondo esterno distinto dalla nostra osservazione. La meccanica quantistica agli inizi del XX secolo iniziò un processo di sgretolamento delle convinzioni legate alla consistenza del mondo esterno.

La scienza classica non riusciva a dare risposte adeguate al comportamento delle particelle subatomiche, vi era bisogno di un nuovo sistema di indagine della realtà; lì dove la fisica classica prospettava uno spazio e un tempo continui, la teoria dei quanti, introdotta da Max Planck agli inizi del Novecento, si basava sulla scoperta che le grandezze dei sistemi fisici a livello subatomico quali l'energia o il momento angolare, potevano variare soltanto di valori discreti denominati quanti. Negli anni venti Niels Bohr comprese che la natura della materia e della radiazione non poteva essere ricondotta solo in termini esclusivi di un'onda  $\phi$  di una particella, ma sia l'elettrone che il fotone si rivelarono avere allo stesso tempo proprietà di onde e particelle distinte. Il concetto di dualità onda-particella fu enunciato da Bohr al Congresso internazionale dei fisici del 1927. Noto come «Principio di complementarità», si basa sul fatto che la descrizione completa dei fenomeni che avvengono alle scale atomiche richiede proprietà che appartengono sia alle onde che alle particelle. Nella meccanica classica è possibile conoscere con precisione arbitraria, e limitata solo dagli apparati sperimentali, la posizione e la velocità di una particella, che ad ogni istante de-



terminano un punto nella traiettoria percorsa. Inoltre, quando si misura la posizione della particella, non si modifica in alcun modo la sua velocità e due misure immediatamente successive della posizione permettono di determinare approssimativamente la velocità della particella. Werner Heisenberg (amico di Bohr) nel 1927 mostrò che questa misura classica non è possibile: nella meccanica quantistica alcune coppie di quantità fisiche, come velocità e posizione, non possono essere misurate nello stesso momento entrambe con precisione assoluta. Tanto migliore è la precisione della misura di una delle due grandezze, tanto più è imprecisa la misura dell'altra.

Einstein non accettò mai le implicazioni della meccanica quantistica sul concetto di realtà, le conseguenze della teoria di Heisenberg minavano il determinismo e la visione tanto cara ad Einstein di una realtà indipendente da qualsiasi osservazione. Ridurre l'universo alla formulazione di George Berkely «essere è essere percepiti» era per lui inconcepibile. La concezione del realismo di Einstein si basava sulla convinzione che una realtà esista indipendentemente dalla nostra capacità di osservarla: «La fisica è un tentativo di afferrare concettualmente la realtà, quale la si concepisce indipendentemente dal fatto di essere osservata. In questo senso si parla di realtà fisica» (Einstein 2011). Secondo Einstein, tutti i corpi sono ubicati e definiti nello spaziotempo e la separabilità è parte di ciò che li definisce escludendo, di fatto, il principio di non località. Einstein aveva un'incrollabile fede nella causalità che lo portava al determinismo classico, egli era sconcertato dall'idea che le nostre osservazioni possano svolgere un ruolo nel produrre un collasso delle probabilità così come previsto dalla meccanica quantistica. Einstein riteneva che anche le quantità non misurate dovessero esistere in uno stato definito: «Alcuni fisici, tra i quali io non riescono a credere che si debba accettare il punto di vista secondo cui gli eventi naturali sono come un gioco del caso» (Einstein 2014).

Le leggi della meccanica quantistica prevedono una realtà dipendente dall'osservatore dove l'osservazione si esplicita con una misura; un'onda probabilistica collassa in una particella allorché essa viene osservata; in altri termini la posizione di una particella subatomica in un certo punto dipende dall'osservazione in quel dato punto. Ancora più sorprendentemente, se si osservano due particelle subatomiche che sono state in relazione, dopo essere state separate e poste a distanza, una di esse viene modificata, anche l'altra simultaneamente si modifica e questo succede senza possibilità di comunicazione fra le due particel-

le, secondo un comportamento *non locale*. David Bohm per spiegare il comportamento *non locale* ipotizzò un potenziale quantico che pervade il creato e che informa e funge da substrato di tutta la realtà fisica, che altro non sarebbe se non un gesto creativo dell'universo all'interno di se stesso, in una sorta di speculare riflessione. La realtà sarebbe, perciò, puramente illusoria, essa è forma di una mente che pervade l'universo. Nonostante la sua apparente realtà fisica, l'universo si comporterebbe come un immenso ologramma dove la parte corrisponde al tutto.

Einstein credeva che la cosiddetta *azione spettrale a distanza* fosse una sciocchezza. La sua teoria della relatività speciale assume, al contrario, che nulla può viaggiare più veloce della luce, quindi non c'era modo per due particelle di comunicare tra di loro istantaneamente da lati opposti dell'universo. Egli suggerì invece che i risultati di misura devono essere determinati prima della misura da «variabili nascoste» che la meccanica quantistica non riesce a spiegare. Decenni di discussione seguirono fino al 1964, quando il fisico John Stewart Bell sviluppò un teorema che afferma che nessuna teoria fisica locale e realistica a variabili nascoste può riprodurre le predizioni della meccanica quantistica.

La meccanica quantistica ci suggerisce l'esistenza di una realtà interconnessa dove l'atto della misurazione assume un ruolo fondamentale per la costituzione della realtà fisica. Va detto che la meccanica quantistica è una delle teorie più verificate che esistono e nonostante le sue applicazioni in campo tecnologico siano innumerevoli, le sue implicazioni filosofiche sono controverse. Il «Principio di indeterminazione di Heisenberg» ci dice che se cerchiamo di confinare un corpo in uno spazio definito, la componente casuale della sua quantità di moto aumenterà e tenderà a farlo disperdere nello spazio senza possibilità di localizzarlo univocamente e non è possibile determinare contemporaneamente con precisione la sua posizione e la sua velocità. Erwin Schrödinger diede una svolta sensazionale alla stranezza della misura del moto e della posizione e la sua famosa equazione ci dice che una particella semplicemente non possiede né una posizione né una velocità definita. Al posto di velocità e posizione Schrödinger introdusse la funzione d'onda  $\psi$ , che rappresenta la possibilità che la particella si trovi in un punto anziché in un altro. L'equazione di Schrödinger è una delle più importanti della fisica, la sua scoperta ha rivoluzionato il nostro modo di vedere la realtà e ha generato un bel pò di problemi di interpretazione: se un corpo può trovarsi in più posti contemporaneamente per quale motivo noi non riusciamo ad osservare una simile stranezza?

L'interpretazione di Copenaghen messa a punto da Bohr e Heisenberg si pose come una possibile spiegazione del fenomeno, un'interpretazione ancora oggi largamente diffusa: se un oggetto non viene osservato la sua forma d'onda  $\psi$  ubbidisce all'equazione di Schrödinger, appena interviene un osservatore la forma d'onda collassa permettendo di posizionare l'oggetto in un punto ben preciso. Il ruolo centrale dell'osservatore nell'interpretazione di Copenaghen ha reso la meccanica quantistica una scienza esotica con inquietanti venature mistiche. La potenza dell'immagine che ci restituisce una realtà non più distinta dall'osservazione ha influenzato schiere di scienziati, filosofi e artisti; l'osservatore è il responsabile della costruzione di una realtà che non esisterebbe se non osservata. Dopo che l'uomo era stato messo in disparte dal successo della fisica classica che lo aveva destituito dalla sua posizione al centro dell'universo ecco che la meccanica quantistica sembra ridargli l'antica importanza di creatore e che occupa una posizione privilegiata. L'evidenza che la funzione d'onda possa collassare in presenza di un osservatore pone un interrogativo fondamentale su che cosa si intende per osservatore: serve una coscienza oppure può bastare solo un sistema elementare di osservazione quale potrebbe essere ad esempio una telecamera? Gli ultimi sviluppi della ricerca ci indicano che con il termine «osservatore» si debba indicare anche una semplice relazione fra cose. L'osservazione quantistica non avrebbe nulla a che fare con la coscienza, ma solo con il trasferimento dell'informazione; è sufficiente una sola particella che rimbalzando sull'oggetto quantistico ne provocherebbe la *decoerenza*, provocando il collasso della funzione d'onda e facendolo diventare un oggetto che ubbidisce alle leggi della fisica classica. Un oggetto quantistico mantiene la sua coerenza soltanto se isolato dal mondo circostante. Il passaggio dal mondo quantistico a quello classico non ha bisogno di un vero e proprio dispositivo di misura così come lo intendiamo comunemente; la misurazione viene effettuata indirettamente da tutte le altre particelle che circondano un dato atomo costringendolo a instaurare rapporti con il suo ambiente circostante.

La decoerenza quantistica risolve un certo numero di problemi, ad esempio riesce a spiegare perché gli oggetti macroscopici ubbidiscono solo alla fisica classica trovandosi localizzati sempre in un preciso spaziotempo. Nel mondo dei quanti le cose non funzionano come siamo abituati a vederle, anche il concetto stesso di identità è messo in discussione; l'identità emerge soltanto quando un oggetto diventa parte di un sistema di relazioni. La realtà sembra emergere da una rete di connes-

sioni che si estende in tutte le direzioni e procede dal basso del mondo microscopico verso l'alto del mondo classico e verso la profondità dello spazio e del tempo. Analogamente la nostra esistenza è ancorata all'ambiente esterno: l'esistenza e l'identità di un essere umano separato dal proprio ambiente-universo è priva di significato, l'unicità ci è data dal vivere in uno spaziotempo costituito in modo da essere misurato, gli strumenti di misura a nostra disposizione sono i nostri sensi, le teorie che usiamo per descrivere il mondo e in definitiva, la nostra coscienza. In tale ottica sia lo spazio che il tempo non sono entità separate dal nostro pensiero ma *forme* che scaturiscono da un processo che vede l'uomo come parte fondamentale. La concezione dello spaziotempo è legata alla nostra sensibilità e la scienza e l'arte hanno il potere di apportare modifiche a tale sensibilità che opera distinzione fra il nostro mondo interiore e l'ambiente che ci circonda.

Nel 1957 Hugh Everett, un dottorando di Princeton, mise in dubbio il misterioso collasso della funzione d'onda e la necessità dell'osservazione; secondo la teoria di Everett la funzione d'onda non collasserebbe mai ma sarebbe l'intero Universo a biforcarsi secondo tutte le possibilità che si escludono a vicenda generando un'infinità di universi paralleli. Un'interpretazione ancora più controintuitiva dell'interpretazione di Copenaghen che non fu presa sul serio per molti anni e che iniziò ad affermarsi quando fu rivalutata dal fisico Bryce De Witt, che battezzò la teoria come *Interpretazione dei molti mondi*. Il lavoro di Hugh Everett a tutt'oggi non riscuote il consenso di tutta la comunità scientifica ma apre scenari del tutto nuovi sul significato di spazio, tempo e libero arbitrio. I molti mondi di Everett garantirebbero che ogni cosa che possa succedere (senza violare le leggi della fisica) realmente succede, questi mondi non sarebbero lontani dal nostro, anzi potrebbero addirittura coincidere con il nostro spaziotempo ed esserne separati solo nello spazio di Hilbert, lo spazio matematico ad infinite dimensioni della funzione d'onda.

#### 5.4 *The fifth dimensional camera*

Come molti concetti della nuova fisica, la nozione di universi multipli non è facile da accettare; il concetto di una realtà che si biforca per ogni sua nuova configurazione e le sue implicazioni sono fuori dalla portata di una vera e propria comprensione. Una visualizzazione meta-



The Fifth Dimensional Camera.

forica può venirci in aiuto anche attraverso la realizzazione di macchine sofisticate: è questo il caso della fotocamera multidimensionale *The Fifth Dimensional Camera*, creata nel 2009 dai designer Jon Arden e Anab Jan di Superflux. Lo scopo della macchina è quello di fotografare tutti i mondi che si generano da percorsi alternativi secondo l'interpretazione «a molti mondi» di Hugh Everett. *The Fifth Dimensional Camera* è un oggetto creatore di metafore, definito dai progettisti come un dispositivo immaginario in grado di catturare scorci di universi paralleli. Una macchina patafisica del XXI secolo che sfrutta le nuove scoperte nel campo dell'informatica quantistica e in particolare il concetto di sovrapposizione quantistica mutuato dal «Principio di indeterminazione di Heisenberg». Secondo gli autori un computer quantistico sfruttando il principio di sovrapposizione può ottenere velocità di calcolo inaudite e al contempo ogni soluzione è collocata in un universo separato ma, per il fatto stesso che le risposte sono ottenute in questo mondo reale, il principio di sovrapposizione e la teoria dei molti mondi assumerà un significato e un livello di comprensione del tutto nuovo. *The Fifth Dimensional Camera* può aiutarci a capire cosa accadrebbe se questi mondi paralleli fossero visualizzati contemporaneamente.

## 5.5 *Quantum pop*

Abbiamo visto che il Cubismo non fu mai nelle sue intenzioni una descrizione del continuum spaziotemporale di Einstein ma, ironia della sorte, anni dopo, contribuì allo sviluppo della meccanica quantistica ispirando la ricerca di Niels Bohr che, nel 1927, enunciò il principio di complementarità, il quale stabilisce che il duplice aspetto di alcuni fenomeni a livello atomico non può essere osservato contemporaneamente durante la medesima osservazione. Secondo lo storico Arthur Miller, Bohr trovò un'ispirazione nel Cubismo di Braque e Picasso dove ogni dipinto mostra contemporaneamente più viste incompatibili fra loro, Bohr ad un certo punto aveva un'immagine reale del problema che lo assillava e cioè descrivere come era possibile che un fenomeno quantistico potesse manifestarsi simultaneamente in modi diversi. Nella lettura di *Du cubisme* di Jean Metzinger e Albert Gleizes, Bohr trovò l'ispirazione che lo portò a postulare che un elettrone, preso nella sua totalità, è al tempo stesso onda e particella, e che quando lo osserviamo scegliamo una delle due prospettive. Un'influenza molto significativa dell'arte sulla scienza, un'apertura di orizzonti mentali che avrebbe trovato il suo culmine molti anni dopo la fine della seconda guerra mondiale.

*Indeterminazione, non intenzionalità, organizzazione del caos* sono tre parole chiave che individuano il nuovo corso dell'arte del dopoguerra, che vede in John Cage uno dei protagonisti assoluti di un'arte che nelle scelte compositive basate sulla probabilità degli eventi decreta la sua vicinanza alla visione della realtà propria della meccanica quantistica. Per Cage la musica è natura, non imitazione della natura, l'arte non rappresenta nulla, essa semplicemente esiste. Le influenze sono da ricercarsi nel pensiero Zen e nell'indeterminatezza del *Libro dei mutamenti* che Cage si procura nel 1950 e che usa come mezzo per generare la composizione di suoni secondo il sistema delle combinazioni numeriche proprio dello I ching. L'arte non è più un fatto estetico ma serve ad indagare le sorgenti casuali di fenomeni che determinano gli eventi. La descrizione della realtà è data dalla statistica. Non vi è più nessuna continuità fra cose ed eventi in un mondo formato da atomi discreti che danzano secondo traiettorie indeterminabili. La rivoluzione artistica di Cage trova gli ideali persecutori nel movimento degli Happenings e neo dadaisti del gruppo Fluxus.

Nel 1961 appare per la prima volta il termine, che indica il flusso «attraverso il quale l'arte acquista il movimento della vita». È l'arte della

contaminazione e dell'indeterminazione, «del tutto e nello stesso tempo dell'inverso di tutto». L'infinita varietà di soluzioni corrisponde all'infinita varietà dei fenomeni particolari possibili. L'arte come evento annulla le distinzioni fra ambiti diversi per inglobare in sé pittura, scultura, poesia, musica e architettura. L'arte dei Fluxus punta a dematerializzare l'immagine e i suoi confini; vi è un flusso di tempo composto da attimi discreti che trasforma tutti gli oggetti in eventi. La nuova arte ha bisogno di nuovi mezzi di espressione che saranno le performances, gli happening, i festival.

La fine degli anni Sessanta segna una rivoluzione estetica senza precedenti nel XX secolo; ogni ambito del costume e della cultura e dell'arte ne è profondamente stravolto. Sono gli anni della pop art, dell'arte astratta, della action painting, della musica psichedelica, delle esplorazioni lisergiche. L'estetica del caso è alla base della pittura di Jackson Pollock, degli scritti cut-up di William Burroughs, in campo musicale si sperimentano nuove sonorità che aprono le porte della percezione; i Pink Floyd narrano di viaggi interstellari con la stessa facilità con cui si immergono nei racconti di Lewis Carroll e di Kenneth Grahame si può scrivere: i Pink Floyd di Syd Barrett narrano di viaggi interstellari con la stessa facilità con cui si immergono nei racconti di Lewis Carroll e di Kenneth Grahame, i Beatles deragliano verso abissi interiori. Sono cambiamenti che creano il terreno propizio per una revisione di quanto era avvenuto nel campo della fisica fino allo scoppio della seconda guerra mondiale: la teoria della relatività e la meccanica quantistica avevano lasciato aperti interrogativi di cruciale importanza e che nella prima metà degli anni Settanta divennero argomento di speculazione per giovani fisici squattrinati che avevano intravisto le possibilità di una inedita apertura delle porte della percezione.

All'università di Berkeley in California nasceva in quegli anni un gruppo di fisici eccentrici, il *Fundamental Fysics Group* con lo scopo di riaprire la ricerca che portava ad approfondire gli aspetti più inquietanti della meccanica quantistica e, fra gli altri, soprattutto il famoso fenomeno dei «entanglement quantistico», secondo il quale, facendo interagire opportunamente due particelle o acquisendole da un processo naturale che le origini nel medesimo istante, e separandole poi anche a grandissima distanza esse conserverebbero una dipendenza tale da comportare che il valore misurato per una particella di una proprietà definita dell'insieme influenzi istantaneamente il corrispondente valore dell'altra, che risulterà tale da mantenere il valore globale iniziale. La

famosa azione fantomatica a distanza poteva, secondo il *Fundamental Fysiks Group*, essere la spiegazione dei fenomeni paranormali, quali la lettura del pensiero e la visione a distanza.

Il passo fondamentale fu in quegli anni quello di portare la fisica fuori dal suo territorio specialistico in un processo che avrebbe portato con alterne fortune all'odierna diffusione di concetti fisici diventati di dominio comune. Nel 1975 un membro del gruppo e giovane fisico di Berkeley, Fritjof Capra pubblica quello che si rivelerà il best seller della fisica di tutti i tempi *Il Tao della Fisica*, un libro adatto a chi è a digiuno di fisica ma usato anche all'interno dei corsi universitari. Lo scopo de *Il Tao della Fisica* era quello di esplorare i rapporti fra i concetti della fisica moderna e le idee delle tradizioni filosofiche e religiose dell'estremo oriente. Secondo la tesi sostenuta nel libro di Fritjof Capra la teoria della relatività e la meccanica quantistica ci obbligano entrambe a considerare il mondo in un modo molto simile a quello degli indù, dei buddisti e dei taoisti. Il libro apre le porte al misticismo orientale e diventa in quegli anni uno dei pilastri principali del movimento new age, aperture di senso che si sono rivelate di estrema importanza in quanto hanno contribuito ad allargare i limiti entro il quale era confinata la nostra concezione dello spaziotempo; meccanica quantistica e filosofie orientali portano entrambe verso una concezione completamente nuova della realtà dello spazio e del tempo.

### 5.6 Koan

È il 2010, i fenomeni quantistici entrano nello spaziotempo della meccanica classica e si rendono visibili incarnando una macchina composta da miliardi di atomi. Sistemi composti da una moltitudine di atomi se isolati dal mondo circostante possono comportarsi come oggetti quantistici. Anton Zeilinger ripete il famoso esperimento della doppia fenditura usando molecole di fullerene (C60), enormemente più grandi rispetto ad una particella subatomica. Si tratta di un corpo che per la sua complessità è a tutti gli effetti un qualcosa di materiale e pertanto ubbidiente alla fisica classica, denominato anche BUCKYBALL. Nell'esperimento le molecole vengono emesse ad una velocità di 720 km/h e colpiscono un reticolo di diffrazione. Entrambi gli schermi sono di nitruro di silicio (SiN) e con fenditure di 50 nm distanziate tra loro di 100 nm. L'esperimento di Zeilinger conferma che anche per strutture



complesse i sistemi quantistici hanno un comportamento intrinsecamente casuale. Non possiamo predire il risultato di una misura quantistica (nell'esperimento di Zeilinger, la posizione di arrivo della particella sullo schermo), ma solo la sua probabilità. Inoltre lo stato del sistema, cioè l'informazione che ci permette di calcolare queste probabilità, si comporta come un'onda e, quando si esegue una misura del sistema, cambia il suo stato, «collassando» in uno degli stati corrispondenti ai risultati possibili della misura. Il caos dell'infinitamente piccolo emerge, con un vero e proprio salto di scala, nel mondo delle molecole investendo il nostro mondo percepito. Sappiamo che il tempo e lo spazio del caotico e imprevedibile mondo dei quanti non corrisponde in nessun modo a quello che noi conosciamo percepiamo direttamente.

Riuscire ad immaginare le stranezze quantistiche necessita di un salto della mente in una dimensione non ordinaria con un processo analogo alla comprensione di un KOAN (un paradosso logico del buddismo zen, che elimina ogni rappresentazione intellettuale configurata come distinzione degli opposti). Abbiamo bisogno di ulteriori mezzi di comprensione e percezione. Possiamo immaginare di usare l'illogico comportamento delle particelle subatomiche come dei Koan capaci di farci riflettere sulla illusoria natura del nostro mondo «logico».

Vediamo in cosa consistono i «koan» della meccanica quantistica e come essi mettono in dubbio ogni nostra nozione acquisita di spazio e tempo, ne esemplifico alcuni:

- Le particelle non sarebbero altro che stati intermedi di una rete di relazioni; esse non hanno esistenza propria ma l'assumono nel momento in cui «comunicano» con le altre.

- Nel mondo subatomico non esiste distinzione fra spazio vuoto e spazio pieno; Questa distinzione è solo una nostra costruzione che ben si adatta al nostro linguaggio simbolico.

- Il tempo passato, presente e futuro, nel mondo dei quanti rappresenta un tutt'uno: un'anti particella è una particella che si muove indietro nel tempo.

- Alcune particelle sono totalmente prive di massa, nel nostro mondo macroscopico tutte le cose hanno massa, non possiamo concepire delle cose materiali prive di massa.

- Non possiamo chiederci di cosa è fatto qualcosa perché questa domanda ne implica altre in una regressione all'infinito. Non ha senso parlare della sostanza delle cose.

- Due particelle dello stesso tipo sono indistinguibili: ad esempio ogni fotone è identico a tutti gli altri fotoni; visto uno, visti tutti. Salta, quindi, il nostro concetto di identità, solo due cose diverse anche se somiglianti possono occupare due posti diversi. L'identità di due luoghi diversi è correlata all'identità di cose diverse che li costituiscono.

- Due particelle posso interagire fra loro a qualsiasi distanza e l'informazione fra l'una e l'altra «viaggia» apparentemente a velocità superluminali. Ulteriore prova quest'ultima, che lo spazio e il tempo hanno una natura completamente diversa da quella che percepiamo.

Il confine fra realtà e fantasia sembra estremamente labile, oltrepassarlo significa abbandonare le convenzioni spaziotemporali del mondo classico per avventurarsi nella magia di un mondo che si rinnova ad ogni sguardo e che presenta una realtà cangiante. Il regno del non misurabile e dell'indeterminato scompare appena tentiamo di imbrigliarlo soltanto osservandolo. La misura è previsione e costruzione della realtà descritta dalla scienza classica; lì dove è possibile misurare compare lo spazio e il tempo.

Descrivere il mondo quantistico in particolare usando il linguaggio significa ingabbiarlo negli schemi logici che hanno caratterizzato il mondo classico. Se il linguaggio è responsabile della costruzione del nostro mondo allora è necessario cercare altre forme espressive adatte al nuovo mondo; espressioni che siano rapportabili all'esperienza, l'unica che ci permette di comprendere profondamente e, avere esperienza significa capire in modo intuitivo e immediato quello che le parole non possono descrivere.

### 5.7 *Quantum man*

La meccanica quantistica ha influenzato molti artisti che hanno cercato negli ultimi anni di dare un volto alle stranezze del mondo dei quanti. Julian Voss-Andreae è uno di questi; laureatosi in fisica nel 2000 presso l'università di Berlino ed Edimburgo ha fatto il dottorato a Vienna, con il gruppo di Anton Zeilinger e ha preso parte all'esperimento della doppia fenditura sul fenomeno dell'interferenza quantistica tra molecole di fullerene a 60 atomi di carbonio.

Il lavoro di Voss-Andreae si fonda sul presupposto che le nostre intuizioni, supportate dalle evidenze della scienza classica ci inducono a pensare che la realtà abbia proprietà definite, indipendentemente dal



Julian Voss-Andreae, *Quantum Man* 2006.

fatto che ci sia qualcuno o meno che possa osservarla. Un punto di vista incompatibile con la teoria quantistica. Ci rappresentiamo il mondo subatomico secondo un'idea sbagliata suggeritaci dalle immagini della scienza.

C'è sempre un pericolo nel prendere una immagine o un modello troppo letteralmente. Utilizzare le immagini in scienza o filosofia per illustrare stati di cose è generalmente un'arma a doppio taglio, perché è essenziale per il fruitore di un'opera conoscere i limiti della rappresentazione stessa e il linguaggio metaforico che si sta usando. L'arte, secondo Voss-Andrae, è l'unica in grado di far intuire gli aspetti della realtà che si nascondono ai nostri sensi. La capacità dell'arte di trascendere i confini della logica e della rappresentazione letterale per offrire scorci su qualcosa che va oltre, può aiutarci ad avere una più profonda comprensione del mondo. In questo modo, l'arte aiuta a liberarci dalla morsa potente che la visione del mondo della fisica classica ha avuto su ogni nostra percezione della realtà nel corso degli ultimi secoli.

Secondo la meccanica quantistica a ciascuna porzione di materia in movimento è associata una lunghezza d'onda specifica. Alla base dell'idea dell'opera *Quantum Man* vi è un'affermazione del fisico Anton Zeilinger che era anche mio capo gruppo di ricerca all'università, egli una volta osservò scherzosamente che il fatto che la lunghezza d'onda associata a una tipica persona che cammina sembra essere approssimativamente la lunghezza di Planck e questo forse non è una semplice coincidenza. Questo commento mi ha fatto pensare a cosa una funzione d'onda potrebbe somigliare, e qualche anno più tardi ho creato una serie di sculture ispirate da questa idea.<sup>39</sup>

*Quantum Man* è una di queste opere installata a Moses lake, nello stato di Washington, una scultura composta da numerose lastre di acciaio parallele alte 2,5 metri e orientate con una spaziatura costante e che rappresenta un fronte d'onda piana perpendicolare alla direzione del moto della figura.

Le lastre sono collegate con giunzioni in acciaio. I collegamenti posizionati irregolarmente tra le lastre evocano associazioni con eventi stocastici e, più concretamente, con la formulazione della meccanica quantistica in termini di un'integrale di percorso. La scultura cambia

<sup>39</sup> Julian Voss-Andrae «Quantum Sculpture: Art Inspired by the Deeper Nature of Reality» in *Leonardo* – MIT Press volume 44 n. 1, 2011.

forma quando ci si gira intorno e da una certa angolazione essa sembra scomparire del tutto. Secondo Voss-Andrae l'opera è una metafora della dualità onda-particella assumendo un aspetto di onda o particella a seconda di come la si osserva.

### *5.8 Verso un nuovo umanesimo*

Scienza significa sforzo incessante e sviluppo in continua progressione verso uno scopo che l'intuizione poetica può comprendere, ma che l'intelletto non afferra mai completamente.

Max Planck

In questo libro ho tentato di mostrare come il pensiero scientifico e la creazione artistica seguono strade comuni nonostante la volontà di distinguere l'uno dall'altro. Sono convinto che una compenetrazione fra le due modalità di pensiero non solo sia possibile ma anche auspicabile; arte e scienza perseguono da sempre uno scopo comune e rappresentano le due facce della medesima medaglia. L'arte moderna ci ha mostrato che la descrizione della natura deve tener conto della nostra sensibilità, dove la distinzione fra spazio interiore e spazio esteriore sta diventando sempre più labile e sfumata. In ambito scientifico la teoria della relatività ci ha mostrato un universo dove spazio e tempo assoluti non sono mai esistiti e la meccanica quantistica sembra porre la coscienza in un posto predominante nella costruzione dello spaziotempo oggetto della nostra esperienza, inoltre le recenti ricerche in campo neurofisiologico mostrano che la coscienza non è un fenomeno relegato all'interno del nostro cervello. Siamo nel mondo e parte del mondo come configurazioni attive con confini mutevoli, siamo distribuiti e compenetrati in questo mondo, lo spaziotempo lungi dall'essere qualcosa di assoluto ed esterno al nostro essere ne fa parte ed è più simile ad un essere dinamico e cangiante che non ad un'entità matematica assoluta e immobile. La meccanica quantistica ci conduce verso una riconsiderazione dell'unità fra realtà fisica e coscienza, la separazione cartesiana fra spirito e materia ha riposto ogni espressione poetica allo spirito relegando la materia a puro meccanismo, un substrato privo di ogni afflato poetico. Il mondo dei quanti, oltre le sue strane proprietà ha avuto il merito di avvicinarci ad una nuova possibilità di visione del mondo che va oltre l'universo inteso come meccanismo determinato; il mondo della mate-

matica che descrive il comportamento dell'universo è permeato da una bellezza sublime, ne è di esempio l'entanglement quantistico la cui formula  $i\hbar \cdot \delta\psi = m\psi$  scoperta da Paul Dirac nel 1928 ci dice che due sistemi che interagiscono per un pò di tempo, una volta separati continueranno ad essere legati.

Costruiamo continuamente immagini e metafore delle leggi della natura che tendono ad umanizzare il comportamento della materia con tutti i limiti che ciò comporta ma questo non deve distoglierci dall'evidenza che noi esseri umani siamo parte del mondo: il desiderio di una visione unitaria è un nostro bisogno fondamentale. La divisione mente-corpo fu conseguenza della rivoluzione della scienza moderna iniziata da Galileo, l'essenza della modernità è riconducibile all'epurazione di ogni connotato non misurabile dalla materia; la limitazione al misurabile ha eliminato la coscienza nella descrizione delle qualità spaziotemporali quali la forma, la dimensione, il moto e le leggi che ne regolano le loro relazioni. È allora chiaro come il concetto di misura è responsabile di quello che consideriamo reale e funziona da spartiacque fra materia e spirito. Oggi, emerge con sempre maggior evidenza che la mente non è un evento accidentale, ma un aspetto fondamentale della natura.

La coscienza è definita dal nostro interagire con il mondo che ci circonda e dipende solo in parte dal sistema nervoso. Noi non siamo interamente nel nostro cervello ma siamo individuati dalla relazione che si instaura fra il nostro cervello, il nostro corpo e l'ambiente in cui siamo immersi. La nostra mente non è nascosta dentro il nostro corpo ma emerge dalla dinamica con cui ci relazioniamo col mondo. In questi termini si può parlare di mente estesa identificando la mente con la vita stessa. «In tale realtà nessun uomo è un'isola e le modalità sensoriali sono veri e propri stili di esplorazione del mondo, che si differenziano l'uno dall'altro nello stesso modo in cui si differenziano gli stili dei musicisti» (Noe 2010 p. 66).

Siamo nel mondo di mezzo fra la memoria di tutto quello che ci ha preceduto e l'infinito remoto del tempo futuro, fra le dimensioni incommensurabili del cosmo e dell'universo subatomico. In questo mondo di mezzo, dove la coscienza si manifesta attraverso gli oggetti, i corpi e i pensieri estesi in nessi concreti, viviamo secondo la nostra convenzione di limite. Abbandonare per un attimo la nostra identità oltrepassandone i limiti ci permette di cogliere i segni del mondo e di ascoltarli fuori dalla metafora della nostra coscienza.

Prima della nascita della filosofia che ancora oggi caratterizza l'occidente, Omero considera il corpo come apertura al mondo, come possibilità di azione: il corpo non è una «cosa», ma è la possibilità di essere pensiero-azione. Ulisse incontra continuamente corpi, la fisicità di ogni mondo e di ogni orizzonte divino è la resistenza del mondo che Ulisse deve poter smembrare. L'anima senza il corpo non si salva, senza materia non può comunicare alcunché, la materia forma lo spaziotempo ed è il nostro stesso linguaggio.

Forse la più importante lezione di Einstein è una costante che accomuna arte e scienza: la libertà di pensiero, la volontà di andare oltre le regole semplicemente interpretandole come la strada abitudinaria per tornare a casa. Cercare altre strade è la necessità di ogni uomo che vuole ritrovare il senso e la bellezza dei giochi del bambino che è stato. E per dirla con Einstein:

Là dove il mondo cessa di essere teatro di speranze, desideri e volontà personali; dove affrontiamo il mondo contemplandolo, ammirandolo, indagandolo, come creature libere; là noi entriamo nel dominio dell'arte e della scienza. Se ciò che è contemplato ed esperito si configura con il linguaggio della logica, pratichiamo la scienza; se è mediato da forme i cui nessi sono inaccessibili al pensiero cosciente, anche se riconosciuti intuitivamente come significativi, noi pratichiamo l'arte. Le accomuna l'amorevole devozione al superamento di ciò che è personale e al distacco dalla volontà. (in Shapiro 2003, p. 78).

La meccanica newtoniana governa la nostra percezione del mondo fisico fin dalla nostra nascita; il suo determinismo ci fa sentire al sicuro, troviamo ogni cosa lì dove la poniamo e tutto è regolato dalla legge di causa ed effetto. Ogni cosa è quella che è e non può trasformarsi in altro. Questa è la nostra condizione di essere razionali, di adulti perfettamente integrati in un meccanismo con le sue leggi. La nostra infanzia è un ricordo ormai sbiadito ma, di tanto in tanto, emerge ancora la consapevolezza che durante i primi anni della nostra vita ogni cosa poteva essere quello che volevamo oltre le sue apparenze materiali, una sedia poteva essere un cavallo e noi il cavaliere, in tal modo creavamo connessioni solo nostre, i compagni di gioco potevano condividere o meno i nostri mondi, ma comunque questi mondi esistevano. La scienza e l'arte creano mondi che possiamo condividere o meno allo stesso modo dei momenti della nostra infanzia. Siamo ancora immersi in un grande gioco ma raramente ce ne rendiamo conto. Einstein ha continuato «a

giocare» per tutta la vita e sicuramente si è divertito molto. Il suo segreto era la sua grande libertà di pensiero.

Ci si può avvicinare al senso dell'arte e della scienza tenendo in mente le parole di van Gogh sull'arte del disegnare:

L'azione di aprirsi un varco attraverso un invisibile muro di ferro che sembra trovarsi fra ciò che si sente e ciò che si può. In che modo attraversare questo muro, dato che non serve a niente colpire con forza, bisogna minare questo muro e attraversarlo con la lima, lentamente e con pazienza.<sup>40</sup>

L'opera di Van Gogh aggiunge alla realtà dello spaziotempo la sua personale visione in una sovrapposizione che lascia sempre trasparire il mondo reale condiviso, quello su cui siamo tutti d'accordo. Dietro le sue pennellate di «La notte stellata», opera a suo modo profetica di uno spaziotempo inteso come entità unica, si intravede il fine di ogni ricerca: la sempre più intima aderenza alla realtà. Non sappiamo nulla della vera essenza di questa cosiddetta realtà ma proviamo in ogni momento la sensazione inequivocabile che essa ci voglia raccontare qualcosa, e questo qualcosa che di volta in volta prendiamo a sprazzi e bocconi, ci appare vivo e cangiante così come il nostro pensiero. La scienza e l'arte non nascono per alienarci da questo mondo nella vana ricerca di quello che non esiste ma ci indicano la via per partecipare con più forza e profondità all'immenso spettacolo dell'universo.

<sup>40</sup> Lettera di Vincent a Theo van Gogh, L'Aia, 22 ottobre 1882, in. Antonin Artaud, *Van Gogh il suicidato della società*, Editions Gallimard, Parigi 1974.



# BIBLIOGRAFIA

ABBOTT (1998), Edwin Abbott Abbott, *Flatlandia. Racconto fantastico a più dimensioni*, Adelphi, Milano.

ACZEL (2008), Amir D. Aczel, *L'equazione di Dio*, il Saggiatore, Milano.

BARBOUR (2005), Julian Barbour, *La fine del tempo*, Einaudi, Torino.

BARROW (2012), John David Barrow, *Il libro degli universi*, Oscar Mondadori Milano.

BARROW (2009), John David Barrow, *Le immagini della scienza*, Mondadori, Milano.

BERGSON (2007), Henri Bergson, *Materia e memoria*, Se, Milano.

BOULLÉE (2005), Étienne-Louis Boullée, *Architettura Saggio sull'arte*, Einaudi, Torino.

CAPRA (1995), Fritjof Capra, *Il Tao della fisica*, Adelphi, Milano.

CASSIRER (2003), Ernst Cassirer, *Filosofia delle forme simboliche*, a cura di Arnaud E., Sansoni, Firenze.

CASSIRER (2015), Ernst Cassirer, *La teoria della relatività di Einstein*, Castelvechi, Roma.

CATALANO (2010), Claudio Catalano, *Architettura, scienza e percezione*, Aracne, Roma, 2010

CREASE, GOLDHABER (2015), Robert Crease, Alfred Goldhaber, *Ogni cosa è indeterminata*, Codice, Torino.

DAVIES (1997), Paul Davies, *I misteri del tempo, l'universo dopo Einstein*, Mondadori, Milano.

DAVIES (1981), Paul Davies, *Universi possibili*, Mondadori, Milano.

DOSTOEVSKIJ (1957), Fëdor Michajlovič Dostoevskij, *I fratelli Karamazov*, Milano, Mondadori.

DUCHAMP (2009), Marcel Duchamp, *Ingegnere del tempo perduto. Conversazione con Pierre Cabanne*, Abscondita.

DUCHAMP (1967), Marcel Duchamp, *Entretiens avec Pierre Capanne*, Paris, Belfond, 1967

EINSTEIN (2014), Albert Einstein, *Autobiografia scientifica*, Bollati Boringhieri, Torino.

EINSTEIN (2014a), Albert Einstein, *Pensieri degli anni difficili*, Bollati Boringhieri, Torino.

EINSTEIN (2011), Albert Einstein, *Relatività. Esposizione divulgativa*, Bollati Boringhieri, Torino.

FLORENSKIJ (1995), Pavel Aleksandrovič Florenskij, *Lo spazio e il tempo nell'arte*, a cura di N. Misler, Milano.

FLORENSKIJ (2007), Pavel Aleksandrovič Florenskij, *Il simbolo e la forma*, Bollati Boringhieri, Milano.

FRIEDMAN (2011), Yona Friedman, *Come costruire un'immagine*, Quodlibet, Macerata.

GIEDION (1953), Sigfried Giedion, *Spazio, tempo e architettura: lo sviluppo di una nuova tradizione*, Hoepli, Milano.

GOETHE (1979), Johann Wolfgang von Goethe, *La teoria dei colori*, a cura di R. Troncon, Il Saggiatore, Milano.

HAWKING (2011), Stephen Hawking, *Il grande disegno*, Mondadori, Milano.

HAWKING, PENROSE (1996), Stephen Hawking, Roger Penrose, *La natura dello spazio e del tempo*. Sansoni, Milano.

HENDERSON (1983), Linda Dalrymple Henderson, *The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art*, Princeton University Press, Princeton.

HEISENBERG (1991), Werner Karl Heisenberg, *Indeterminazione e realtà*, Guida, Napoli.

HINTON (1980), Charles Howard Hinton, *Selected Writings*, a cura di R. Rucker, Dover, New York.

HUXLEY (1980), Aldous Huxley, *Le porte della percezione*, Mondadori, Milano.

JEAN (1959), Marcel Jean, *Il surrealismo*, Bompiani, Milano.

JENCKS (1974), Charles Jencks, *Il significato in architettura*, Dedalo, Bari.

KAISER (2013), David Kaiser, *Come gli Hippie hanno salvato la fisica*, Castelvecchi, Roma.

KANT (2013), Immanuel Kant, *Critica della ragion pura*, Utet, Novara.

KANT (1995), Immanuel Kant, *Prolegomeni ad ogni futura metafisica che si presenterà come scienza*, Laterza, Bari.

MARCADÉ (2009), Bernard Marcadé, *Marcel Duchamp. La vita a credito*, Johan & Levi, Milano.

NEWTON (1965), Isaac Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, UTET, Torino.

NOE (2010), Alva Noe, *Perché non siamo il nostro cervello*, cortina. Milano.

PAIS (1991), Abraham Pais, *Sottile è il signore... La scienza e la vita di Albert Einstein* Bollati Boringhieri, Torino.

PANOFSKY (2007), Erwin Panofsky, *La prospettiva come forma simbolica*, Abscondita, Milano.

PAUWELS, BERGIER (2003), Louis Pauwels, Jacques Bergier, *Il mattino dei maghi*, Mondadori.

POE (1993), Edgar Allan Poe, *Eureka un saggio sull'universo materiale e spirituale*, Mondadori, Milano.

POINCARÉ (2012), Jules Henri Poincaré, *La scienza e l'ipotesi*, Dedalo, Bari.

POINCARÉ (1997), Jules Henri Poincaré, *Scienza e metodo*, Einaudi, Torino.

RUCKER (1994), Rudy Rucker, *La quarta dimensione*, Adelphi, Milano.

SAGGIO (2007), Antonino Saggio, *Introduzione alla Rivoluzione Informatica in Architettura*, Carocci, Roma.

SCHAPIRO (2003), Meyer Schapiro, *Tra Einstein e Picasso*, Marinotti, Milano.

TEGMARK M. (2014), Max Tegmark, *L'universo matematico*, Bollati Boringhieri, Torino.

- VAN GOGH (2013), Vincent Van Gogh, *Lettere a Theo*, Guanda, Milano.
- VIDLER (2009), Anthony Vidler, *La deformazione dello spazio*, Postmedia, Milano.
- WATTS (2014), Alan Wilson Watts, *La via dello zen*, Feltrinelli, Milano.
- WELLS (2007), Herbert G. Wells, *La macchina del tempo*, Mursia, Milano.
- WHITTICK (1960), Arnold Whittick, *Eric Mendelsohn architetto*, Calderini, Bologna.
- WINNICOTT (1993), Donald Woods Winnicott, *Gioco e realtà*, Armando, Roma.
- WITTGENSTEIN (2009), Ludwig Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus e Quaderni 1914 -1916*, Einaudi, Torino.
- WOLF (2007), Fred Alan Wolf, *Lo yoga della mente e il viaggio nel tempo. Come diventare padroni dello spazio e del tempo*, Macro, Diegaro di Cesena.
- WÖLFFLIN (2010), Heinrich Wölfflin, *Psicologia dell'architettura*, Et al., Milano.
- WRIGHT (1998), Frank Lloyd Wright *Una autobiografia*, Jaca book, Milano.
- ZEVI, (1973), Bruno Zevi, *Il linguaggio moderno dell'architettura, Guida al codice anticlassico*, Einaudi, Torino.
- ZEVI (2005), Bruno Zevi, *Controstoria dell'Architettura in Italia. Preistoria e Alto Medioevo*, Newton & Compton, Roma.
- ZEVI (1992), Bruno Zevi, *Sterzate architettoniche*, Dedalo, Bari.
- ZUKAV (2015), Gary Zukav, *La danza dei maestri Wu Li*, Corbaccio, Milano.

# GLOSSARIO

**BUCKYBALL** - Sinonimo di buckminsterfullerene, una molecola di fullerene scoperta nel 1985 il cui nome attuale è stato dato in onore di Richard Buckminster Fuller (1895-1983), architetto celebre per aver diffuso la cupola geodetica con la forma della stessa molecola.

**GEOMETRIA DELL'UNIVERSO** - Le teorie cosmologiche prevedono diverse possibili «forme» dell'universo: lo spazio può avere curvatura positiva e somigliare alla superficie di una sfera, oppure può essere piana o euclidea - o anche iperbolica con una curvatura negativa, che può essere visualizzata pensando a una sella da cavallo. Tutte queste forme devono però essere pensate in un contesto quadridimensionale.

**IPERSPAZIO** - Il termine iperspazio fu coniato dal matematico inglese Arthur Cayley nel 1867 per designare uno spazio avente un numero di dimensioni geometriche maggiori delle classiche tre dello spazio fisico, il termine ha avuto negli anni a seguire un grande successo presso gli scrittori di fantascienza che hanno adoperato le magie dell'iperspazio per i loro fantastici viaggi interstellari.

**IPERSFERA** - Una ipersfera è l'analogo di una sfera con più di tre dimensioni. Una ipersfera di raggio  $r$  nello spazio euclideo  $n$ -dimensionale consiste di tutti i punti che hanno distanza  $r$  da un dato punto fisso, il centro dell'ipersfera. Considerando i punti equidistanti da un centro in uno spazio unidimensionale - una retta - si ottiene una coppia di punti, se invece consideriamo suddetti punti in uno spazio bidimensionale - un piano - otteniamo un cerchio, mentre nello spazio tridimensionale otteniamo la sfera che conosciamo tutti. Fin qui riusciamo a percepire in modo immediato ogni rappresentazione dimensionale, la

retta, il piano e lo spazio sono le dimensioni di cui abbiamo dimestichezza; tutto quello che ci circonda è riconducibile visivamente a queste tre dimensioni. I problemi si presentano quando dobbiamo rappresentare una ipersfera n-dimensionale con n maggiore di 3, i numeri n – le dimensioni – possono essere infinite ma la nostra difficoltà di rappresentazione e visualizzazione si presenta già in uno spazio a quattro dimensioni. Il modo migliore per immaginare una ipersfera è quella di pensare a una sfera quadrimensionale, che è attraversata da un ente-sezione («come fosse il cavo di una mano che si immerge in un mondo quadrimensionale e che estrapoli, dalle infinite sfere tridimensionali lì esistenti, una particolare sfera 3D che è quella che si materializza nel mondo abituale a tre dimensioni che noi viviamo e percepiamo»<sup>41</sup>). In pratica si tratta dell'analogia esperienziale di Flatlandia che Abbott sposta però, per chiarezza espositiva, nel mondo a 2 dimensioni. Gli abitanti bidimensionali intuiscono la presenza di una sfera tridimensionale solo attraverso la sezione circolare sul loro piano. La sfera muovendosi determina cerchi via via più grandi fino alla circonferenza massima della sfera e cerchi che poi si rimpiccioliscono mano a mano che la sfera si solleva dal piano fino a diventare un punto.

KOAN - è un termine mutuato dal Buddhismo Zen e indica un espediente - solitamente avente forma di una frase o racconto breve - che ha lo scopo di risvegliare una consapevolezza profonda. Un koan è caratterizzato da affermazioni paradossali e illogiche che mirano a sradicare le comuni convinzioni sulla realtà

INFLAZIONE, TEORIA - ipotizza un'espansione esponenziale agli inizi dell'universo e implica che l'attuale universo osservabile sia una ipersfera di 156 miliardi di anni luce di diametro. Nel corso dell'inflazione, l'universo oggi osservabile sarebbe passato dalle dimensioni di una particella sub atomica a quella di una palla da tennis nel tempo di 10-35 secondi.

PATAFISICA - Il termine compare per la prima volta nel 1898 nel libro *Gesta e opinioni del dottor Faustroll, patafisico*, ad opera di Alfred Jarry che definì il termine quale «scienza delle soluzioni immaginarie, che accorda simbolicamente ai lineamenti le proprietà degli oggetti descritti per la loro virtualità.» Si prefigge di studiare il particolare e le

<sup>41</sup> È quanto mi ha scritto Antonino Saggio spedendomi anche una foto che illustra l'idea sabato 26 dicembre 2015. In realtà la nostra corrispondenza si è sviluppata punto per punto nei vari aspetti del libro e non è detto che magari in altra occasione non possa essere resa nota.

eccezioni e spiegare l'universo supplementare al nostro ibridando le teorie scientifiche con il linguaggio dell'assurdo e del nonsense.

**PRINCIPIO DI INDETERMINAZIONE** - Nel 1927, un 26enne tedesco di nome Werner Karl Heisenberg postulava un principio che sarebbe passato alla storia come il principio di indeterminazione di Heisenberg : per ogni oggetto macroscopico sia velocità e posizione per ogni punto della rotta possono essere calcolati o misurati con precisione. Al contrario, per una particella quantistica in movimento non possiamo conoscerne velocità e posizione misurati entrambi con precisione. Quando una delle due variabili è nota con precisione, l'altra è indeterminata. Quando conosciamo la velocità, non abbiamo idea dove la particella si trova e quando sappiamo la posizione della particella, non sappiamo nulla della sua velocità. E non è perché le nostre misurazioni non sono sufficientemente accurate. Semplicemente una delle due non esiste!

**SPAZIO DI HILBERT** - È uno spazio vettoriale ad infinite dimensioni introdotto dal matematico David Hilbert nei primi anni del 900. Lo spazio astratto di Hilbert permise di contribuire allo sviluppo della teoria cinetica dei gas e alla teoria della radiazione. Negli anni 20 la teoria degli spazi di Hilbert fu applicata da John von Neumann quale strumento matematico atto a descrivere il mondo quantistico.

**SPAZIOTEMPO DI MINKOWSKI** - Introdotto da Hermann Minkowski nel 1907 è uno spazio euclideo a coordinate reali, su cui è però definita una distanza differente da quella euclidea. Tale distanza è ricavata da un prodotto scalare differente da quello ordinario. Secondo tale formulazione il tempo e lo spazio non sono entità separate ma connesse fra loro in uno spaziotempo quadridimensionale. Minkowski definisce la struttura dello spaziotempo in questo modo: «Un punto dello spazio ed un punto del tempo, cioè, un sistema di valori  $x, y, z, t$  lo chiamerò un punto dell'universo. La molteplicità di tutti i pensabili sistemi di valori  $x, y, z, t$ , la battezziamo universo». Il continuum spaziotempo così definito è uno spazio matematico a quattro dimensioni, i cui punti sono definiti punti-evento. Il moto degli oggetti è rappresentato da linee-di-universo, che uniscono i punti-evento corrispondenti alle coordinate istantanee degli oggetti stessi.





# INDICE DEI NOMI

ABBOTT Edwin, 63-64, 161,  
166  
ACZEL Amir D., 87-88, 161  
ALIGHIERI Dante, 103-104  
ANAB Jan, 149  
APOLLINAIRE Guillaume, 111-  
112  
ARDEN Jon, 149  
ARTAUD Antonin, 160

BALLA Giacomo, 114  
BANACH Stefan, 138  
BARBOUR Julian, 94-97, 100-  
101, 161  
BARRETT Syd, 151  
BARROW John, 29, 74, 161  
BELL John Stewart, 146  
BERGIER Jacques, 103-104, 162  
BERKELY George, 145  
BERGSON Henri, 113, 115, 139,  
161  
BESSEL Friedrich, 39  
BLACK Max, 24  
BOCCIONI Umberto, 114

BOHM David, 146  
BOHR Niels, 10, 144-145, 147,  
150  
BOLYAI János, 38, 54  
BOULLÉE Étienne-Louis, 10,  
30, 32  
BRAGDON Claude, 69, 71  
BURGESS Gelett, 69  
BURROUGHS William, 151

CAYLEY Arthur, 165  
CAGE John, 10, 150  
CALVINO Italo, 20  
CAPRA Fritjof, 83, 152, 161  
CASSIRER Ernst, 19, 24, 115,  
161  
CARRÀ Carlo, 114  
CARROLL Lewis, 151  
CARTESIO Renato, (René De-  
scartes) 11  
CHEVREUL Michel, 52  
CLIFFORD William Kingdon,  
42-44  
CREASE Robert, 161  
CROOKES William, 58

- D'ALEMBERT Jean-Baptiste, 53  
 DAVIES Paul, 83, 161  
 DAVRAY Henry, 68  
 DAWKINS Richard, 137  
 DE BROGLIE Luis, 83  
 DE FUSCO Renato, 10, 133  
 DE PAWLOWSKI Gaston, 120  
 DE WITT Bryce, 148  
 DIDEROT Denis, 53  
 DIRAC Paul, 158  
 DIRICHLET Peter, 40  
 DOCCI Mario, 10  
 DORÉ Gustave, 105  
 D O S T O E V S K I J F ë d o r  
 Michajlovič, 38  
 DUCHAMP Marcel, 10, 91, 100,  
 116-122, 135, 161  
  
 EDDINGTON Arthur Stanley,  
 118  
 EINSTEIN Albert, 9-12, 17, 19-  
 23, 27, 29, 32-35, 40, 42, 44,  
 46-50, 57, 71-72, 77-79, 81-  
 89, 108-112, 116-117, 123,  
 125-130, 133-135, 143-146,  
 150, 159, 162  
 EL LISSITZKY, 125  
 EMMER Michele, 10  
 ESCHER Maurits Cornelis, 55  
 EUCLIDE, 27, 38, 41, 54, 133  
 EVELETH George W., 57  
 EVERETT Hugh, 148-149  
  
 FEYERABEND Paul, 26  
 FEYNMAN Richard, 77  
 FLORENSKIJ Pavel Aleksandro-  
 vič, 89, 93, 104, 106, 162  
 FRAGONARD Jean-Honoré, 16  
 FREUNDLICH Erwin, 128  
 FRIEDMAN Yona, 97, 162  
  
 FULLER Richard Buckminster,  
 165  
  
 GAUSS Carl, 19, 33-34, 38-39  
 GIEDION Sigfried, 108-110,  
 162  
 GIORDANO Bruno, 103  
 GLEIZES Albert, 150  
 GRAHAME Kenneth, 151  
 GOETHE Johann Wolfgang, 17,  
 52, 101, 144, 162  
 GORMLEY Antony, 138  
  
 HARDY Harold, 37  
 HARTLE James, 143  
 HAWKING Stephen, 143, 162  
 HEINLEIN Robert A., 65, 133  
 HEISENBERG Werner Karl, 10,  
 142, 145-147, 149, 162, 167  
 HELMHOLTZ Hermann, 19, 22,  
 44-45, 52, 60  
 HENDERSON Linda Dalrymp-  
 le, 109-110, 162  
 HILBERT David, 83-84, 138,  
 148, 167  
 HINTON Charles Howard, 59,  
 65-66, 69, 162  
 HUXLEY Aldous, 139, 141, 162  
  
 JACOBI Carl, 40  
 JARRY Alfred, 59, 67-69, 166  
 JASPERS Karl, 96  
 JENCKS Charles, 135, 162  
  
 KAISER David, 162  
 KAISER Henry, 133  
 KALUZA Theodor, 71  
 KANDINSKY Wassily, 71, 128

- KANT Immanuel, 19-20, 32-37,  
     55, 74, 162  
 KEYNES John, 27  
 KEPLERO Giovanni, 57  
 KLEE Paul, 128  
 KLIMAS Martin, 101-102  
 KOCH Elise, 40  
 KOLERS Paul, 98  
 KUPKA František, 71
- LAO Tsu, 126  
 LAPLACE Pierre Simon, 57  
 LAPORTE Paul, 110  
 LE BRETON André, 53  
 LE CORBUSIER, 133-136  
 LEGENDRE Adrien-Marie, 40  
 LENIN Vladimir, 53  
 LEWIS Wyndham, 61  
 LOBACHEVSKY Nikolaj, 19, 54  
 LORD Rosse, 73  
 LORENTZ Hendrik, 17, 22, 79,  
     83  
 LUCREZIO Tito, 18
- MARC Franz, 128  
 MARCADÉ Bernard, 118, 162  
 MAREY Étienne-Jules, 99-100,  
     117  
 MARGENAU Henry, 23  
 MARINETTI Filippo Tommaso,  
     115  
 MATURANA Humberto, 25-26  
 MAXWELL James, 52, 61  
 MENDELSON Erich, 127-130  
 METZINGER Jean, 113-114,  
     117, 150  
 MILLER Arthur, 150  
 MINKOWSKI Hermann, 17, 40,  
     77, 82-83, 90-91, 138, 167  
 MÖBIUS Ferdinand, 36-37, 54,  
     58, 88
- MONDRIAN Piet, 71  
 MORE Henry, 53  
 MUYBRIDGE Eadweard, 98-  
     100, 117
- NEWTON Isaac, 10-11, 22, 27-  
     33, 52, 57, 78, 162  
 NIETZSCHE Friedrich, 115  
 NOE Alva, 158, 162  
 NOUVEL Jean, 123
- OKAURA Kakuzō, 126  
 OLOFSEN Erik, 140-141  
 OZENFANT Amédée, 135  
 PAIS Abraham, 77, 85, 162  
 PANOFKY Erwin, 109, 162  
 PAUWELS Louis, 103-104, 162  
 PICASSO Pablo, 107, 109, 111,  
     117, 135, 150  
 PLANCK Max, 144, 156-157  
 PLATONE, 53, 89  
 POE Edgar Allan, 56-57, 163  
 POINCARÉ Jules, 10, 19, 22, 25,  
     41, 46-50, 54, 57, 107, 112,  
     115-117, 121, 134, 163  
 POLLOCK Jackson, 142, 151  
 POUND Ezra, 61, 63  
 PRINCET Maurice, 117
- RICCI Curbastro Gregorio, 42  
 RIEMANN Bernhard, 10, 19, 34,  
     39, 40-43, 46, 54, 58, 68, 85,  
     106, 118, 138  
 ROVELLI Carlo, 10  
 RUCKER Rudy, 56, 61, 163  
 RUSSOLO Luigi, 114
- SAGGIO Antonino, 9, 163, 166

SCHAPIRO Meyer, 108-109,  
 111, 159, 163  
 SCHMARSOW August, 124  
 SCHRÖDINGER Erwin, 146-147  
 SCHWEIKART Ferdinand, 38  
 SEBRING Steven, 100  
 SEVERINI Gino, 114  
 SCHOPENHAUER Arthur, 115  
 SLADE Henry, 58-59  
 STEINER Jakob, 40  
 STEWART Balfour, 59-61  
  
 TAIT Peter Guthrie, 59-61  
 TEGMARK Max, 138, 163  
 THOMSON William, 60  
 TURNER William, 10, 50-52, 74  
  
 USPENSKIJ Pëtr, 71-72  
  
 VALÉRY Paul, 57  
 VAN DE VELDE Henry, 124  
 VAN DOESBURG Theo, 131-132  
 VAN GOGH Vincent, 10, 73-  
 76, 160, 163  
 VASARÉLY Jean-Pierre, 55  
 VENTURI Lionello, 74  
 VIDLER Anthony, 163  
 VON GRÜNAU Michael, 98  
 VON MANEN Johann, 56  
 VOSS-ANDREAE Julian, 154-  
 156  
  
 WATTS Alan Wilson, 94, 163  
 WHEELER John, 87  
 WEYL Herman, 83  
 WELLS Herbert G., 36, 59, 67-  
 68, 163  
 WHITTICK Arnold, 128, 163  
 WIENER Norbert, 21  
  
 WINNICOTT Donald Woods,  
 163  
 Wittgenstein Ludwig, 36-37,  
 163  
 WOLF Fred Alan, 163  
 WRIGHT Frank Lloyd, 125-  
 126, 163  
  
 ZEILINGER Anton, 152-154,  
 156  
 ZEVI Bruno, 125-127, 163  
 ZÖLLNER Johann Carl Frie-  
 drich, 58-59  
 ZUKAV Gary, 163

## I titoli della collana



### **I sandali di Einstein**

Introduzione all'estetica  
dello spaziotempo

Claudio Catalano

ISBN 978-1-326-49154-3

Questo Libro può essere ordinato  
presso le librerie on line di

[Www.Amazon.com](http://Www.Amazon.com)  
[Www.lulu.com/spotlight/ITools](http://Www.lulu.com/spotlight/ITools)

Stampato e distribuito da  
Lulu.com Raleigh, USA 2016