

© 2018 Compagnia editoriale Aliberti Srls
Tutti i diritti riservati

Compagnia editoriale Aliberti Srls

Sede legale
Via Fosdondo, 94 - Correggio (RE)

Sede operativa
Vicolo Scaletta, 1- Reggio Emilia

Promozione e distribuzione A.L.I. Agenzia Libreria International
www.aliberticompagniaeditoriale.it | info@cealiberti.it

Eugenio Capitani

Si può spiegare *il tutto*?

Il dibattito attorno alla teoria delle stringhe
tra scienza e filosofia

Aliberti compagnia editoriale

A Delia e a tutti coloro che hanno creduto in questo lavoro

Einstein disguised as Robin Hood
With his memories in a trunk
Passed this way an hour ago
With his friend a jealous monk
Now he looks so immaculately frightful
As he bummed a cigarette
Then he went off sniffing drainpipes
And reciting the alphabet
You would not think to look at him
But he was famous long ago
For playing the electric violin
On desolation row

(Bob Dylan, *Desolation row*)

Take me on a trip upon
Your magic swirling ship
My senses have been stripped
My hands can't feel to grip
My toes too numb to step
Wait only for my bootheels
To be wandering
I'm ready to go anywhere
I'm ready for to fade
Into my own parade
Cast your dancing spell my way
I promise to go under it

(Bob Dylan, *Mr. Tambourine man*)

Indice

Introduzione

PARTE PRIMA

La "più bella delle teorie"

I. Una pesante eredità

La relatività generale e le sue influenze

La volontà di unificare

Come nasce la teoria delle stringhe

II. Una teoria per l'unificazione

La Genealogia della teoria delle stringhe

Le analisi di Leonard Susskind e del suo gruppo

Il nuovo paradigma e i suoi problemi

III. Lo sviluppo storico e scientifico della teoria delle stringhe

La rivoluzione delle superstringhe

Dagli studi di Green e Schwarz alle stringhe eterotiche

Il problema della multidimensionalità

IV. Il cuore ballerino della teoria delle stringhe

Una questione di matematica

Ancora le dimensioni extra

La geometria delle dimensioni extra

V. Le contraddizioni di un modello

La variabilità dei parametri

Il problema delle anomalie

La questione del principio antropico

VI. Le principali alternative alla teoria delle stringhe

Lo spirito rivoluzionario
La teoria delle brane multidimensionali
Dal multiverso alla teoria olografica

VII. Il valore dimostrativo e sperimentale delle stringhe

Il fascino di un fallimento
Un bilancio generale della teoria delle stringhe
I nuovi orizzonti della fisica contemporanea

PARTE SECONDA

Il futuro della fisica e delle sue applicazioni

I. Come nasce una teoria

La necessità di porsi grandi domande
La spiegazione scientifica
Il futuro esplicativo della teoria delle stringhe

II. Previsioni o divinazioni?

Come funziona realmente la scienza
La scienza e i suoi partiti
Chi sono i veggenti?

III. Gli ingranaggi della macchina scienza

Il principio antropico tra scienza e filosofia
La metafisica: il passato e il presente
Il lavoro comune di scienza e filosofia

IV. Verso l'infinito e oltre

Un problema teorico
Proposta per una nuova scienza
Elogio dell'incertezza e cultura dell'inaccessibile

Bibliografia

Introduzione

Cosa potrebbe succedere se, dopo anni interi di ricerche e studi approfonditi dietro a una scrivania o in un oscuro laboratorio, vi sentiste così delusi e insoddisfatti da voler abbandonare completamente tutto ciò su cui avete disperatamente lavorato alla continua ricerca di valide conferme? Come vi sentireste concretamente, specie se foste costretti a cercare immediatamente un altro settore nel quale buttarvi a capofitto per non perdere ulteriore tempo? Queste sono domande che, forse, potrebbero risultare eccessivamente pressanti se non si tenesse conto di ciò che nascondono al loro interno, nella loro più buia profondità; eppure, non sarebbe affatto strano se, almeno una volta nella vita, fossimo costretti a porci di fronte d un problema simile, specialmente se dedichiamo la maggior parte del nostro tempo allo studio della scienza e delle sue concrete applicazioni.

Per esempio, in una celebre e divertente serie televisiva americana (*The Big Bang Theory*, per la precisione, premiata anche per la sua capacità di sensibilizzare il grande pubblico su tematiche scientifiche molto complesse) la questione viene affrontata direttamente da uno dei protagonisti: Sheldon Cooper è un giovane ricercatore dell'Università di Pasadena (Los Angeles), un tipo eccentrico, genio as-

soluto ed *enfant prodige* proveniente dal Texas, dotato di una comicità tra il serio e il faceto molto esilarante. La sua carriera accademica è stata segnata dallo sviluppo e dallo studio della teoria delle stringhe, campo nel quale ha potuto raggiungere risultati scientifici importanti e di valore internazionale oltre che a una rispettabilità di carriera assolutamente non scontata, data la sua giovane età. Eppure, a causa dei risultati inconcludenti e insufficienti a livello tecnico e concettuale della teoria sulla quale si è concentrato per così tanto tempo, decide di abbandonare il lavoro e di andare alla ricerca di un altro campo di studi che lo possa soddisfare come il precedente (la ricerca risulta esilarante e complicata, dal momento che il successo accademico del personaggio è strettamente legato alla teoria delle stringhe, contrariamente ai suoi amici, i quali si dividono tra l'astrofisica classica e l'ingegneria meccanica). La depressione di Sheldon è tale da essere vissuta con fastidio persino da tutti coloro che gli stanno intorno, fino a coinvolgere le persone più care, che cercano in tutti i modi di aiutarlo a trovare un nuovo interesse dopo la cocente delusione subita. Ad ogni modo la ricerca andrà a buon fine, dopo una serie di situazioni imbarazzanti e gag emblematiche, legate prevalentemente al carattere del personaggio e dei suoi amici con i quali condivide la maggior parte del suo tempo e delle sue esperienze, sia private che lavorative.

Ora, non c'è dubbio che si sia parlato di una fiction che possiede pur sempre il pregio di introdurre in maniera divertente e accessibile alcune delle tematiche scientifiche più complesse e controverse degli ultimi vent'anni, ma si tratta lo stesso di finzione, con tanto di attori e sceneggiatura *ad hoc*. Ciò nonostante, il dilemma vissuto da Sheldon è analogo a quello di molti altri scienziati che si sono trovati a dover constatare l'apparente fallimento della teoria

delle stringhe, che era stata considerata come la chiave definitiva per raggiungere l'unificazione della meccanica quantistica con la relatività generale di Einstein, una delle missioni impossibili della fisica contemporanea. Non solo, gli studi e gli approfondimenti relativi a questa teoria hanno potuto essere il trampolino di lancio di molte carriere accademiche, facendo la fortuna di diversi studiosi che si sono ritrovati a diventare dei veri esperti del settore; pertanto, abbandonare una simile sicurezza, sia da un punto di vista di ricerca scientifica che da uno strettamente più lavorativo, non poteva che generare confusione e sconforto, specie per le speranze che erano state riposte in uno studio specifico di tale portata. Uno degli esempi più eclatanti, se consideriamo lo sviluppo storico e scientifico della teoria delle stringhe, viene rappresentato dal noto fisico teorico Lee Smolin, inizialmente grande sostenitore della teoria, per poi virare decisamente in una direzione più critica, arrivando ad ipotizzare una fisica senza le stringhe (ovvero procedere con l'abbandono di una teoria che, a suo avviso, non ha prodotto i risultati sperati), come potremo ben vedere nel suo testo *L'universo senza stringhe*.

Concretamente, quindi, che cosa rappresenta questa teoria delle stringhe? Cosa può chiedere la filosofia ad una simile ricerca? E che cosa si intende esattamente per *teoria del tutto*? Si tratta, in primo luogo, di considerare quanto una teoria dalle grandi speranze e promesse possa influenzare a tal punto il funzionamento della scienza come pure introdurre turbamenti che esulano dalla semplice trattazione tecnica, dando vita a una vera e propria disamina dei poteri e delle responsabilità della stessa ricerca scientifica. Per quale motivo così tanti studiosi un tempo entusiasti hanno deciso di abbandonare lo studio specifico della teoria e cercare altre soluzioni e visioni alternative? Non può trattarsi solamente di una questione metodologica o tec-

nica, dal momento che una simile decisione viene presa sulla base della stessa concezione e validità di una teoria scientifica, quando essa si candidi a rappresentare il punto di incontro tra due interpretazioni così apparentemente distanti come la meccanica quantistica e la relatività generale. Pertanto, di che cosa stiamo parlando esattamente?

Verso la fine della sua lunga esistenza, uno dei più importanti scienziati che possiamo ricordare, Werner Heisenberg, ci invitava a leggere l'insieme delle sue memorie e considerazioni su quella che era stata la sua attività scientifica, e non solo, con un preciso avvertimento: «la fisica nucleare ci obbliga a considerare sotto nuova luce i problemi di fondo della filosofia, dell'etica e della politica. L'autore spera – se non è speranza troppo audace – che questo libro possa contribuire ad ampliare il dibattito su questi temi»¹. Quindi, verrebbe da domandarci, stiamo parlando di scienza, di filosofia, di politica oppure di che cosa? Appare evidente che, per lo stesso Heisenberg e per la maggior parte dei suoi colleghi del tempo, svolgere un'attività di ricerca scientifica non significhi solamente concentrarsi su aspetti tecnici e sperimentali, come può essere il lavoro e lo studio in laboratorio o la semplice riflessione e sperimentazione matematica. Al contrario, tutto ciò coinvolge molti altri scenari e, di fatto, obbliga ogni studioso e ricercatore a confrontarsi personalmente con diversi aspetti che riguardano l'umanità intera sotto forma di cultura, storia e persino di politica, un termine che nel corso del Novecento ha spaventato e non poco molti addetti ai lavori, geniali e ordinari allo stesso tempo. Nessuna distinzione. Dobbiamo forse concludere, allora, che parlare di scienza o di tecnologia nasconda molto di più di quanto non possa sembrare ad una prima e fugace occhiata.

Ebbene, in questo orizzonte, come si inserisce la teoria delle stringhe e la sua specifica storia? Nel corso del No-

vecento, specialmente in seguito agli studi di Einstein e dei suoi colleghi come Heisenberg e Schrödinger, diventa sempre più centrale l'unificazione delle leggi della fisica sotto un unico principio, la ricerca di una *teoria del tutto* che possa effettivamente spiegare il funzionamento generale dell'universo. La scienza si fa sempre più un fatto intellettuale e politico, nel tentativo di portare alla luce quelle risposte fondamentali per la vita dell'umanità e per lo scioglimento degli enigmi più grandi e irrisolti che il cosmo offre a trecentosessanta gradi.

La teoria delle stringhe non si pone solamente come candidata per un simile e arduo compito, ma aspira a rappresentare anche quel raccordo fondamentale tra la scienza e altre importanti discipline che possono concorrere alla spiegazione generale di tutto ciò che ci circonda, sebbene sia stata, specialmente negli ultimi vent'anni, accusata di essere una teoria del tutto inconcludente e persino controproducente per qualsiasi tipologia di ricerca scientifica.

Al fine di mettere in chiaro questi determinati aspetti cominceremo, in primo luogo, con l'affrontare la nascita dell'idea di unificazione all'interno della scienza e delle sue particolari influenze, fino ad arrivare allo sviluppo storico e disciplinare della teoria delle stringhe vera e propria, con le sue evoluzioni e i suoi capovolgimenti di fronte, anche grazie alle diverse ricostruzioni di importanti fisici e pensatori.

La teoria delle stringhe con la sua storia, allora, diventa il laboratorio privilegiato per la costruzione di un'esigenza di risposte alle grandi domande, più audace e intraprendente, che non abbia il timore di affiancare alla certezza del dato empirico e una sorta di incertezza che, paradossalmente, garantisce approfondimenti e arricchimenti di ogni sorta e la fioritura della scienza stessa come disciplina mentale, tecnica, ma anche filosofica. In altre parole, cosa

può chiedere la filosofia alla teoria delle stringhe? Cosa può significare tentare di comprendere ciò che questo particolare studio avrebbe da dirci? Questo è il tentativo di comunicazione e una sorta di curiosità di chiarimento che crediamo valga la pena percorrere, nelle sue speranze e nelle sue contraddizioni.

La “più bella delle teorie”

I. Una pesante eredità

La relatività generale e le sue influenze

La fisica del Novecento non può essere assolutamente catalogata e descritta tanto facilmente. La sua storia intreccia dibattiti e teorie molto diversificate tra di loro, che, tuttavia, possiedono un elemento comune di notevole importanza, tanto semplice quanto possibilmente “catastrofico” se si considerano le sue relative applicazioni: il mondo fisico e l’intero universo non risultano affatto come li aveva descritti la mente straordinaria di Sir Isaac Newton. Nel 1905 i concetti di spazio e tempo subiscono un’alterazione decisiva; Albert Einstein si accorge infatti che esiste una zona intermedia nello spazio, chiamata presente esteso, al limite tra il passato e il futuro in cui spazio e tempo coincidono in maniera inscindibile. Questo punto, confermerebbe l’inesistenza di una simultaneità assoluta, vale a dire che il tempo scorre diversamente a seconda della posizione nello spazio e non costituirebbe un’entità assoluta.¹

1. Come ci ricorda lo studioso Carlo Rovelli, «se su Andromeda vivesse una civiltà avanzata e amichevole che a un certo punto decidesse di inviare una flotta di navi spaziali a farci visita, non avrebbe alcun senso chiedersi ora se la flotta sia già partita o ancora no. L’unica domanda con un senso sarebbe quando potremmo ricevere il primo segnale da questa flotta». C. Rovelli, *La realtà non è come ci appare*, Milano: Raffaello Cortina Editore, p. 66.

Di conseguenza, spazio e tempo non rappresentano due elementi separati, bensì fanno parte di quello che Einstein definisce lo *spaziotempo*, l'insieme di passato e futuro e anche di ciò che non è né passato né futuro. In questo modo, nasce la cosiddetta teoria della relatività ristretta, le cui conseguenze sono numerose, ma sicuramente la più importante coinvolge la legge di conservazione della massa; essa, infatti, viene applicata anche all'energia, dal momento che la massa da sola non si conserva, o meglio, devono esistere processi che generano energia da una determinata massa e viceversa: dove c'è massa c'è anche una data quantità di energia. Tuttavia, la relatività ristretta risulta essere una teoria incompleta, poiché non prende in considerazione la forza di gravità e le sue influenze; questo specifico problema tormenterà le riflessioni di Einstein fino al 1915, quando deciderà di pubblicare per intero la definitiva teoria della relatività generale.

La questione principale della nuova argomentazione einsteiniana viene rilevata in un preciso quesito, lasciato in sospeso dallo stesso Newton: che cos'è lo spazio? Cos'è questo contenitore vuoto e immobile dentro il quale si dovrebbero muovere le particelle e i corpi? In realtà, l'obiettivo primario è costituito dal tentativo di conciliazione tra la gravità di Newton e il campo gravitazionale di Faraday; la soluzione di Einstein risulta essere a dir poco geniale: il campo gravitazionale è lo spazio stesso, non è affatto un contenitore vuoto e immobile come pensava lo scienziato inglese. Anzi, esso è soggetto a continue oscillazioni e deformazioni in prossimità di quelle zone dove il campo gravitazionale è più intenso, ovvero, secondo la teoria della relatività generale, dove la quantità di massa è molto elevata. Una delle conseguenze principali di questa teoria rivoluzionaria consiste nel fatto che lo spazio, così come il tempo, è curvo; lo spazio, o meglio, lo *spaziotempo* ondeg-

gia a seconda delle linee di forza che viaggiano alla velocità della luce e si curva nelle regioni dove sono presenti masse più elevate. Il tempo, allora, a sua volta non è più qualcosa di immutabile e fisso, assoluto e indipendente, ma diviene un elemento, una dimensione dell'universo soggetto a continui cambiamenti e a differenti interpretazioni a seconda della posizione di un eventuale osservatore. La teoria della relatività ha cambiato totalmente il modo di pensare, sia a livello fisico che concettuale, le nozioni di tempo e spazio, lanciando una sfida a tutta la ricerca scientifica successiva; forse, va anche precisato che la rivoluzione di cui abbiamo parlato non si esaurisce solamente alle geniali speculazioni di un impiegato dell'Ufficio brevetti di Berna, come sottolineano diversi studi.

Già nel dicembre del 1900, quando Max Planck pubblicava un articolo nel quale sosteneva la natura granulare dell'energia e della luce, diviene piuttosto chiaro entro quali confini la ricerca si stia muovendo; confini che, senza dubbio, vengono definitivamente abbattuti con la relatività generale, dal momento che Planck aveva un temperamento più fedele ai principi della fisica classica ed era considerato da molti una sorta di *rivoluzionario riluttante*. Egli, tuttavia, possiede un particolare merito di notevole importanza: comprende che «i fisici non avevano mai visto la natura granulare dell'energia perché la "dimensione" di ogni pacchetto era particolarmente piccola (determinata dal numero $h = 6,5 \times 10^{-27}$ erg al secondo, ora nota come "costante di Planck")²». Il fatto che ora la luce venisse considerata come un'onda con determinate caratteristiche simili alle particelle, apriva nuovi scenari di ricerca e comprensione, scenari che nel 1926 vengono de-

2. M.Kaku e J. Thompson, *La teoria del tutto: Einstein e le nuove teorie della fisica*, Castelvechi, Roma, 2015, p. 46.

finitivamente consacrati dal minuzioso lavoro matematico del fisico viennese Erwin Schrödinger. Egli elabora, infatti, un'equazione completa in grado di definire i parametri precisi cui tali onde avrebbero dovuto obbedire. In questo modo, dall'originaria teoria dei quanti di Planck prende vita la cosiddetta meccanica quantistica, in grado di poter ridurre una disciplina stessa come la Chimica a un insieme di equazioni specifiche.

Oltre allo studio particolaristico e matematico di Schrödinger, la nascita del nuovo campo di ricerca viene completata e resa più evidente dall'ipotesi che Werner Heisenberg formula nei confronti della possibilità di conoscere simultaneamente sia la velocità che la posizione di un oggetto determinato: ipotesi che, nella sua formulazione più specifica, costituisce ciò che è noto sotto la definizione di *principio di indeterminazione di Heisenberg*. Secondo le parole del fisico Michio Kaku, le riflessioni dello scienziato tedesco nel 1927 e negli anni immediatamente successivi, comportano un grado di rivoluzione pari a quello già rappresentato dalla definitiva relatività generale:

Secondo Heisenberg l'incertezza nasce perché, nel mondo subatomico, ogni tentativo di osservare un oggetto ne muta velocità e posizione. In altre parole, il processo di misurazione di un sistema atomico disturba il sistema stesso al punto di alterarne lo stato, rendendolo qualitativamente differente dallo stato nel quale era prima della misurazione stessa. Ad esempio, un elettrone è così piccolo che per misurarne la posizione in un atomo occorrerebbe usare dei fotoni. Tuttavia, la luce è così energetica che farebbe rimbalzare fuori dall'atomo l'elettrone stesso, cambiandone posizione ed energia.³

Ciò significa che, a livello subatomico, non è più possibile fare affidamento sul concetto di *determinismo newto-*

3. *Ibidem*.

niano che la fisica aveva considerato uno dei pilastri fondamentali e indubitabili fino a quegli anni. I nuovi calcoli avevano il potere di mettere in dubbio non solo la validità dei principi classici, ma anche di evidenziare la scarsa autonomia della stessa relatività generale, la quale rifiutava categoricamente una teorizzazione casuale del comportamento della materia. Se non esiste la possibilità di poter individuare con precisione la posizione e la velocità di un elettrone, è altrettanto improbabile riuscire a prevedere il comportamento dello stesso elettrone nei confronti delle altre particelle. Ci si ritrova, in questo modo, a dover accettare un grado assoluto di ignoranza nei confronti delle relazioni tra le particelle e dell'intera trama dell'Universo, che si propone a noi come un qualcosa in continuo movimento e cambiamento dominato dalla totale casualità incontrollabile.⁴

Allo scopo di rendere ancora più manifesta questa consapevolezza potenzialmente distruttiva, lo stesso Schrödinger nel 1937 elabora alcuni esperimenti mentali in grado di mettere in rilievo le contraddizioni di questa nuova scienza. Immaginiamo, dunque, di avere da una parte una bottiglia di gas venefico e dall'altra un gatto intrappolato in una scatola dentro la quale non possiamo sbirciare. Se colleghiamo alla bottiglia uno specifico contatore che misura la radiazione emessa da un pezzo di uranio, vediamo come sarà impossibile prevedere se anche un solo atomo di uranio si disintegra rompendo la bottiglia, uccidendo così il gatto, oppure no; in questo senso, è possibile

4. Allo stesso tempo, però, la meccanica quantistica è in grado di analizzare con precisione i nuclei atomici e di poter predire il decadimento, ad esempio, degli atomi di uranio, utilizzando il principio di sovrapposizione, che considera sia lo stato intatto che lo stato di decadimento: un po' come dire che l'essere è e allo stesso tempo non è (nell'incertezza sono valide logicamente entrambe le assunzioni).

soltanto calcolare la probabilità di disintegrazione di una quantità di miliardi imprecisata di nuclei. Il gatto, allora, è descritto da una funzione d'onda che lo vede vivo e morto allo stesso tempo. Senza dubbio, una volta aperta la scatola potremmo verificare con certezza l'effettivo stato del povero gatto, tuttavia «prima di aprire la scatola, in base alla legge della probabilità, il gatto è statisticamente in uno stato di vita o di morte. E se ciò non bastasse, è il solo atto di aprire la scatola a determinare lo stato finale del gatto: in base alla meccanica quantistica, è il processo di misurazione stesso che determina lo stato del gatto»⁵. *Et voilà*, il determinismo è servito su un bel piatto d'argento assieme al corpo inerme della fisica classica, colpita a morte da un concetto tanto semplice quanto sconvolgente.

Naturalmente, uno studioso come Einstein non può assolutamente accettare una simile situazione, sia dal punto di vista teorico che pratico e sperimentale. La celebre frase che egli pronuncia pubblicamente nell'aula di un convegno organizzato dai pionieri della meccanica quantistica "Dio non gioca a dadi con l'Universo", non è sufficiente per comprendere accuratamente le singole argomentazioni delle sue obiezioni. In primo luogo, questo conflitto ha origini antiche e ben documentate; lo stesso Planck nei primi anni del Novecento si era occupato di alcuni concetti come il libero arbitrio e determinismo nel suo testo *Filosofia della scienza*. La meccanica quantistica aveva riportato alla luce un lontano quesito, noto sia ai più grandi pensatori che agli scienziati del nuovo *secolo breve*: se un albero cade in una foresta produce rumore, anche se nessuno è presente per rilevarlo? Newton e lo stesso Einstein risponderebbero affermativamente, in quanto il principio basilare del loro studio è senza dubbio la valenza oggettiva

5. M.Kaku e J.Thompson, op. cit., p.53..

va delle leggi della fisica, di contro alla soggettività della misurazione. Ciò non vale, tuttavia, per i fisici quantistici, dal momento che solamente il processo di osservazione e successivamente di misurazione creano, in un certo modo, la realtà stessa che noi esperiamo quotidianamente. Una prospettiva, quest'ultima, assai difficile da accettare, ma che ben presto avrebbe dominato interi campi di ricerca nei successivi quarantacinque anni di storia.

Il fatto che "Dio non giochi a dadi", però, è una convinzione così forte che Einstein si oppone fino agli ultimi anni della sua vita alla nuova impostazione vigente. Non accetta, in primo luogo, la totale casualità in un sistema come quello dell'Universo, rimanendo fedele all'idea di un cosmo ordinato e di una materia altrettanto ordinata e costante nelle sue manifestazioni. In secondo luogo, egli ritiene che la teoria dei quanti sia incompleta, dal momento che ogni elemento della realtà deve possedere un proprio corrispondente all'interno della teorizzazione, cosa che non accade nella fisica dei quanti. La meccanica quantistica, infatti, sotto questo punto di vista possiede un difetto: «avendo a che fare solo con il comportamento di gruppi di oggetti, si tratta di un sistema teorico che non può fare previsioni sul comportamento dei singoli oggetti». ⁶ Per spiegare in qualche modo il grande successo momentaneo che la nuova disciplina riscontra nella prima metà del XX secolo, Einstein argomentava che la teoria di Newton aveva resistito per ben due secoli prima di venire giudicata come parziale e incompleta. Tuttavia, bisogna tenere conto che, in ultima analisi, il fisico tedesco comprende e accoglie positivamente le equazioni matematiche della meccanica quantistica; allo stesso tempo, rimane costantemente fedele fino alla morte al progetto di ricerca con lo scopo

6. M.Kaku e J.Thompson, op. cit., p.55.

di elaborare una teoria che possa effettivamente mettere d'accordo una volta per tutte i dati quantistici con la relatività. Possiamo affermare con certezza, dunque, che il primo grande sostenitore di una teoria unificata e generale della fisica dell'intero universo sia proprio Albert Einstein.

La volontà di unificare

Dove, allora, la meccanica quantistica evidenzia tutta la sua insufficienza e particolarità? Risulta assolutamente indubitabile come la funzione d'onda di Schrödinger e il principio di indeterminazione di Heisenberg abbiano potuto svelare a livello fisico e chimico proprietà fino ad allora sconosciute, senza dimenticare il planckiano concetto granulare di energia nel salto quantico di orbitale che un elettrone compie attorno al nucleo di un atomo. Tutto questo, però, si svolge senza una considerazione fondamentale di cui ogni fisico dovrebbe sempre tenere conto: a livello subatomico si ignorano completamente le leggi della relatività, sia di quella ristretta che di quella generale. Come ci ricorda il professor Michio Kaku, del resto, la fisica dei quanti funziona correttamente solamente quando si vogliono analizzare velocità esponenzialmente inferiori a quella della luce (300000 km/s). In altre parole, la teoria si può applicare solamente a delle velocità molto basse, quando cioè non è assolutamente possibile fare previsioni sulle deviazioni delle singole particelle.⁷

7. Per comprendere meglio il concetto, lo stesso Michio Kaku utilizza un'analogia molto esplicativa: «Immaginiamo di guidare una Toyota in una pista automobilistica. Fino a quando la guidiamo a velocità inferiori ai circa 150 chilometri orari, funziona tutto bene. Tuttavia, se proviamo a superare i 240 chilometri orari, l'automobile si potrebbe rompere e sfuggire al controllo. Questo non vuol dire che la nostra comprensione ingegneristica di un'automobile sia obsoleta e da buttare, ma che per velocità superiori ai 240 chilometri orari, abbiamo semplicemente bisogno di un'automobile drasticamente modificata per sopportare velocità così

Per quanto riguarda, invece, velocità più elevate risulta necessario tenere conto della relatività. Accostare le due teorie l'una all'altra, tuttavia, non è affatto un'impresa di poco conto, considerando il divario di grandezza che le separa; ma è a partire dagli anni Cinquanta che si riscontrano i primi tentativi in questa specifica direzione, che successivamente costituiranno ciò che è noto sotto l'espressione la "ricerca della teoria del tutto" (*theory of everything*).

Il primo vero passaggio in questo senso, si rivela essere un autentico disastro. Dopo il 1948 prende forma la cosiddetta teoria quantistica dei campi, con il preciso scopo di unificare le leggi della relatività con le equazioni della meccanica quantistica; il problema principale di questa impostazione nasconde al suo interno pericolose e contraddittorie conseguenze: «ogni volta che i fisici tentavano di calcolare, ad esempio, cosa accadeva quando gli elettroni collidevano, la teoria quantistica dei campi prediceva valori infiniti per la collisione»⁸. L'esperienza delle stringhe, che analizzeremo poco più avanti, non era ancor stata del tutto elaborata, ma già era chiaro come fosse necessario realizzare una riflessione intorno all'unione delle due principali teorie fisiche del momento, cercando di metterle in comunicazione senza tuttavia giungere a palesi e pesanti contraddizioni o paradossi. Il principale problema della teoria quantistica dei campi era rappresentato dagli ipotetici valori infiniti di collisione e non poteva prevedere, di conseguenza, il comportamento delle particelle in un campo gravitazionale con velocità vicine a quelle della luce. Solamente con la successiva e complessa teoria delle superstringhe questo problema ha potuto approdare ad un'ipotetica soluzione, «in quanto le superstringhe bandiscono

alte». M. Kaku e J. Thompson, op. cit., p. 58.

8. *Ibidem*.

le particelle puntiformi e le sostituiscono con una stringa. L'ipotesi iniziale fatta da Heisenberg e da Schrodinger – che la meccanica quantistica dovrebbe basarsi su particelle puntiformi – era semplicemente troppo stringente».⁹

Secondo il punto di vista del fisico e studioso Brian Greene, la teoria quantistica dei campi partiva da un presupposto assolutamente nobile in un'ottica di conciliazione tra due estremi opposti, ma giungeva a risultati e contraddizioni paradossali tali che persino Schrödinger preferiva procedere attraverso una graduale divisione degli ambiti, senza privilegiare una totale e farraginosa unificazione. Sta di fatto che, risulta impossibile considerare lo spazio stesso come qualcosa di immobile e ordinario; gli studi e le ricerche di Sheldon Glashaw, Abdus Salam e Steven Weinberg, avevano ormai dimostrato come lo spazio fosse interessato costantemente da diverse fluttuazioni quantistiche. L'effetto di queste oscillazioni diveniva sempre maggiormente riscontrabile man mano che si consideravano e analizzavano regioni sempre più microscopiche, decretando così l'inefficacia e l'incompletezza della teoria quantistica dei campi (dato che il valore di gravità equivalente a zero in una data regione non può essere considerato come un dato assoluto). L'ordine di queste specifiche grandezze parla una lingua molto chiara; a tali profondità «incontriamo la incompatibilità di fondo tra relatività generale e meccanica quantistica: la nozione di geometria spaziale regolare, cardine della relatività generale, a scale molto piccole perde di senso a causa delle violente fluttuazioni quantistiche. Nel mondo ultramicroscopico i nuclei delle due teorie – il principio di indeterminazione e il modello geometrico dello spaziotempo – sono in conflitto diretto».¹⁰

9. *Ibidem.*

10. B. Greene, *L'universo elegante: superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima*, Einaudi, Torino, 2015, p. 111.

Sembra quasi, dunque, che ogni sforzo diretto verso la conciliazione tra Einstein e i suoi contemporanei sia inesorabilmente destinata a un completo fallimento. Tuttavia, il fatto che la quantistica dei campi assieme ad altre suggestive teorie si sia risolta negativamente da un punto di vista previsionale, non significa che non sia possibile effettuare una ricerca nella direzione della già accennata unificazione, come dimostra ampiamente la storia della seconda metà del Novecento. Naturalmente, è evidente che la principale sfida di tutta la fisica contemporanea si ritrova nel trovare una chiara e definitiva risposta a questo quesito: com'è possibile unificare la relatività con la meccanica dei quanti? Se si vuole veramente cercare di studiare le leggi dell'universo che abitiamo e capirne il senso e la dinamica, non è assolutamente accettabile possedere due principali teorie di riferimento che non tengono conto l'una dell'altra; di conseguenza, la maggioranza del tempo impiegato dai fisici, a partire dagli anni Cinquanta in avanti, va riscontrata nell'impegno costante alla ricerca di quel principio teorico e verificato che possa unificare l'intero panorama fisico che ci troviamo ad esplorare, una sorta di anti-platonismo che vuole trovare il punto di raccordo tra il mondo celeste e intellegibile e il quotidiano mondo sensibile.

A dire il vero, prima di arrivare alla teoria delle stringhe, una sorta di unificazione all'interno della fisica contemporanea era già stata raggiunta, contemporaneamente alle speculazioni di Einstein e dei suoi colleghi. La descrizione delle quattro forze conosciute in natura e dei loro rapporti con tutte le tipologie di particelle subatomiche costituisce un insieme teorico e matematico conosciuto come "Modello standard della fisica teorica". Ora, fin dall'Antichità è stato ben chiaro come una forza sia tutto ciò che ha la possibilità di muovere un oggetto, ovvero di influenzarne il movimento; seguendo questa assunzione basilare,

le principali forze presenti in natura, considerate sia dal Modello standard che dalla teoria delle stringhe, sono fondamentalmente quattro:

1. *La forza di gravità*: forza attrattiva che governa l'intero universo per diffusione, responsabile sia del movimento dei pianeti che degli ammassi interstellari come galassie, supernove e quasar. Si estende per milioni e milioni di chilometri, anche se a livello di intensità risulta la più "debole" rispetto alle altre forze fondamentali.
2. *La forza elettromagnetica*: scoperta e descritta definitivamente prima dalle speculazioni di Faraday e successivamente dalle specifiche equazioni di Maxwell. Elettromagnetica poiché le onde elettriche e quelle magnetiche possiedono la stessa tipologia e la stessa velocità e sono responsabili del movimento microscopico degli elettroni e delle loro orbite attorno al nucleo dell'atomo.
3. *La forza nucleare debole*: è una delle due forze principali presenti all'interno dell'atomo, capace di influenzarne massimamente la struttura. Essa è molto piccola e impossibile da percepire, pur essendo responsabile della disintegrazione di nuclei pesanti come quello dell'uranio (atomi con circa 91 protoni). La forza nucleare debole governa la radioattività, causata dalla rottura di atomi molto pesanti che lasciano intorno a loro dei detriti, rimanendo instabili e disgregati.
4. *La forza nucleare forte*: al contrario della precedente, essa è molto più intensa e determina l'unione dei protoni con i neutroni all'interno del nucleo dell'atomo. I protoni, essendo carichi positivamente, respingerebbero per natura la carica positiva dei neu-

troni; la forza nucleare forte contrasta la repulsione e permette alle particelle di rimanere unite, non senza notevoli difficoltà, essendo la forza repulsiva molto intensa.

Sia la relatività che la meccanica quantistica devono tenere conto di queste forze fondamentali; pertanto, una teoria che voglia conciliare entrambe non può fare a meno di considerare tutte queste quattro colonne portanti in un'ottica di unificazione. I tentativi in questa direzione, come abbiamo già accennato, sono più di uno. Ad esempio, nel 1979 il Premio Nobel viene assegnato a tre fisici già citati (Steven Weinberg, Sheldon Glashaw e Abdus Salam), i quali «dimostrarono come unificare la forza elettromagnetica e la forza nucleare debole in una sola forza, chiamata elettro-debole. Similmente i fisici ora ritengono che un'altra teoria, chiamata teoria di grande unificazione (*Grand Unified Theory*, GUT), possa unire questa forza elettro-debole con le interazioni forti».¹¹ Il difetto principale di questa parziale unione, consiste nel fatto che viene esclusa completamente una delle quattro forze fondamentali che abbiamo definito come impossibili da non considerare: non è compresa in alcun modo la gravità.

A dire il vero, il Modello standard della fisica teorica comprende solamente le forze non gravitazionali e tutte le particelle che ne vengono interessate; in aggiunta a queste, il Modello prevede altre particelle che subiscono tali forze, le quali «sono divise in due categorie: i quark, che reagiscono all'interazione forte, e i leptoni, che non ne sono influenzati. I quark e i leptoni leggeri che si trovano nella materia (il quark *up*, quello *down*, e l'elettrone) non sono le uniche particelle conosciute. Esistono anche quark

11. M. Kaku e J. Thompson, op. cit., p. 17.

e leptoni più pesanti: il quark up, quello down e l'elettrone hanno ciascuno due versioni più pesanti»¹². Rimane, tuttavia, il problema iniziale, vale a dire che la forza di gravità non viene contemplata in questo grande sistema. Le verifiche empiriche del Modello Standard hanno portato all'osservazione di nuove particelle come il bosone di Gauge, o lo stesso bosone di Higgs, trovato grazie agli esperimenti dell'acceleratore di particelle presente all'Istituto CERN di Ginevra. I risultati sono senza dubbio sbalorditivi, anche se ogni particella rilevata non ha dato segni di inequivocabile esclusività, cioè non si è rivelata come particella fondamentale, come molti fisici avevano ardentemente sperato. In questo caso, le opinioni si dividono e si sono divise, anche se un punto ben preciso è rimasto fermo: per trovare una teoria unitaria bisogna non soltanto unificare tutte e quattro le forze fondamentali presenti in natura, ma bisogna mettere d'accordo una volta per tutte la meccanica quantistica con la relatività. Una delle principali speranze, di fisici e non, in questa direzione, ha preso la strada delle stringhe e successivamente delle superstringhe, nel tentativo assai ambizioso di riportare finalmente una risposta definitiva.

Come nasce la teoria delle stringhe

Tutto ciò, come vedremo anche in seguito, non può fare a meno di dividere i grandi protagonisti della scienza internazionale, consapevoli di quanto sia delicato affrontare un tema del genere con la speranza di risolverlo. Il noto fisico britannico Stephen Hawking, da anni impegnato in ricerche di questo genere, ha le idee molto chiare in proposito:

12. L. Randall, *Passaggi curvi: i misteri delle dimensioni nascoste dell'Universo*, il Saggiatore, Milano, 2006, pp. 187 e 188.

Sarebbe molto difficile costruire di getto una teoria unificata completa in grado di dare una spiegazione a ogni cosa. Così, anziché seguire questa strada, abbiamo compiuto progressi scoprendo via via teorie parziali, che descrivono un ambito limitato di fenomeni e ne trascurano altri, o li considerano usando valori approssimativi. [...] La nostra speranza resta quella di trovare infine una teoria unificata, coerente e completa, che includa tutte queste teorie parziali come semplici approssimazioni. La ricerca di una tale teoria viene identificata come “l’unificazione della fisica”.¹³

A onor del vero, la teoria delle stringhe non si considera una teoria parziale, proprio perché possiede l’ambizione di essere la risposta al problema che da molti anni tormenta il sonno di fisici e scienziati di ogni genere. Tuttavia, arrivare alla formulazione di un simile sistema teorico significa in primo luogo tenere conto sia dell’avanzamento della meccanica quantistica in generale, sia non dimenticare mai le implicazioni che l’inserimento della gravità e le considerazioni di velocità vicine a quelle della luce possono portare con sé. Occorre, inoltre, muoversi attraverso i limiti e le assunzioni che il “Modello standard della fisica delle particelle” ci concede e lavorare simmetricamente sulla descrizione matematica del comportamento delle particelle subatomiche conosciute per arrivare a una forma di *gravità quantistica*, cioè una teoria che preveda sia la relatività che la fisica dei quanti.

Abbiamo visto come, nel corso del Novecento, si siano susseguiti diversi tentativi, i quali tuttavia non sono riusciti nel loro intento specifico per diversi difetti. Il problema degli infiniti, l’esclusione determinante della forza di gravità dai modelli teorici, le contraddizioni matematiche e l’incapacità di coordinare il principio di indeterminazio-

13. S. W. Hawking, *La teoria del tutto*, BUR, Milano, 2015, p. 113.

ne di Heisenberg, sono solo alcune delle difficoltà che gli studiosi hanno incontrato sulla loro strada. Proprio per questo, allora, verso la fine degli anni Settanta si è ritenuto opportuno cominciare a considerare altri punti di vista, altre *dimensioni nascoste* che possono fornire nuove risposte o, se non altro, nuovi e sconvolgenti spunti di riflessione. Questo è ciò che ha voluto significare, nella sua formazione e nel suo sviluppo storico, la teoria delle stringhe, suscitando grandi entusiasmi pur essendosi circondata di molti avversari, scettici o semplicemente alternativisti. Il punto di partenza, però, rimane sempre quell'impalcatura teorica e sperimentale che ha portato a concepire il proposito di considerare le forze fondamentali presenti in natura come emanazioni di una forza ancora più fondamentale. I fisici, nel corso degli anni, «hanno messo alla prova il Modello standard “creando” particelle che non erano più presenti nel nostro mondo già pochi secondi dopo la creazione dell'universo, scoprendo che il modello descrive molto accuratamente molte delle loro proprietà. Tuttavia, il Modello standard lascia senza risposta molte domande fondamentali: sono questioni di sfondo, la cui risoluzione potrebbe rinnovare lo stato delle nostre conoscenze sulle particelle elementari del nostro mondo e sulle loro interazioni»¹⁴. Possiamo dunque, per tentare di riepilogare, dividere la fisica del Novecento in tre differenti macrosequenze principali:

1. La sbucciatura dell'atomo e la scoperta della relatività ristretta e generale, che decretano la morte della fisica newtoniana e di concetti metafisici come il tempo assoluto e lo spazio assoluto.
2. La meccanica quantistica e le sue equazioni che

14. L. Randall, op. cit., p. 19.

comprendono tutte le forze fondamentali della natura a eccezione della gravità, assieme alla costituzione del Modello standard della fisica delle particelle.

3. La ricerca della *teoria del tutto* e lo studio e approfondimento della teoria delle stringhe, assieme a tutti i modelli alternativi alle stesse stringhe e al modello matematico-fisico che esse descrivono nelle dimensioni dello spazio (multiversi, universi paralleli, principio antropico etc.).
4. Pertanto, dalla fine degli anni Settanta a oggi, la ricerca si è concentrata sul fascino della teoria delle stringhe come teoria unificatrice, relativamente alla fisica dei quanti nei confronti di Einstein, e conciliatrice per quanto riguarda la scoperta di nuove particelle fondamentali, nonché sulle controversie che la stessa teoria genera all'interno del dibattito scientifico e filosofico.

Secondo il noto fisico statunitense e in passato strenuo sostenitore della teoria delle stringhe Lee Smolin, la fisica teorica possiede cinque problemi fondamentali che deve necessariamente risolvere se vuole fornire le risposte desiderate, di fronte ad una mancata e completa rivoluzione che si è risolta in scoperte e smentite, dubbi e controversie, capaci di mettere in discussione l'intero apparato dello studio scientifico nei confronti dell'Universo e dei suoi componenti. Una ricerca che coinvolge la scienza, ma anche l'uomo stesso come individuo etico e politico, responsabile e autonomo, riflessivo ed emotivamente unificato. Del resto, «in un senso ovvio, la natura è "unificata"; l'universo in cui ci troviamo è interconnesso, in quanto ogni cosa interagisce con ogni altra cosa. Non è assolutamente possibile avere due teorie della natura che coprano fenomeni di

versi come se una non avesse nulla a che fare con l'altra»¹⁵. I cinque problemi che Smolin rileva sono i seguenti:

1. Conciliare la relatività con la teoria quantistica in una teoria che possa assumersi la responsabilità di essere la teoria completa della natura, noto anche come *problema della gravità quantistica*. Quando abbiamo parlato di infiniti risultati ci siamo resi conto di come sia difficile tentare di misurare qualcosa con valori infiniti. La relatività generale è maggiormente soggetta a questo tipo di problema in virtù del fatto che, all'interno di un buco nero, la forza del campo gravitazionale e la densità della materia diventano rapidamente di dimensioni infinite.
2. Risolvere i problemi legati ai fondamenti della meccanica quantistica, ipotizzando anche lo sviluppo di una nuova e più completa teoria. Se si vuole veramente procedere in un'ottica di unificazione della fisica mediante un'unica legge, bisogna tenere conto della tipologia di teorie che si vogliono quantomeno unificare. La relatività e la fisica dei quanti sono entrambe *teorie di principio*, vale a dire universali, che circondano tutta la natura e logicamente devono stare insieme.
3. Stabilire se è possibile unificare in una sola teoria le particelle e le forze presenti in natura tramite un'entità fondamentale che le governa. Come abbiamo detto prima, questo è ciò che si prefigge di fare il Modello standard della fisica delle particelle, il quale tuttavia non è completo: esso lascia fuori dall'unificazione la forza di gravità e non possiede

15. L. Smolin, *L'universo senza stringhe: fortuna di una teoria e turbamenti della scienza*, Einaudi, Torino, 2006, p. 6.

parametri stabiliti, ma solamente regolabili in base alle condizioni.

4. Determinare specifici requisiti tramite i quali vengono scelti i valori dei parametri del Modello standard. Bisogna, cioè, fare i conti anche con quella parte di materia della quale non conosciamo nulla, la materia oscura e l'energia relativa che la circonda, secondo l'equazione fondamentale di Einstein. Senza questo proposito, non sarebbe assolutamente possibile elaborare una teoria universale e conciliatrice.
5. Un prolungamento del problema numero quattro, vale a dire trovare il modo di definire specificamente la materia oscura e l'energia oscura o, se non altro, verificare la loro inesistenza trovando con certezza la ragione per cui la gravità si modifica a grandi scale.

Risolvere, o anche solo affrontare questi problemi, significa voler perseguire il sentiero dell'unificazione e mettere in pratica quel concetto di rivoluzione scientifica che, a detta di molti fisici, non è presente nella nostra epoca. La teoria delle stringhe si è proposta come candidata principale e si è sviluppata in questa direzione, con i suoi difetti e le sue affascinanti soluzioni; in tutto il mondo ha conquistato sempre maggiori sostenitori e speranzosi studiosi, anche se negli ultimi anni è stata oggetto di aspre discussioni e ripensamenti, perdendo gran parte del suo fascino. La sua storia, tuttavia, è legata saldamente al nuovo modo di fare scienza, di fare cioè una scienza responsabile e consapevole di tutti i limiti e della minuscola scala di grandezza sulla quale ci troviamo a muoverci noi stessi, in ogni istante della nostra esistenza su un piccolo pianeta di un piccolo sistema in una galassia di miliardi di stelle, tra i tanti miliardi di galassie sparse per tutto il cosmo.

II. Una teoria per l'unificazione

La genealogia della teoria delle stringhe

Seguire il sentiero di un'ipotetica teoria del tutto, significa lavorare nell'ottica non di una semplice e vantaggiosa unificazione, ma di una vera e totale *scienza dell'unificazione*. Una teoria del tutto, secondo la visione del fisico Frank Close, deve basarsi «sugli studi in ogni campo rilevante del sapere attuale – fisica, astronomia, matematica eccetera – per cercare di spiegare ciò che sappiamo a oggi dell'universo»¹⁶. Oggi una teoria del tutto non può prescindere dai risultati straordinari come il LHC del CERN di Ginevra, dove cioè è possibile studiare fenomeni complessi e inimmaginabili per la fisica di duecento anni fa. La maggior parte dei fisici, nel corso degli anni, si è resa conto della difficoltà di inserire in un unico insieme tutte e quattro le forze fondamentali presenti in natura, dal momento che le diverse teorie in proposito non avevano ottenuto i risultati sperati. Dunque, piuttosto che tentare di coinvolgere la gravità nel procedimento di unione delle forze, si è preferito considerare l'immensa riserva naturale di particelle elementari rivelate dagli esperimenti compiuti grazie agli acceleratori di particelle: il punto di svolta è rappresentato

16. F. Close, *Teorie del tutto*, Bollati Boringhieri, Torino, 2017, p. 12.

dal fatto che si è cercato di trovare la presenza di ulteriori dati per favorire l'elaborazione di nuovi principi, in grado di unificare tutti i tipi di particelle esistenti. La teoria delle stringhe è nata specificamente per questo valoroso e difficilmente realizzabile fine.

Tuttavia, uno dei primi grandi tentativi di unificazione viene proprio dalla cosiddetta *teoria di grande unificazione* sviluppata nel 1974 da Steve Georgi e Sheldon Glashaw, di cui abbiamo già accennato. Secondo il loro punto di vista, l'unificazione delle forze in una sola forza costituirebbe una vera e propria necessità naturale, considerando le elevatissime temperature presenti durante le prime fasi dell'Universo nel quale ci troviamo. Ciò starebbe a significare che, con un'energia elevata insieme a temperature altrettanto elevate, presenti solamente in un evento simile al Big Bang, si potrebbe essere in presenza di una sola forza d'interazione, enormemente potente al di là di ogni immaginazione; in altre parole, «a energie elevate le intensità delle tre forze non gravitazionali tendono sempre più a assumere lo stesso valore. Potrebbero anche convergere in un'unica forza»¹⁷. Per essere precisi, già nel 1964 Steven Weinberg e il fisico pakistano Abdus Salam avevano elaborato una teoria che combinava il principio di gauge e la spaccatura naturale della simmetria nel movimento delle particelle, ottenendo in questo modo una sorta di unificazione tra la forza elettromagnetica e la forza nucleare debole.¹⁸ Tuttavia,

2. *Ibidem.*

18. Il modello Georgi-Glashaw risultava più preciso e accurato, dal momento che essi stessi erano alla perenne ricerca di conferme empiriche e sperimentali: «Presentiamo una serie di ipotesi e ragionamenti che portano inevitabilmente a concludere [...] che tutte le forze che agiscono sulle particelle elementari (la forza nucleare forte, la forza nucleare debole e quella elettromagnetica) sono manifestazioni diverse della medesima interazione fondamentale, che chiama in causa un'unica forza tra particella e particella. Le nostre ipotesi possono essere sbagliate e le nostre

ciò comportava lo squilibrio di diversi parametri e la necessità dell'esistenza della nuova particella fondamentale non ancora scoperta, il bosone di Higgs, poi rilevato al CERN di Ginevra solamente a partire dagli anni Duemila.

Per questo motivo, dunque, il mondo della fisica ritiene ormai superata la questione riguardo l'unificazione delle forze, proprio perché essa non è in grado di chiarificare i parametri sui quali deve senza alcun dubbio sorreggersi, speranza che è stata a lungo disattesa. Paradossalmente, questa sorta di grande unificazione introduce dei parametri nuovi che dovrebbero essere regolati di volta in volta per evitare che vadano in contraddizione con i risultati degli esperimenti; questo è dovuto anche al fatto che, per un principio fondamentale di instabilità che pone le sue origini nella prima meccanica quantistica, sorgono nuove interazioni in grado di far trasformare le particelle le une nelle altre: risulta del tutto vano e impossibile evitare questa indeterminazione di fondo. L'approccio che parte dalle forze per arrivare in seguito alle particelle costituisce una procedura che viene definita dall'alto verso il basso, mentre si è preferito, non senza dubbi e controversie specifiche, privilegiare il procedimento inverso, ovvero dal basso verso l'alto, considerando prima di tutto le particelle e i loro comportamenti.

Certamente, una simile intenzione comporta difficoltà maggiori ed estreme, ma non impedisce allo stesso tempo, ipoteticamente, di poter raggiungere un'equivalente unificazione sulla base dello studio approfondito delle particelle, al fine di ricercare quelle sempre più fondamentali che possano spiegare anche il manifestarsi delle forze. La teo-

speculazioni oziose, ma l'essenzialità e semplicità del nostro schema esplicativo sono ragioni sufficienti per prenderlo sul serio». H. GEORGI e S.L. GLASHOW, *Unity of all elementary-particle forces*, in «Physical review letters», 1974, 32, pp. 438-441.

ria delle stringhe, sin dai suoi albori, procede esattamente in questo modo: si concentra esclusivamente sul microcosmo assoluto, inimmaginabile e profondo, sfidando il concetto puntiforme stesso delle particelle fondamentali. Una missione molto difficile da completare e anche solo da sostenere, ma che nel corso degli anni ha catturato sempre maggior attenzione, terminando poi la sua curva positiva nell'ultimo decennio con diversi cambi di direzione da parte dei fisici protagonisti.

L'origine della teoria non è facile da ricostruire con precisione e comporta diversi gradi di adesione e diversità di vedute, che possono ostacolare il procedimento di rielaborazione storica e scientifica. Si sono trovati a lavorare al medesimo progetto sia convinti stringhisti o stringhisti pentiti come Leonard Susskind, Richard Feynmann e Lee Smolin, sia anti-stringhisti del calibro di Stephen Hawking e Brian Greene. Tuttavia, considerando i primi passi della ricerca relativa a questo nuovo concetto di unificazione, la unanimità dei nomi citati concorda grosso modo su un punto ben preciso: il parto ufficiale e riconosciuto universalmente è rappresentato dalle ricerche del giovane fisico italiano Gabriele Veneziano, il quale nel 1968 riesce ad individuare una particolare configurazione dei dati quantitativi. Il problema in questione riguarda l'interazione forte che intercorre durante la collisione tra due particelle e la tipologia delle varie particelle che collidono l'una contro l'altra; Veneziano descrisse il fenomeno, attraverso specifiche osservazioni al CERN di Ginevra, come una dispersione su angoli diversi delle particelle una volta avvenuto il contatto: con grande sorpresa dello stesso, l'ipotesi si accordava con un'altissima percentuale dei dati disponibili. Lisa Randall, ricostruendo brevemente l'origine della teoria delle stringhe, tende ad equiparare, senza peraltro fare il nome di Veneziano, i primi vagiti con la ricerca relativa

al chiarimento degli adroni (particelle fondamentali di cui non si conosceva la composizione), cosa che viene considerata da molti come un primo sviluppo della teoria. Senza dubbio, essa si garantì il successo e le adesioni all'interno della comunità scientifica per le sue potenziali risoluzioni unificatrici; ciò non toglie, però, che sbocciò chiaramente attraverso uno studio quantistico specifico, volto a lavorare più dettagliatamente sulla qualità delle particelle via via osservate, come suggerisce lo stesso Smolin in proposito:

Il risultato catturò l'interesse di alcuni colleghi di Veneziano, in Europa e negli Stati Uniti, che l'analizzarono nei dettagli. In un paio d'anni, alcuni riuscirono a interpretarlo in funzione di uno scenario fisico nel quale le particelle non si potevano vedere come punti, come si era sempre fatto, ma erano invece "simili a stringhe", avevano una sola dimensione e potevano estendersi, come elastici. [...] La formula di Veneziano era quindi una porta d'accesso a un mondo in cui tutte le particelle fortemente interagenti che entrano in collisione le une con le altre e si scambiano energia sono come elastici che mentre si muovono vibrano. I vari stati di vibrazione corrispondono ai vari tipi di particelle prodotte negli esperimenti di frantumazione dei protoni.¹⁹

Fondamentalmente, dunque, i calcoli di Veneziano mettevano in evidenza come fosse possibile non concepire le particelle come un qualcosa di puntiforme, ma come un qualcosa di elastico e monodimensionale la cui vibrazione descrive un particolare comportamento delle particelle subatomiche. Un altro punto di vista nella stessa direzione ce lo fornisce Brian Greene, il quale ritiene che gli esperimenti del fisico italiano siano stati fondamentali per lo sviluppo di una descrizione dei movimenti microscopici in rapporto con la gravità e con le equazioni di Einstein. La

19. L. Smolin, op. cit., p. 103.

teoria delle stringhe, infatti, non nasceva solamente come delucidazione specifica riguardo la meccanica quantistica, ma aveva l'ambizione di spiegare il comportamento delle particelle senza escludere la gravità e il concetto di energia previsto dalla relatività generale, anche se lo stesso Greene ritiene che ciò sia da attribuire piuttosto alla seconda fase della teoria.²⁰ Alla fine degli anni Sessanta, tuttavia, il modello era ancora troppo rudimentale per poter essere applicato su larga scala e descritto con precisione in vista di conferme sperimentali e osservative.

Le analisi di Leonard Susskind e del suo gruppo

A partire dal 1970, le ricerche intraprese accuratamente da Veneziano vengono riprese e ampliate da uno stimato gruppo di fisici come Yōichirō Nambu dell'Università di Chicago, Holger Nielsen del Niels Bohr Institute e Leonard Susskind, come riportano fedelmente sia Smolin che Greene. Lo studio viene portato avanti dai suoi protagonisti in maniera del tutto indipendente, in mezzo ad un forte entusiasmo per la convinzione di aver trovato qualcosa di straordinario e rivoluzionario, a detta della stessa ricostruzione autobiografica di Susskind. Tuttavia, le difficoltà iniziali erano decisamente difficili da sormontare, nonostante un'impalcatura seria e rigorosa, supportata da diversi calcoli e osservazioni; la rivista «Physical Review Letters», «bocciando l'articolo presentato da Susskind, dichiarò che la sua intuizione non era abbastanza significativa per es-

20. Greene imputa il cosiddetto fallimento della prima fase della teoria delle stringhe proprio al fatto di aver ristretto l'ambito di applicazione della teoria ai soli aspetti quantistici, mentre il modello può funzionare correttamente solo se messo in relazione con la gravità, nello spirito di quella grande unificazione della fisica con cui ormai diversi studiosi erano in stretto e fiducioso contatto.

sere pubblicata»²¹. A dire il vero, non si era trattata di una vera e propria bocciatura in senso stretto (come si evince anche dalle parole di Susskind in merito agli ostacoli che la teoria incontrò alla nascita), ma era evidente che il modello presentato non fosse completo e nemmeno così corretto e credibile come si voleva far credere²² : le stringhe, essendo ipoteticamente così piccole (un ordine di grandezza di 10 alla -30), potevano tranquillamente essere assimilate alle particelle puntiformi già esistenti, rimanendo così in equilibrio con i dati sperimentali. In altre parole, «questa teoria era semplice e piacevolmente intuitiva, ma dopo non molto tempo ci si accorse che non funzionava; alcuni esperimenti effettuati ad alte energie mostrarono che alcune sue previsioni riguardo alla forza forte erano errate. Era l'epoca in cui si veniva precisando la cromodinamica quantistica, i cui straordinari successi fecero presto abbandonare l'ipotesi delle stringhe»²³.

Non si trattava di un fallimento in termini assoluti, considerando le condizioni iniziali della nascita della teoria e del suo successivo sviluppo, bensì di alcune problematiche contraddizioni e imprecisioni che condannavano, di fatto, ad un'imparzialità conseguente l'intero modello. Inizialmente, infatti, una prima difficoltà era caratterizzata dal fatto che esso prevedeva necessariamente l'esistenza di una determinata particella denominata *tachione* (termine derivato dall'aggettivo greco "veloce"); in realtà, oggi si sa perfettamente che una simile particella non esiste in natura

21. L. Smolin, op. cit., p. 103.

22. «Come teoria delle particelle mediatrici dell'interazione forte, la teoria delle stringhe fu soppiantata dopo un certo periodo dal modello standard. Tuttavia, ciò non significa che i teorici delle stringhe avessero torto; in effetti, quelle particelle si comportano per molti versi come stringhe». L. Smolin, op. cit., p. 103.

23. B. Greene, *L'universo elegante*, op. cit., p. 119.

e il fatto che la teoria prevedesse la sua esistenza viene considerata come una delle prove più sincere riguardo all'incompletezza della teoria stessa: se la ricerca contempla la presenza di particelle fisiche non reali significa che è stato commesso un errore di fondo. Anche se, come suggerisce anche Susskind, ciò non prova tanto l'inconsistenza di una teoria quanto la difficoltà e il panorama immenso entro il quale si muove ogni tentativo di spiegazione e chiarificazione sulla materia. Egli, infatti, essendo stato uno dei protagonisti diretti della prima stagione delle stringhe, ci tiene a sottolineare come la costruzione dell'intera impalcatura sia stata concepita come un'illuminante delucidazione della forza che lega quelle particelle chiamate *adroni*.

Il termine greco ἀδρός significa "forte" e prescrive in particolare la potenza pratica in generale e gli *adroni* vennero in origine descritti in maniera imprecisa come particelle dotate di particolari abilità in comune con i nucleoni (protoni e neutroni); col tempo è stato possibile ottenere una definizione ben più precisa, stabilendo che gli adroni non sarebbero altro che particelle composte da quark, antiquark e gluoni. Tuttavia, proprio per tenere insieme tutte queste particelle è necessaria una forza, o un insieme di forze, molto consistente. Come abbiamo già in parte visto, l'intensità e l'interazione delle forze fondamentali presenti in natura sono molto diverse le une dalle altre, passando da un grado minore come quello della forza gravitazionale ad un grado maggiore dei due tipi di forza nucleare. Ciò non toglie, come afferma lo stesso Susskind, che «tutte le forze e la maggior parte delle particelle elementari sono assolutamente essenziali; basta cambiare uno solo di questi elementi anche di pochissimo, e la vita così come la conosciamo diventa impossibile»²⁴.

24. L. Susskind, *Il paesaggio cosmico: dalla teoria delle stringhe al megaverso*,

La ricostruzione del fisico americano docente alla Stanford University si concentra prevalentemente sulle ricerche immediatamente precedenti alla teoria delle stringhe e ne analizza le origini anche da un punto di vista, in qualche modo, politico. Egli riferisce, infatti, che all'inizio degli anni Sessanta alcuni teorici provenienti per la maggior parte dall'università californiana di Berkeley, sostenevano l'importanza per la fisica di non andare a cercare la spiegazione precisa dei singoli meccanismi interni degli adroni; al contrario, il primo dovere di un fisico sarebbe stato quello di considerare l'insieme di tutte le leggi fisiche come una sorta di scatola nera, denominata *matrice S*. Più precisamente, i sostenitori o "seguaci" della *matrice S* «volevano che la fisica teorica rimanesse ancorata ai dati sperimentali, anziché indulgere in elucubrazioni riguardo a eventi inosservabili che avverrebbero all'interno di regioni dalle dimensioni (all'epoca ritenute) assurdamente piccole, caratteristiche di particelle quali il protone»²⁵. Ma qual è realmente il significato di tale matrice, o insieme di leggi? La scatola nera sarebbe costituita da particelle dirette le une verso le altre e in procinto di entrare in aperta collisione; alla luce di questa ipotetica collisione, Susskind evoca il dogma di Berkeley, ovvero lo specifico divieto di andare a guardare all'interno dei meccanismi per rivelarne la natura: lo stato iniziale e il risultato è finale sono tutto ciò che conta, non è ammessa alcun tipo di speculazione, in maniera tassativa. Ciò che costituisce la *matrice S*, allora, altro non è che un sistema di probabilità quantistiche basate su specifici calcoli e assunti sperimentali.

Questo equilibrio ideologico viene brutalmente spezzato dalle ricerche e dagli esperimenti del già citato Gabriele

: Adelphi, Milano, 2006, p. 192.

25. *Ibidem*.

Veneziano tra il 1967 e il 1968, colpevole di aver voluto varcare la soglia di quella caverna delle meraviglie da cui molti fisici erano consapevolmente attratti. Il coinvolgimento di Susskind avviene all'incirca nel 1969, quando riceve la visita dell'amico e collega Hector Rubinstein, all'epoca affascinato dai lavori di Veneziano e deciso a svilupparne un'interpretazione più specifica. Ciò che interessava ai due fisici statunitensi era la possibilità che la nuova teoria potesse descrivere nel dettaglio che cosa avviene nel momento in cui due adroni entrano in collisione. La formula di Veneziano, che Susskind ebbe scritta sulla propria lavagna per molto tempo, aveva in qualche modo a che fare con il principio dell'oscillatore armonico, ovvero qualunque cosa che in fisica possa oscillare o vibrare con moto periodico. Questo determinato aspetto aveva suscitato grande sorpresa e ulteriore interesse nella mente dei due amici, dal momento che poteva condurre ad una vera e propria rivoluzione. Nonostante la piena consapevolezza di essersi imbarcato in una spedizione del tutto contraria alla volontà dei dogmatici di Berkeley, Susskind comincia seriamente a lavorare sui calcoli di Veneziano fino allo sfinimento, con lo scopo di ricavarne un'interpretazione squisitamente fisica e meno matematica di quanto si potesse pensare. I risultati, così impensabili fino a qualche anno prima e ritenuti pura speculazione dalla maggior parte del mondo della fisica, con grande sorpresa dello stesso ricercatore non si fecero attendere troppo.

L'idea fondamentale che era apparsa così chiara e allo stesso tempo quasi assurda e inconcepibile, era basata su di un unico e semplice assunto: sostituire alla molla matematica iniziale una corda elastica estesa tra due quark e vibrante secondo molte configurazioni oscillatorie diverse. Piuttosto che pensare direttamente ad una vera e propria *stringa*, originariamente Susskind si figura un comunissi-

mo elastico ad anello tagliato in modo da divenire una corda elastica con le due estremità occupate da due quark; con sua grande sorpresa, i calcoli combaciavano: la formula di Veneziano era in grado di descrivere esattamente la collisione di due elastici. Tutto fatto, all'apparenza. Se non fosse che questo specifico lavoro era già stato cominciato parallelamente da altri fisici sparsi per il globo, fisici che godevano di grande notorietà internazionale.²⁶ Naturalmente, nel corso degli anni la teoria delle stringhe si è sviluppata in maniera complessa e articolata, giungendo a pretendere di voler occuparsi quasi esclusivamente dell'unificazione tra meccanica quantistica e relatività generale, una sorta di muro contro cui diversi fisici hanno sbattuto la testa per molto tempo. Questo significa che, concretamente, «è una teoria riguardante il mondo alla scala di Planck, ossia alle minuscole distanze dell'ordine di 10^{-33} centimetri. Come ho spiegato, ha avuto invece inizio molto più modestamente come teoria degli adroni»²⁷. Gli adroni del resto, a loro volta, sono oggetti molto piccoli, quasi centomila volte più piccoli di un atomo in effetti, e occorrerebbe un'incredibile forza per far sì che delle particelle come i quark rimangano legate a simili distanze. Il modello di Susskind, pertanto, non presuppone solo un ordine di grandezza estremamente ridotto, ma anche che tali stringhe elastiche possiedano una forza tale da mantenere in equilibrio gli adroni, pur

26. «Yōichirō Nambu, molto più vecchio di me, era da lungo tempo uno dei maggiori fisici teorici del mondo. Nato in Giappone, si trasferì come giovane fisico all'Università di Chicago subito dopo la Seconda Guerra Mondiale. Nambu era famoso per la sua capacità di vedere le cose molto prima degli altri. In seguito, scoprii che in Danimarca c'era un terzo fisico, Holger Bech Nielsen, che rifletteva su idee simili. Non nego di essere rimasto deluso nello scoprire che non ero stato il solo a pensare alla "teoria dell'elastico", ma essere in compagnia del grande Nambu era comunque una grande soddisfazione». L. Susskind, op. cit., p. 196.

27. *Ibidem*.

essendo così microscopiche. Ma, a questo punto, in che cosa si distingue questa forza in un modello quantistico di questo genere?

In gergo strettamente fisico, quando una particella si trova in uno stato di energia accresciuta si definisce eccitata. Nel modello che abbiamo visto, i quark possono venire "eccitati" senza la necessità di farli ruotare, ma semplicemente di farli oscillare dall'esterno all'interno: in questo modo, le stringhe altro non sarebbero che corde vibranti ricurve, quasi fossero delle corde di una chitarra pizzicate da un plettro qualsiasi. A seconda dell'oscillazione, pertanto, si avranno fenomeni diversi, con filamenti elastici vibranti che a livello microscopico sarebbero in grado di spiegare il comportamento delle particelle sia in stato di "eccitazione" sia di quiete apparente. Tuttavia, le particelle cui lavorava assiduamente Susskind nella sua soffitta sono i cosiddetti *mesoni*, particelle più semplici di altre, composte da una sola stringa avente un quark e un antiquark alle sue estremità.²⁸

Ciò che ci interessa sottolineare in questa sede, è come lo studio fosse concentrato sulla probabilità della collisione e sulla descrizione delle sue eventuali conseguenze a livello microscopico. Il lavoro portato avanti nei laboratori americani, nonostante le opposizioni e gli scetticismi di gran parte della comunità scientifica di quegli anni, non passa del tutto inosservato. Infatti, nel 1970 Holger Nielsen scrive una lunga lettera al collega Susskind esprimendo grande entusiasmo per gli articoli sulla teoria degli elasti-

28. «I mesoni sono più semplici dei barioni; ciascuno di essi è formato da una sola stringa, alle cui estremità si trovano un quark e un antiquark. Come i barioni, anch'essi possono ruotare e vibrare quantisticamente su livelli energetici discreti. I calcoli che feci in soffitta descrivevano un processo fondamentale di interazione tra due stringhe di mesoni». L. Susskind, op. cit., p. 198.

ci, con la speranza di poter condividere alcune idee riguardo il suo effettivo funzionamento. In particolare, diviene ormai chiaro, grazie anche al contributo del fisico danese, come vi sia una specifica connessione tra i diagrammi di Feynman e la stessa teoria delle stringhe, sebbene Nielsen avesse pensato ad una teoria ad elastico da un'angolatura differente. Non è un caso che in quello stesso periodo un altro fisico importante come Dick Feynman stesse lavorando su simili questioni; basandosi sui dati raccolti sia da Nielsen che da Susskind, aveva ipotizzato che gli adroni fossero costituiti da oggetti più piccoli e fondamentali, aderendo dunque al primo piccolo embrione della teoria delle stringhe che aveva incominciato a svilupparsi all'inizio degli anni Settanta:

Sulla natura di questi, peraltro, non fu molto preciso. Li chiamò semplicemente partoni, in quanto "parti" degli adroni. Da tempo stavo pensando alla possibilità di combinare la teoria delle stringhe con le idee di Feynman. Nielsen ci aveva riflettuto profondamente, e aveva elaborato un punto di vista estremamente interessante, suggerendo che la liscia e continua superficie di universo sia in realtà una rete, un reticolato fittissimo di linee e vertici: in altri termini, un normale diagramma di Feynman, ancorché molto complicato, composto di un enorme numero di vertici e propagatori.²⁹

Naturalmente, tutto questo implicherebbe non solo un punto di vista differente per quanto riguarda i rapporti tra le forze fondamentali presenti in natura, ma fornirebbe materiale sufficiente per poter pensare alla struttura dell'intero universo in maniera completamente innovativa e quasi surreale. Osservata da lontano, infatti, «una superficie di universo appare liscia, ma osservata con un opportuno microscopio si rivela essere un diagramma di

29. *Ibidem.*

Feynman simile a “una rete da pesca” o a un canestro da basket. Le linee nella rete rappresentano i propagatori di particelle puntiformi, i partioni di Feynman o i quark e i gluoni di Gell-Mann». ³⁰

Il modello delle stringhe, come può risultare facile immaginare, non incontra immediatamente il favore dei fisici teorici che erano impegnati nello studio particolareggiato degli adroni; più in generale, non incontra minimamente l’approvazione degli “zelanti adepti” della *matrice S*, i quali non potevano assolutamente vedere di buon occhio una teoria che pretendesse di spiegare i meccanismi interni della collisione tra particelle. Il comandamento imperante, quasi messianico e intimidatorio, era molto semplice: mai tentare di guardare dentro la scatola nera della composizione delle particelle, né tantomeno di scoprirne i meccanismi relativi alla collisione quantistica. I calcoli sulla teoria degli elastici che Susskind e Nielsen erano riusciti a portare avanti con successo si imbattono nello scetticismo e nel dogmatismo della comunità scientifica di quegli anni, fino a quando, la stessa teoria riesce ad ottenere visibilità e consenso grazie all’interesse e alla successiva adesione di un esponente importante come Murray Gell-Mann. Come riferisce lo stesso Susskind, Murray Gell-Mann nel 1970 era considerato quasi come un dio della fisica teorica mondiale, temuto e venerato dall’intera comunità scientifica. Il primo incontro fra i due non depone assolutamente a favore dell’allora fisico più giovane e praticamente sconosciuto; durante un convegno a Coral Gables in Florida, dove Gell-Mann era stato invitato ad intervenire, si incrociano casualmente nello stesso ascensore, con una probabilità minima anche per il più ottimista dei film cinematografici. Tuttavia, per Susskind rappresenta un’occasione d’oro

30. *Ibidem.*

da non sprecare o da buttare alle ortiche: trova il modo di iniziare una banale conversazione e riesce a portare il discorso sulla ricerca che sta portando avanti ormai da mesi. Il suo illustre interlocutore, sfortunatamente, ascolta con attenzione ma si congeda ridendo sonoramente, una vera e propria irriverente sghignazzata.

Per oltre due anni i due non hanno più occasione di incontrarsi, salvo in un altro convegno non molto lontano da Chicago, quando Gell-Mann riconosce Susskind in mezzo ad un gruppo di amici e si rivolge direttamente a lui, con grande stupore e ammirazione da parte dei presenti: «Mi spiace di averle riso in faccia quel giorno in ascensore. Penso che il lavoro che sta facendo sia fantastico, e ne parlerò per la maggior parte del mio seminario. Sediamoci a parlarne appena troviamo il tempo»³¹. Susskind non crede alle sue orecchie, eppure è tutto vero. Nei giorni che seguono, i due fisici hanno modo di parlare apertamente l'uno con l'altro, esponendo le proprie idee e scambiandosi opinioni di notevole portata. Sta di fatto, che Murray Gell-Mann da quel momento si spende in sempre maggiori lodi riguardo il modello a stringhe conferendogli importanza e visibilità mediatica. La sua approvazione, non era certo un elemento di poco conto, come ci riferisce lo stesso Susskind nel suo racconto leggermente narcisistico ma pur sempre fondamentale per capire la nascita di questa teoria. Infatti, significava dare finalmente credito ad un lavoro che era stato osteggiato con grande forza e brutalità da scettici e puristi della scienza; pur non avendo lavorato personalmente sulla teoria a elastico, «Murray, che aveva una mentalità aperta alle idee nuove, ebbe un ruolo significativo nell'incoraggiare altri a farlo. Senza alcun dubbio fu lui il primo a riconoscere la potenziale importanza della teoria

31. *Ibidem*.

delle stringhe, sia come modello adronico sia, più tardi, come teoria dei fenomeni alla scala di Planck»³².

Il nuovo paradigma e i suoi problemi

I riflettori accesi sulla nuova teoria nascente, tuttavia, sono in grado di avere una funzione alternativa alla semplice visibilità propagandistica; infatti, vengono presto fuori, con l'accrescersi degli studi e del personale cui vi lavora, le prime problematiche chiare ed evidenti del nuovo modello sviluppato da Susskind. Per prima cosa, la teoria delle stringhe ha il potere di cambiare completamente la concezione abituale di spazio e tempo, come già aveva fatto peraltro la relatività di Einstein. In secondo luogo, il problema si allarga non solo ad un sistema matematico estremamente complesso e a volte contraddittorio, ma anche a delle condizioni paradossali senza le quali l'intera teoria non potrebbe avere alcun valore: i fisici hanno sempre sperato di poter spiegare le ragioni per cui lo spazio si ritrova ad avere tre dimensioni, ma la teoria delle stringhe ne arrivava a prevedere addirittura nove, una accartocciata sull'altra. Anzi, l'intera matematica delle stringhe non poteva funzionare senza prevedere almeno nove dimensioni spaziali diverse e questo costituisce uno dei tanti problemi legati sia alla nascita del nuovo modello che al suo sviluppo, come vedremo in maniera più chiara nel prossimo capitolo. Ciò non toglie, allo stesso tempo, che dopo l'approvazione ufficiale di Murray Gell-Mann la fisica mondiale aveva cambiato del tutto aspetto; la speranza era quella di avere finalmente trovato la chiave per l'unificazione delle forze, attraverso la vibrazione quantistica delle stringhe e la conciliazione tra la meccanica quantistica e la relatività, il rapporto tra la gravità e l'oscillatore armonico

32. *Ibidemem.*

quantistico. Anche se, «la teoria delle stringhe che esisteva negli anni Settanta, Ottanta e in parte degli anni Novanta non era in grado di interagire con oggetti che non fossero essi stessi stringhe».³³ L'impianto generale era in difficoltà, pertanto sarebbe stato necessario uno sviluppo concreto dei calcoli in modo tale da risolvere alcuni problemi sostanziali: in primo luogo, come funziona realmente la vibrazione quantistica? E come si accorda con le equazioni di Einstein?

Brian Greene, per spiegare il funzionamento della vibrazione, utilizza un'analogia comune ma quantomeno efficace. Quando le corde di una chitarra o di un violino vengono fatte oscillare esse possiedono una possibilità infinita di modi di vibrazione, definiti anche come *risonanze*. Pertanto, l'orecchio che ascolta percepirà note differenti a seconda della tipologia di vibrazione effettuata; l'oscillatore armonico di Susskind procede in modo analogo: le stringhe possono vibrare in infinite modalità che permettono a un numero infinito di vibrazioni di penetrare nella loro estensione spaziale. In questo modo, «diversi modi di vibrazione di una stringa fondamentale danno origine a varie masse e varie cariche di gauge (cioè quelle associate alle varie forze). Ripetiamo quanto appena detto perché è il cardine di tutto: secondo la teoria delle stringhe, le proprietà di una particella elementare – la sua massa e le sue cariche di gauge – sono determinate dal modo di vibrazione della sua stringa interna»³⁴. Naturalmente, l'energia di un determinato modo di vibrazione delle stringhe dipende anche dall'ampiezza e dalla lunghezza d'onda relative: se la prima è maggiore della seconda, maggiore sarà dunque l'energia risultante. Allo stesso tempo, l'intero modello che

33. *Ibidem*.

34. B. Greene, *L'universo elegante*, op. cit., p. 125.

stiamo descrivendo non ha molto valore se non consideriamo anche la stessa relatività ristretta, secondo la quale dove siamo in presenza di maggiore energia, maggiore sarà anche la massa relativa, dal momento che massa ed energia risultano essere due facce della stessa medaglia. Di conseguenza, considerando quanto abbiamo detto, «la massa di una particella elementare è determinata dall'energia con cui vibra la sua stringa interna: particelle pesanti hanno stringhe che oscillano violentemente, particelle leggere hanno stringhe che oscillano dolcemente»³⁵. Lo sviluppo della teoria delle stringhe è strettamente legato alle considerazioni sulla relatività, anche se inizialmente gli studi su di essa si sono concentrati sull'approfondimento di particelle come gli adroni o dei rapporti tra le quattro forze fondamentali; mettere insieme relatività generale e modello a elastico elaborato da fisici come Nielsen e Susskind, infatti, è una prerogativa dell'evoluzione della teoria, a partire dagli anni Settanta in avanti.

Come riporta fedelmente Smolin, dopo qualche anno di lavoro si comprende bene come la nuova teoria dovesse soddisfare alcune condizioni e come ne prevedesse essa stessa alcune alquanto paradossali. In particolare, vengono rilevati rispettivamente almeno quattro problemi fondamentali iniziali per i quali era necessaria una soluzione immediata:

1. Per essere in linea con le equazioni espresse dalla teoria, il mondo deve essere composto necessariamente da venticinque dimensioni spaziali.
2. Devono esistere delle particelle che viaggiano persino più velocemente della luce chiamate *tachioni*.
3. Devono esistere particelle non riducibili allo stato di

35. *Ibidemem*.

quiete, definite *particelle prive di massa* dal momento che la massa rappresenta la misura dell'energia di una particella quando quest'ultima è ferma.

4. La teoria delle stringhe coinvolge le particelle subatomiche, ma non tutte quelle esistenti in natura, dunque nessun quark o fermione.

Una prima risposta a queste problematiche arriva dai calcoli che il fisico francese Pierre Ramond adopera nel 1970; egli individua che la teoria ha la capacità di essere coerente solo se risulta dotata di una diversa simmetria, in grado di coinvolgere particelle come fermioni e quark: in breve, non aveva fatto altro che rilevare la *supersimmetria*, grazie alla quale la teoria delle stringhe si è dimostrata già ai suoi albori una via privilegiata per nuove idee e speculazioni. Le implicazioni del nuovo modello supersimmetrico non sono affatto banali né tantomeno poco efficaci: non prevedeva in alcun modo l'esistenza dei famigerati *tachioni*, «quindi quell'importante impedimento a prendere sul serio la teoria delle stringhe era eliminato, e le dimensioni spaziali non erano più venticinque, ma solo nove. Nove non sono tre, ma è comunque meglio di venticinque. Con l'aggiunta del tempo, la nuova stringa supersimmetrica (o superstringa, in breve) vive in un mondo a dieci dimensioni»³⁶. Sempre nello stesso periodo, altri due fisici, Andrei Neveu e John Schwarz, riescono a fornire una versione della teoria che si accorda con le nuove equazioni di Ramond e, cosa più importante, che procura formule coerenti con i principi della meccanica quantistica e della relatività speciale. Gli anni Settanta, dunque, rappresentano quella porzione di tempo nel quale la teoria delle stringhe, nata come modello di funzionamento degli adroni (la

36. L. Smolin, op. cit., p. 105.

scatola nera della natura), si presenta come quella teoria fondamentale in grado di unificare la gravità con le altre forze naturali.

I primi a intraprendere questo decisivo passo in avanti nel 1972 sono Joel Scherk e John Schwarz (protagonisti della futura teoria delle superstringhe), i quali si rendono conto che il funzionamento delle stringhe è in grado di spiegare l'origine comune di tutte le forze, grazie anche al fatto che le stringhe possono essere aperte o chiuse a seconda della massa particolare:

I due capi di una stringa aperta si possono considerare come particelle dotate di carica. Per esempio, un estremo potrebbe essere una particella con carica negativa, come un elettrone; l'altro allora sarebbe la sua antiparticella, il positrone, che ha carica positiva. La vibrazione senza massa della stringa tra loro descrive il fotone che trasmette la forza elettrica tra la particella e l'antiparticella. Dalle stringhe aperte si ottengono quindi particelle e forza e la teoria, se è costruita con abilità, può produrre tutte le forze e tutte le particelle del modello standard. Se esistono soltanto stringhe aperte, si direbbe che la gravità sia esclusa, perché non esistono gravitoni. Ma delle stringhe chiuse non si può fare a meno. Il motivo è che in natura si producono collisioni tra particelle e antiparticelle, che si distruggono a vicenda, creando un fotone. Dal punto di vista delle stringhe, l'evento è descritto come l'avvicinamento e l'unione dei due capi della stringa. Le due estremità spariscono e rimane un anello chiuso.³⁷

Il fatto che la teoria preveda sia stringhe aperte che stringhe chiuse altro non significa che il fondamentale coinvolgimento della gravità nel differenziamento rispetto alle altre forze; in altre parole, la gravità diventa il punto principale per l'unificazione delle forze. Una conclusione davvero suggestiva e persino rivoluzionaria, che deriva

37. *Ibidemem.*

dal semplice fatto che l'origine delle forze risulta essere la medesima: la rottura e l'unione di questi microscopici filamenti, in grado di vibrare e di descrivere così il comportamento di tutte le particelle presenti in natura. Grazie al lavoro di John Schwarz e del già citato Holger Nielsen, il quale descrive una stringa come una linea quantizzata di flusso elettrico, diventa non solo possibile unificare la gravità assieme alle altre forze, bensì concepire un'unica origine di tutte e le forze e dunque della gravità stessa.³⁸ Fisici come Pierre Ramond e lo stesso Schwarz, che si sono visti negare cattedre prestigiose in celebri università, hanno continuato a lavorare in mezzo ad un generale scetticismo che piano piano si è trasformato in sempre maggiore interesse. Nel 1983, Schwarz viene invitato ad intervenire a Princeton e si guadagna grande rispetto e ammirazione dopo aver risposto brillantemente ad un collega esperto come Edward Witten, allora ricercatore nella fisica delle particelle. Lo scetticismo diminuiva, mentre la teoria delle stringhe progrediva sempre maggiormente.

Il nuovo modello non aveva rappresentato solamente un ipotetico cambio radicale di paradigma, per dirla alla maniera di Kuhn. Anzi, si indentificava propriamente in un lontano sogno che la scienza aveva sempre vagheggiato, un sogno che diventava possibile grazie a visionari calcoli e speculazioni ai limiti dell'ardito. Improvvisamente, infatti, secondo la teoria «tutti i parametri del modello standard si possono ridurre a una combinazione della costante gravitazionale di Newton e di un semplice numero, che è la probabilità che una stringa si divida in due e si uni-

38. «La legge è tutta qui: spiega il movimento delle stringhe e, appena si permette loro di spezzarsi e di unirsi, l'esistenza di tutte le forze. Unifica tutte le forze che conosciamo con una descrizione delle particelle. Ed è molto più semplice delle leggi che descrivono le singole cose che unifica». L. Smolin, op. cit., p. 108.

sca. Oltretutto, il secondo numero non è fondamentale, ma è una proprietà dell'ambiente»³⁹. Lo sviluppo della teoria e la sua evoluzione a partire dagli anni Ottanta in avanti non è certamente alieno da contraddizioni ed errori o persino teorizzazioni paradossali, che hanno pesato e pesano ancora sulla credibilità dei sostenitori moltiplicatesi nel corso del tempo. Ciò non toglie, tuttavia, che la nuova ricerca sia stata fondamentale per capire quanto la fisica avesse bisogno di una scossa rivoluzionaria ai limiti dell'incredibile, come ci tiene a ricordare lo stesso Smolin, secondo la sua personale esperienza:

1. La teoria delle stringhe ha offerto un'unificazione di tutte le particelle e di tutte le forze presenti in natura, grazie al concetto di vibrazione quantistica sul modello di un oscillatore armonico.
2. La teoria delle stringhe ha fornito automaticamente i campi di gauge, responsabili dell'elettromagnetismo e delle forze nucleari, grazie alla vibrazione quantistica.
3. La teoria delle stringhe, avendo fornito i gravitoni, ha unificato la gravità alle altre forze e spiegato la sua origine, grazie al concetto quantistico di stringa chiusa.
4. Unificando bosoni e fermioni grazie alle oscillazioni delle stringhe, è stato possibile unificare tutte le forze naturali con tutte le particelle fondamentali.

Pertanto, l'evoluzione della teoria è direttamente proporzionale all'interesse e alla volontà dello stesso insieme dei fisici teorici di giungere ad una plausibile spiegazione per la quale sia possibile concepire quella fantomatica *teoria del tutto*, così tanto a lungo cercata e bramata nel corso di numerose ricerche.

39. *Ibidem*.

III. Lo sviluppo storico e scientifico della teoria delle stringhe

La rivoluzione delle superstringhe

Proseguire nella ricerca di un modello che sia in grado di spiegare universalmente tutto il sistema fisico spazio-temporale nel quale ci troviamo può risultare un'impresa affascinante e degna di essere perseguita, ma può anche riservare aspre e sconvolgenti sorprese. Ad esempio, la teoria delle stringhe, così come l'abbiamo vista nella sua origine attraverso il lavoro di Leonard Susskind, essendo un qualcosa di ancora troppo generico e teorico, corre il rischio non indifferente di suscitare grande curiosità a fronte però di una conseguente inefficacia empirica. Poiché, come in parte abbiamo visto, essere in grado di unificare le tre forze fondamentali presenti in natura senza considerare la relatività di Einstein, non significa altro che escludere da quella che si vuole chiamare unificazione la gravità e i suoi influssi decisivi che non si possono assolutamente ignorare. Pertanto, la teoria delle stringhe serve a poco se non è in grado di trasformarsi in un saldo ponte in grado di mettere in comunicazione la meccanica quantistica con la relatività generale e non può fare a meno della gravità per diventare una teoria (apparentemente) completa e coerente con quanto pretende di dimostrare. Ad ogni modo, come ritiene la maggior parte dei fisici che si sono occupati

della crescita della teoria, si avverte il necessario bisogno di una vera e propria rivoluzione nel senso kuhniano del termine. L'infante deve essere portato velocemente verso una rapida crescita in grado di rafforzarlo, di fronte alle incongruenze che cominciano a nascere: è necessario operare dunque un'effettiva rivoluzione, per far entrare in gioco anche la forza di gravità e tutto ciò che essa comporta.

Se dovessimo seguire, appunto, l'interpretazione di Thomas Kuhn enunciata nel suo testo più famoso *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, saremmo quasi costretti ad ammettere che «una rivoluzione scientifica è preceduta da un accumularsi di anomalie sperimentali. Di conseguenza, le persone iniziano a mettere in discussione la teoria consolidata. Alcuni inventano teorie alternative. La rivoluzione culmina in risultati sperimentali che convalidano una delle nuove alternative più che la vecchia teoria consolidata»⁴⁰. Naturalmente, la visione di Kuhn può benissimo essere contestata e un po' datata, come dimostrano i tanti articoli e saggi di illustri scienziati e storici internazionali; ciò non toglie che la teoria delle stringhe rappresentasse un vero e proprio capovolgimento di sistema, seppur incompleto e parziale. Tuttavia, il passaggio dalle stringhe alle cosiddette superstringhe non può essere affrontato secondo i classici schemi kuhniani, poiché essi non sarebbero assolutamente in grado di coglierne le ampie sfumature e tutte le differenti sfaccettature.

Abbiamo visto già in precedenza, che nel 1971 Pierre Ramond della University of Florida aveva cercato di inserire nel quadro generale delle stringhe anche i fermioni, trovando nuovi riscontri, cambiando però la simmetria, ovvero mescolando insieme particelle come bosoni e fermioni. Grazie anche al successivo lavoro di John Schwarz

40. Smolin, op. cit., p. 116

e André Neveu, si rende possibile una rinnovata versione della teoria delle stringhe, che tentava di conciliare gli aspetti contraddittori e problematici delle primissime formulazioni; venivano, dunque, poste le condizioni fondamentali per un avanzamento conoscitivo e sperimentale di notevole portata, che si concretizza nel 1977, quando le ricerche di Ferdinando Gliozzi dell'Università di Torino, Joël Scherk e David Olive dell'Imperial College portano alla luce la cosiddetta supersimmetria.⁴¹ Il continuo proliferare di questi studi, comprese le modalità che avevano portato lo stesso Leonard Susskind a rendere celebre e ammirata la nuova teoria, riescono persino ad ottenere un effetto del tutto sorprendente anche in molte altre formulazioni sperimentali parallele.

Ad esempio, nel 1973, gli studiosi Julius Weiss e Bruno Zumino mostrano concretamente come sia possibile che la nuova concezione supersimmetrica sia applicabile ad alcune classiche teorie della fisica teorica che prevedono particelle puntiformi e non i filamenti vibranti delle stringhe; questo significa che, grazie ai diffusi provvedimenti che si diffondono proprio verso la metà degli anni Settanta, la supersimmetria riesce ad entrare sempre più prepotentemente nel panorama delle teorie quantistiche di campo (avendo dunque sempre più rapporti con la nozione di gravità), contribuendo al generale interesse per la rincorsa a quella che viene definita *teoria quantistica di campo supersimmetrica*. Lo stesso Modello Standard della fisica delle

41. Come riporta ampiamente anche Greene, «si era scoperto che la teoria delle stringhe prevedeva la supersimmetria e l'accoppiamento bosone-fermione ne era un segno. Era nata la teoria delle stringhe supersimmetrica, cioè la teoria delle superstringhe. Il lavoro di Gliozzi, Scherk e Olive mostrava anche il problema del tachione che affliggeva la teoria bosonica veniva superato nel contesto della nuova teoria». B. Greene, *L'universo elegante*, op. cit., p. 157.

particelle ne viene in parte contagiato, dando alla luce il nuovo Modello standard supersimmetrico, decretando in questo modo una rinnovata importanza degli iniziali elastici bosonici di Nielsen e Susskind: la teoria delle stringhe non è solamente il candidato principale per il titolo di *Teoria del tutto* (*Theory of everything*, TOE), ma anche un vero e proprio strumento di rivoluzione per diverse teorie specifiche. Tuttavia, cosa starebbe a significare realmente la prova di una simile evoluzione di un modello così innovativo e rivoluzionario?

Secondo i principali ricostruttori del contesto nel quale ci troviamo a doverci muovere, bisognava essere spinti da un certo gruppo di folli per lavorare ad un progetto di questa portata, nel bene e nel male. Allo stesso tempo, come riferisce anche Brian Greene, ciò dimostra come oltre alle stesse teorie e variabili speculazioni cambia drasticamente anche il carattere stesso di fare ricerca, privilegiando sempre di più la rincorsa verso qualcosa che potrebbe anche non essere visto, ma solo calcolato. Diviene pertanto necessaria un'evoluzione della teoria delle stringhe per procedere nella ricerca, dal momento che il modello degli adroni non tiene conto di molte particelle e non contempla del tutto la relatività, che non è possibile dimenticare se si desidera costruire una coerente *teoria del tutto*. La versione della supersimmetria fornisce un importante avanzamento e una soluzione generale ai piccoli problemi che cominciano ad emergere dalla fine degli anni Sessanta, senza tuttavia semplificare le cose.

Poiché, se è vero che la formulazione supersimmetrica tiene alla larga diverse contraddizioni di tipo matematico e fisico, è altrettanto vero che costringe gli studiosi ad aumentare ulteriormente l'intensità della ricerca e gli sforzi per valorizzarla accuratamente, senza incorrere in significative obiezioni da parte dell'intera comunità scientifica.

Il passo avanzato dalle superstringhe non è solamente rivoluzionario, ma risulta essere anche alquanto ambizioso e difficile da sostenere per risolvere, fondamentalemente, il problema della gravità quantistica: solamente un folle o un visionario avrebbe il coraggio di perseguire un simile cammino. Difatti, se analizziamo accuratamente l'insieme del contesto, viene fuori che «una teoria delle stringhe sulla gravità prevede un numero infinitamente grande di particelle, ben oltre quelle conosciute. Inoltre, la teoria delle stringhe è estremamente difficile da analizzare con gli strumenti di calcolo. Che prezzo salato da pagare, per risolvere il problema della gravità quantistica: una teoria con una infinità di nuove particelle e una descrizione matematica in prospettiva molto ardua»⁴². Gli studiosi Scherk e Schwartz erano stati alcuni tra i pochissimi scienziati ad addentrarsi in questo problematico groviglio di spine; ciò non toglie, che le ricerche da loro portate avanti abbiano permesso di sviluppare accuratamente un modello che coinvolge le stringhe e contemporaneamente risolve alcune contraddizioni rilevanti emerse nel corso degli anni.

Dopo la morte precoce di Scherk, avvenuta nel 1980, Schwartz prosegue con il lavoro già cominciato e si affianca ad un altro adepto sopravvissuto della teoria delle stringhe, ovvero il fisico di nazionalità britannica Michael Green. La loro collaborazione ha degli effetti sorprendenti sulle conseguenze future del modello riguardante le superstringhe: si rendono conto, infatti, che una teoria dotata di quelle specifiche caratteristiche può avere un senso fisico e matematico solamente se inserita in nove dimensioni spaziali e una sola temporale. Ciò significa, dunque, che «per ogni altro numero di dimensioni, si presentano modi di vibrazione inaccettabili, corrispondenti a previsioni ma-

42. L. Randall, op. cit., p. 301.

nifestamente assurde, per esempio probabilità negative attribuite ai modi impossibili. In quelle dieci dimensioni, invece, tutti i modi indesiderati sono automaticamente eliminati»⁴³. L'avanzamento della teoria è di conseguenza legato ad un principio pluridimensionale specifico e matematicamente necessario; la rivoluzione delle superstringhe, secondo la ricostruzione ad opera di Lisa Randall, viene fatta, allora, coincidere con i calcoli di Green e Schwartz e i loro promettenti risultati speculativi. La teoria delle superstringhe, a differenza di quella precedente, possiede il grande pregio di coniugarsi egregiamente con un prospetto pluridimensionale e la possibilità di progredire sia a livello teoretico che sperimentale. I risultati di Green e Schwartz convincono la maggioranza dei fisici a dar credito allo sviluppo della teoria delle stringhe: valeva la pena, dunque, interessarsi dell'argomento e approfondirlo il più possibile.

Dagli studi di Green e Schwarz alle stringhe "eterotiche"

Nel 1984, la situazione, sia a livello di studi che internazionale, si evolve in maniera tale da riportare l'attenzione mediatica e intellettuale verso le nuove caratteristiche della teoria portata alla luce da Susskind negli anni Sessanta. Quel modello, infatti, era stato ritenuto ormai superato e addirittura surclassato, dal momento che non era stato in grado di fornire evidenze all'altezza di una totale adesione; inoltre, nel 1969 i fisici Steven Adler, John Bell e Roman Jackiw avevano reso chiaro come la simmetria dei processi quantomeccanici, prevista dalla teoria classica, poteva essere violata e avevano registrato ogni tipo di violazione come un'*anomalia*. Pertanto, un modello che aveva la pretesa di erigersi come unificatore di tutte le forze presenti

43. *Ibidem*.

in natura non poteva assolutamente prevedere delle anomalie al suo interno: una teoria unitaria delle forze per la spiegazione generale dei fenomeni implica una perfetta e inviolabile simmetria. Questa simmetria «associata a una forza, quindi, deve essere priva di anomalie, cioè la somma di tutti gli effetti di rottura della simmetria dev'essere nulla»⁴⁴.

Le anomalie erano diventate un serio problema per la teoria classica delle stringhe, al punto da portare, verso la fine del 1983, Luis Alvarez-Gaume e Edward Witten alla dimostrazione di come le stesse anomalie presenti nella teoria quantistica dei campi fossero presenti anche nella versione parallela delle stringhe; i loro studi specifici erano stati ritenuti centrali e decisivi per decretare la natura troppo favolistica o avveniristica della teoria delle stringhe, la quale aveva subito un conseguente periodo di confinamento. Per questo motivo, dunque, i risultati di Green e Schwartz risultano ancora più sorprendenti e rivoluzionari: essi, infatti, non solo riescono a calcolare tutti i contributi quantistici dovuti alle possibili anomalie mostrando come, alla fine, il loro esito finale sarebbe stato a somma zero, ma rendono ancora più consapevole la comunità scientifica della necessità di comprendere nel Modello standard anche la supersimmetria e la gravità, indispensabili per poter giungere ad una concreta e valida unificazione.

La totalità di queste scoperte non poteva in nessuno modo essere ignorata, neppure dai gruppi più scettici e titubanti, che avevano scagliato non poche perplessità e modelli alternativi nei confronti dell'universo stringhista. Nonostante la struttura aggiuntiva della teoria delle stringhe rappresentasse una complicazione notevole, era indubitabile come ciò avesse potuto ottenere ottime prospetti-

44. *Ibidem*.

ve grazie alle superstringhe, come tiene a sottolineare la Randall:

Ma Green e Schwartz mostrarono che, in una teoria delle stringhe a dieci dimensioni, la somma dei contributi quantomeccanici a tutte queste possibili anomalie è pari a zero. Dunque, le numerose compensazioni a somma zero richieste dai calcoli della teoria delle stringhe sono effettive. Inoltre, la cancellazione avviene in dieci dimensioni, e questo è il numero di dimensioni specificamente richiesto, com'è noto, dalla teoria delle superstringhe. La scoperta sapeva di miracolo, tanto che molti fisici si convinsero che queste coincidenze non potevano essere casuali. La cancellazione delle anomalie era un argomento potente a favore delle superstringhe in dieci dimensioni.⁴⁵

I ricostruttori del dibattito, come la stessa Lisa Randall, non concordano pienamente su ciò che accade successivamente rispetto al lavoro di Green e Schwartz; tuttavia, al di là di qualsivoglia speculazione in materia, si può essere certi di una cosa: il futuro della teoria viene legato al concetto di multidimensionalità, predecessore del multiverso che ai nostri giorni si è insediato in maniera prepotente all'interno di numerose ricerche. Il caso delle stringhe eterotiche, ad esempio, risulta abbastanza emblematico in questo senso, poiché costituisce un passaggio del modello poco approfondito e relegato all'ambito esclusivamente tecnico, però può aiutare a comprendere come lo sviluppo dell'intero sistema fosse strettamente collegato alla risoluzione delle anomalie e all'accettazione, matematica e speculativa, delle dimensioni extra.

All'Università di Princeton, nel 1985, la collaborazione tra i fisici David Gross, Jeff Harvey, Emil Martinec e Ryan Rohm porta alla luce un nuovo **stadio** della teoria delle

45. *Ibidem.*

stadio o studio?

stringhe, ovvero le cosiddette stringhe eterotiche, vale a dire stringhe caratterizzate dall'alterazione delle vibrazioni. Se nella teoria classica i modi di vibrazione sono capaci di spostarsi lungo una stringa, sia in senso orario che antiorario, con la stringa eterotica le onde che si spostano nel senso antiorario si comportano diversamente dalle loro gemelle di senso orario: in questo modo, viene introdotto un concetto di forza più mobile e interessante rispetto alle versioni precedenti. La comparsa di queste nuove stringhe dava in parte ragione ai calcoli di Green e Schwartz, insistendo sulla risoluzione delle anomalie e l'implicazione deca-dimensionale della matematica quantistica.

Inoltre, sanciva il principio speculativo iniziale che aveva portato Leonard Susskind ad iniziare l'intero percorso verso la fine degli anni Sessanta, ovvero la risorsa teorica e speculativa di un modello che, partendo essenzialmente da ipotesi e calcoli matematici (nonché da una notevole capacità immaginativa "metafisica" nel senso più scientifico del termine), arrivava gradualmente a conciliarsi con le previsioni e con la realtà naturale stessa, come se inizialmente non potesse veramente appartenere ad essa in una maniera corretta e naturale. Il punto cruciale dello sviluppo della teoria alberga proprio qui: nella disperata battaglia per appartenere sempre di più ad una realtà effettiva, senza rimanere relegata in un anfratto di astrazione o relativa indimostrabilità. Le ultime ricerche degli anni Ottanta avevano cominciato a dare risposte positive in tal senso, concentrandosi specificamente sull'aspetto matematico e coerente, riuscendo ad elaborare un nuovo modello ancora più preciso e organizzato, anche se pur sempre fantasioso in qualche modo, poiché tendeva a viaggiare ancora su una strada prettamente teorica e speculativa. Il *casus belli* più importante e certamente più discusso viene senza dubbio rappresentato dalla difficoltà di rappresentare, e anche solo di immaginare,

uno spazio deca-dimensionale: com'è possibile, infatti, che si possa prevedere con dei calcoli matematici un universo simile quando la nostra esperienza ci suggerisce che le dimensioni percepibili sono solamente quattro?

La teoria delle superstringhe risulta essere una brillante e coerente spiegazione se riesce a coinvolgere in maniera fondamentale le forze del Modello standard, ma il problema consiste nel non rilevare il numero errato di dimensioni spaziali: le dimensioni, in questo caso, devono essere per forza dieci, non una di meno, ma anche così il problema resta; bisogna cioè comprendere in che modo si arrotolano e si nascondono le altre sei che non siamo in grado di percepire. In altre parole, il concetto di multidimensionalità deve essere legato strettamente alla capacità di coniugare l'aspetto originale della teoria con la coerenza delle regole matematiche che sono necessarie per raggiungere lo scopo; la percentuale di errore è molto alta e il minimo sbaglio è in grado di vanificare tutto: lo sanno molto bene i fisici che nel 1985 riescono a mettere sul tavolo un'ulteriore carta in grado di approfondire il discorso:

Nel 1985 Philip Candelas, Gary Horowitz, Andy Strominger e Edward Witten riconobbero l'importanza di un modo più sottile e complicato di arrotolare le dimensioni extra: è la compattazione nota come varietà di Calabi-Yau. I dettagli sono complicati, ma essenzialmente le varietà di Calabi-Yau permettono alla teoria in quattro dimensioni di distinguere la sinistra dalla destra, riproducendo le particelle e le forze del Modello standard, compresa l'interazione debole che viola la parità. Inoltre, se si arrotolano le dimensioni extra in una varietà di Calabi-Yau si preserva la supersimmetria. La varietà di Calabi-Yau costituì un punto di svolta nel progresso della fisica: si deve a loro se la teoria delle superstringhe è oggi così in auge.⁴⁶

46. *Ibidem.*

Scendere in maniera più accurata nei particolari risulterebbe essere una procedura lunga e complessa che in questa sede non siamo in grado di affrontare. Ci basti qui sottolineare come, nella sua espressione più ambiziosa, la teoria delle superstringhe contasse davvero di riuscire ad elaborare un sistema coerente nel quale inserire le dimensioni extra, senza le quali l'intera teoria non avrebbe potuto svilupparsi così velocemente e in maniera così attraente. Le superstringhe, infatti, attiravano l'interesse e suscitavano fascino nei fisici soprattutto per la loro capacità di mettere insieme il principio di gravità con scale di grandezza quantistiche, in modo tale da rappresentare perfettamente il ruolo di *teoria del tutto* che esitava a prendere forma dalla morte di Einstein. Le reazioni e le obiezioni a questa radicale rivoluzione non erano state assenti e nemmeno innocue nel loro argomentare (come vedremo meglio nel prossimo capitolo), tuttavia era ormai divenuto chiaro come il modello delle stringhe avesse ottenuto una sua legittimazione, conquistandosi sempre maggiori favori e ammirazioni.

Il problema della multidimensionalità

All'interno della ricostruzione di Smolin, contrariamente a quanto abbiamo visto nel caso di Brian Greene, compare la stessa considerazione che ha portato Lisa Randall a concludere come l'importanza delle dimensioni extra sia stata decisiva per il successo definitivo delle superstringhe. Per potersi finalmente affermare, infatti, la teoria non doveva solamente essere in grado di spiegare universi possibili a livello matematico, ma anche spiegare accuratamente il mondo nel quale ci ritroviamo a vivere ogni giorno; la domanda, allora, resta sempre la stessa: «si possono arrotolare le sei dimensioni extra in modo tale da riuscire a riprodurre completamente il modello standard

della fisica delle particelle?»⁴⁷ Per Smolin, il problema principale comincia quando non risulta possibile conciliare la supersimmetria con le sei dimensioni extra che i calcoli di Green e Schwartz avevano espressivamente implicato.

Diventa, cioè, indispensabile trovare un modo tramite cui il nostro universo tridimensionale venga tradotto in un modello supersimmetrico, coinvolgendo la fisica delle particelle appartenenti al Modello standard; altrimenti, le opzioni si sarebbero ridotte a due soltanto: o i calcoli accuratamente riportati e descritti erano risultati incompleti e imprecisi, oppure l'intera ipotesi speculativa della supersimmetria era un'illusione fallimentare, incapace di risolvere le contraddizioni della teoria delle stringhe originaria. Se la seconda eventualità si fosse effettivamente compiuta, ci troveremmo ora a descrivere il tramonto di un miraggio e la morte prematura di una teoria rivoluzionaria. Tuttavia, per come erano state portate avanti le ricerche negli anni Ottanta, quel momento non era ancora arrivato. Le superstringhe erano una realtà solida e ammirata, portatrici di speranze e ambizioni provenienti da molti settori della scienza contemporanea:

Il problema fu risolto nel 1985 in un articolo molto importante, scritto da un quartetto di stringhisti: Philip Candelas, Gary Horowitz, Andrew Strominger ed Edward Witten. Per loro fortuna, i due matematici Eugenio Calabi e Yau Shing-Tung avevano già risolto un problema matematico che forniva la risposta: avevano scoperto e studiato una forma particolarmente bella di geometria a sei dimensioni, che oggi chiamiamo "spazi di Calabi-Yau". I quattro stringhisti riuscirono a dimostrare che le condizioni che deve soddisfare la teoria delle stringhe per riprodurre una versione del Modello standard supersimmetrico sono le stesse che definiscono uno spazio di Calabi-Yau. Quindi ipotizzarono di poter descrivere la natu-

47. L. Smolin, op. cit., p. 122.

ra con una teoria delle stringhe in cui le sei dimensioni extra sono uno spazio di Calabi-Yau. Questo riduceva le possibilità e dava più struttura alla teoria. I quattro, per esempio, mostrarono esplicitamente come fosse possibile barattare parametri del Modello standard, come quelli che determinano la massa delle diverse particelle, con parametri che descrivono la geometria di uno spazio di Calabi-Yau.⁴⁸

Dunque, anche per Smolin, il confronto con lo spazio di Calabi-Yau risulta essere un passaggio decisivo per inquadrare meglio la questione della multidimensionalità, anche se, come si poteva facilmente immaginare, il problema non si esaurisce in questo punto.

Inserire l'esistenza delle dimensioni extra all'interno dello spazio di Calabi-Yau per lo sviluppo delle ricerche che man mano crescevano lungo il globo, risulta essere un evento senza precedenti e dalle conseguenze a dir poco affascinanti. Avrebbe potuto essere considerato il punto di arrivo, il raggiungimento effettivo di ciò che era stato tanto bramato: si sarebbe potuto stringere in mano quell'unica e singola teoria generale alla ricerca della quale diversi fisici avevano sacrificato innumerevoli ore di tempo. Tutto ciò avrebbe avuto non solo una portata storica, ma anche una rilevanza scientifica e filosofica di incredibile spessore per l'intera comunità scientifica, salvo il fatto che stiamo utilizzando un beffardo condizionale; un condizionale che è derivato da un fatto preciso e inequivocabile, capace di spezzare tutti gli entusiasmi della compagine stringhista.

Sfortunatamente, viene ben presto alla luce come non si possa parlare di spazio di Calabi-Yau ma di spazi, con parametri innumerevoli e assolutamente variabili nel loro manifestarsi; nessuno sarebbe stato capace di dire con certezza quanti fossero ma, «in base a una voce che circolava,

48. *Ibidem.*

lo stesso Yau pensava fossero almeno centomila. Ognuno di questi spazi dava origine a una versione diversa della fisica delle particelle. E ognuno era associato a un elenco di parametri liberi che ne governavano le dimensioni e la forma. Nessuna unicità, quindi, nessuna nuova previsione. Non si spiegava nulla»⁴⁹. Come se non bastasse, tutti questi spazi introducevano un gran numero di nuove forze, con altrettanti parametri e un raggio di azione pressoché infinito; quest'ultima rivelazione risulta essere particolarmente sgradevole, dal momento che sia per la teoria supersimmetrica che per la forza gravitazionale e l'elettromagnetismo esistono limiti sperimentali ben precisi. I problemi, tuttavia, non si esauriscono in questo modo e un esempio concreto ce lo fornisce la scoperta dello studioso Andrew Strominger, il quale nel 1986 rileva come sia possibile elaborare, sotto molti aspetti, una serie di tante teorie delle superstringhe parallele, l'antitesi piena di quella unicità a lungo perseguita⁵⁰. Poiché, se le soluzioni diventano moltissime, anche le instabilità e la variabilità diventano altrettante, non rendendo più possibile la costituzione di un Modello coerente e con parametri sicuri e accettabili.

Lo sviluppo della teoria si lega non solo alle dimensioni

49. *Ibidem*.

50. Smolin riporta con attenzione una parte dell'ultima sezione dell'articolo di Strominger, per farci comprendere quale fosse il sentimento generale che cominciava a serpeggiare: «La classe di compatteificazioni di superstringhe supersimmetriche è stata enormemente ampliata. [...] Non pare verosimile che tali soluzioni [...] si riescano a classificare in un immediato futuro. Poiché i vincoli su [queste] soluzioni sono relativamente deboli, sembra invece probabile che se ne possa trovare un certo numero [...] di fenomenologicamente accettabili. [...] Anche se è piuttosto rassicurante, in un certo senso ci siamo resi troppo comoda la vita. Sembra che tutto il potere predittivo sia andato perso. Tutto ciò indica l'opprimente necessità di trovare un principio dinamico per determinare [quale teoria descrive la natura], che oggi appare più urgente che mai». L. Smolin, op. cit., p. 124.

extra che risultano difficilmente concepibili ed esplicabili nella loro sostanza e consistenza, ma coinvolge anche una serie di parametri che non risultano più in alcun modo stabili e concreti, come se la capacità predittiva delle stringhe fosse andata perduta, o addirittura mai esistita, come vedremo meglio nel prossimo capitolo. In questa sede, ci interessa comprendere come la crescita della teoria sia legata in qualche modo alla sua crisi e alla sua dissoluzione in maniera paradossale, visto il nascere di continue contraddizioni e palesi risultati incomprensibili e di fatto incalcolabili da un punto di vista fisico. Certamente, negli anni Ottanta l'entusiasmo era ancora elevato e lo sarebbe stato ancora per molto tempo, dal momento che le stringhe erano ritenute la chiave di volta per mettere definitivamente in comunicazione la relatività con la complessa meccanica quantistica. Questa convinzione non riesce a venire meno, nemmeno dopo la scoperta di Strominger e le obiezioni documentate e condivisibili di fisici autorevoli come Richard Feynman e del premio Nobel Sheldon Glashow, padre del Modello standard. Come abbiamo detto, da una parte ci sono studiosi fedeli all'intero pacchetto, estremamente convinti che la supersimmetria e le dimensioni extra fossero una realtà concreta che prima o poi sarebbe stata dimostrata con certezza; dall'altra, ci sono molti fisici che "abbandonano la nave" finché si ritengono ancora in tempo, poiché restare significava aderire ad un sistema frammentario e ideale fin troppo alieno da dati sperimentali concreti. A questo proposito, risulta interessante considerare l'obiezione che Smolin ritiene fondamentale per la venuta di quella che egli definisce come la rivoluzione numero due, le parole che Richard Feynman rivolge a molti suoi colleghi. Il fastidio di Feynman, allora, si inserisce proprio in quel clima di generale disamoramento per la teoria delle stringhe che in quel particolare momento storico

si stava dimostrando più complicata del previsto e meno risolutiva e prevedeva ben poco di quello che molti fisici avevano sperato.

Le versioni erano tante, le controversie si moltiplicavano di giorno in giorno. Paradossalmente, però, il proliferarsi di queste versioni forniva un valido argomento a sostegno della posizione degli stringhisti: la presenza di continue variabilità attesta sicuramente l'incompletezza della teoria, ma può altrettanto significare che qualcosa al di sotto della nostra comprensione ci sia davvero e attenda solamente la possibilità di essere spiegato. In altre parole, esistevano molti validi motivi per abbandonare il progetto, come del resto sarebbe accaduto realmente, tuttavia molti stringhisti non sono riusciti ad abbandonare completamente l'idea che aveva entusiasmato tanto le loro menti; dopotutto, la teoria delle stringhe rappresentava davvero il tentativo più affascinante e concreto di arrivare ad una generale unificazione. Quella che viene definita da Smolin la rivoluzione numero due deriva essenzialmente da questa testardaggine di sistema, grazie alla quale anche oggi la teoria sopravvive pur con tutte le sue difficoltà e assediata continuamente da nuove obiezioni. Una delle voci concrete di questa sorta di rivoluzione è rappresentata sicuramente da Edward Witten, il quale nel 1995 durante un intervento a Los Angeles introduce il nuovo concetto delle cinque teorie: la teoria delle superstringhe non si era dimostrata unitaria, questo perché, nell'ottica di Witten, ne esistevano almeno cinque possibili. Gli irriducibili riduzionisti, naturalmente, non possono concordare con questa particolare visione, che si basava essenzialmente sui calcoli degli anni Ottanta e sulla matematica di Calabi-Yau insieme a quella descritta dalla teoria di Kaluza-Klein; dall'altra parte, gli ottimisti fedeli al modello si erano presto convinti che quello fosse il segnale concreto di una futura definitiva unificazione.

Ma come è possibile che si possa parlare di rivoluzione se da una teoria siamo passati a cinque possibilità diverse? In realtà, il proposito di Witten era tutt'altro rispetto a quello che potremmo immaginare: se esistono cinque teorie coerenti delle superstringhe ciò dovrebbe significare che fanno tutte parte della stessa teoria. Per giungere a questo risultato, tuttavia, occorre fare una cosa apparentemente semplice, ma considerando quanto abbiamo visto prima la semplicità non è di casa in queste situazioni; bisognava aggiungere un'altra dimensione, dieci dimensioni spaziali e una temporale, in totale undici. Verrebbe da chiedersi dove fosse l'utilità di aggiungere un'ulteriore dimensione e da cosa questo calcolo dovesse effettivamente dipendere, dal momento che non poteva esistere in quel momento una teoria delle stringhe supersimmetrica coerente in undici dimensioni.

Sempre Smolin ci viene in soccorso ancora una volta, poiché era ben nota ai fisici l'esistenza di una teoria supersimmetrica della gravità in undici dimensioni spaziotemporali per l'appunto. Pertanto, «Witten ipotizzò che il mondo a undici dimensioni la cui esistenza era segnalata dal campo extra si potesse descrivere – in assenza della teoria quantistica – mediante la supergravità a undici dimensioni. Inoltre, anche se non esistono teorie delle stringhe in undici dimensioni, esiste una teoria delle superfici bidimensionali che si muovono in uno spazio tempo a undici dimensioni»⁵¹. Andare oltre significherebbe anticipare la teoria delle brane che oramai è considerata una delle principali alternative, o anche evoluzioni, della stessa teoria delle stringhe; in questo momento ci interessa considerare come la rivoluzione numero due sicuramente era in grado di dare nuova linfa vitale al Modello elastico, ma non a suf-

51. *Ibidem*.

ficienza per poter arrivare ad una formulazione definitiva e accettata. La legittimità diminuiva di anno in anno, nonostante il proliferare di studi e approfondimenti matematici e speculativi, anche se le brane (in cui il nostro universo viene considerato una sorta di superficie che fluttua all'interno di un universo con molte altre dimensioni) avevano messo in comunicazione le stringhe con i buchi neri.

Questa particolare relazione è dovuta soprattutto ai calcoli e alle scoperte di Jacob Bekenstein e di Stephen Hawking riguardo al fatto che i buchi neri possiedano una specifica entropia e una temperatura, il che porterebbe a pensare che i giganti gravitazionali, perdendo energia a seguito dell'emissione di calore, possano dissolversi liberando tutta la materia intrappolata nel corso della loro attività. La coincidenza tra essi e la teoria delle stringhe è quasi miracolosa, dal momento che in entrambi i casi «esistono molte trasformazioni supersimmetriche che mettono in relazione i fermioni e i bosoni. Si è verificato che queste consentono la costruzione di una potente analogia matematica che fa sì che le proprietà termodinamiche dei due sistemi siano necessariamente identiche»⁵². Ciò diviene ancora più chiaro quando in un convegno svoltosi a Trieste nel 1996, un giovane stringhista brillante di nome Juan Maldacena pone in relazione il sistema delle brane con quello dei buchi neri a proposito della teoria delle stringhe. L'idea rivoluzionaria e molto fantasiosa prescrive che sia possibile descrivere il comportamento dei buchi neri tramite le simmetrie extra e i calcoli che comprendono la multidimensionalità; lo stesso Maldacena l'anno successivo fa girare un articolo in cui sostiene che la teoria delle stringhe possa avere una rappresentazione duale, vale a dire in uno spaziotempo variabile, multidimensionale e a gravità alte-

52. *Ibidem.*

rata o addirittura assente. Naturalmente, le obiezioni e le parole di scetticismo si moltiplicano a dismisura, dal momento che si tratterebbe solo di congetture matematiche e arbitrarie e per nulla sorrette da un background empirico di tutto rispetto.

La difficoltà principale della teoria delle stringhe è rappresentata dal fatto che la supersimmetria implica anche una simmetria nel tempo, per questo non è possibile costruire una teoria supersimmetrica coerente in uno spaziotempo che muta nel tempo. Per stabilizzare questo aspetto non bastano certo calcoli matematici e speculazioni universali. La teoria delle stringhe si arena pertanto nelle sue stesse ambizioni, non potendo fornire delle prove concrete a sostegno delle sue tesi affascinanti. La sua spinta rivoluzionaria e straordinaria, pur avendo portato ad un sostanziale arricchimento del panorama teorico nell'indagine scientifica, si è ben presto trasformata in un susseguirsi di dibattiti e contese sulla legittimità e le caratteristiche che un'autentica teoria di valenza scientifica dovrebbe possedere. Negli anni Duemila il modello delle stringhe è divenuto il cantiere per nuove ricerche e altrettante diversità di posizione. La vera rivoluzione, ora, consisterebbe nel dimostrare accuratamente che essa è veramente in grado di fare previsioni e di conciliare non solo sulla carta la meccanica quantistica e la relatività generale di Einstein.

IV. Il cuore ballerino della teoria delle stringhe

1. Una questione di matematica

Le prime difficoltà e le prime decisive e penetranti obiezioni rivolte contro la teoria delle stringhe non vengono rappresentate tanto da limiti concettuali o speculativi, quanto da severe perplessità e incongruenze di natura matematica. Del resto, non dovremmo assolutamente sorprenderci di questo fatto, considerando quanto abbiamo potuto vedere nel corso della nostra ricostruzione precedente; il primo impulso, infatti, capace di innescare il modello a elastico del 1969, deriva essenzialmente dai calcoli e dalla specifica formula di Gabriele Veneziano: una formula matematica, per l'appunto. E, più precisamente, un risultato arrivato dopo calcoli estenuanti e ambiziosi, che avrebbero scoraggiato la maggioranza degli studiosi.

A ricordarcelo in maniera chiara e del tutto consapevole è lo stesso Leonard Susskind, autore della prima documentazione di ricerca riguardo al lavoro di Veneziano, nonché della prima fase della teoria delle stringhe:

Nel 1968 Gabriele Veneziano era un giovane fisico italiano che risiedeva e lavorava al Weizmann Institute, in Israele. Non aveva posizioni ideologiche forti sull'argomento, ma la sfida matematica di venire a capo della matrice S lo attirava. La matrice avrebbe dovuto soddisfare certi requisiti tecnici,

ma nessuno all'epoca riusciva a indicare una specifica espressione matematica che obbedisse alle regole. Veneziano decise di trovarla, e l'avvio fu brillante. Il risultato, oggi noto come *ampiezza di Veneziano*, era estremamente pulito. Ma non era una descrizione di ciò che costituiva le particelle o di come si potesse visualizzare il processo di collisione. L'ampiezza di Veneziano era un'elegante espressione matematica, un'elegante tabella di probabilità.⁵³

“Un'elegante espressione matematica, un'elegante tabella di probabilità”, riprendendo le parole più indicative del testo: i calcoli di Veneziano erano risultati formidabili, ma non potevano fornire una descrizione autentica della collisione tra le particelle, né tantomeno spiegare le ragioni sottostanti al fenomeno. Erano soltanto una griglia di probabilità matematica, anche se il termine soltanto può fuorviare decisamente rispetto a ciò che si proponeva di fare lo stesso studioso italiano. La matrice S , di cui abbiamo parlato nel capitolo precedente, non rappresentava uno stimolo qualsiasi e insignificante per gli esperti della materia e i ricercatori di ogni sorta; infatti, asserire che la scatola nera della natura è ricolma di leggi e delucidazioni che non si possono assolutamente indagare significa fornire le basi per una sfida che nessuna curiosità potrebbe rifiutarsi di intraprendere. A dire il vero, la matrice S si configura come una vera e autentica ideologia empirica che stabilisce griglie di probabilità e calcoli precisi riguardo l'esito finale di un insieme di dati, ma prescrive senza appello che il confine sia questo: tutto ciò che va oltre la tabella di precisione non può essere spiegato a livello scientifico. Gli ideologi della matrice S , non a caso, si erano vantati assiduamente di essere gli unici autentici difensori della purezza scientifica, contro le speculazioni metafisiche e fan-

53. L. Susskind, op. cit., p. 194.

tasiose di coloro che pretendevano di andare più a fondo nell'indagine della natura e dei suoi specifici meccanismi. Dunque, ancora una volta, è una questione di matematica che intima l'arresto, poiché la matrice S altro non è che un insieme di regole matematiche; un insieme, che studiosi come Gabriele Veneziano tentavano di rinnovare per raggiungere scopi più alti.

I primi passi della teoria delle stringhe si muovono lungo il filo della disperata caccia alla famigerata *Theory of everything* e al più concreto proposito di mettere insieme la meccanica quantistica con la relatività generale, senza dimenticare i diversi tentativi di unificazione delle forze fondamentali presenti nel nostro universo. A differenza di Veneziano, allora, i teorici delle stringhe si concentravano esclusivamente sulla capacità di dare finalmente un'effettiva spiegazione della collisione tra le particelle e di tutto ciò che ne concerne, dalla curvatura dello spazio al propagarsi nello stesso spazio dei vari campi magnetici. La spiegazione c'è, esiste, è concreta, solo che non riusciamo a vederla. Ed è per questo che la geometria e la matematica quantistica devono giungere in nostro soccorso: senza un dato sistema matematico, basato su calcoli precisi e ben orchestrati, il nuovo sistema non può vedere la luce, non può giungere a compimento e centrare l'obiettivo prefissato.

Proprio qui, tuttavia, si nasconde l'inganno principale e una delle peggiori incongruenze di tutta la storia delle stringhe, dal momento che, se non le vediamo e non le possiamo nemmeno percepire, come diavolo facciamo a sapere che esistono? Prima risposta: abbiamo una matematica che ne descrive gli aspetti e ne predice addirittura le conseguenze; ma che razza di matematica potrà mai essere se non descrive qualcosa di empiricamente visibile o determinabile? La matematica delle stringhe, fin dalla sua prima apparizione, possiede alcuni difetti strutturali che

ne hanno minato la credibilità fino ai giorni nostri, quando la stessa teoria oramai è soggetta a continui mutamenti e rivolgimenti radicali e funzionali alla sua stessa sopravvivenza. Le sue espressioni sono assai complesse e per la maggior parte inverificabili, basandosi su assunti teorici molto precari se presi da un punto di vista empirico e difficilmente comprensibili senza adeguati strumenti di confronto. Per questo motivo, molti esperti hanno taciuto con appellativi come astratto, incoerente, dispersivo e persino inconcludente il sistema dei calcoli relativo sia alla teoria delle stringhe originaria, sia alla successiva teoria delle superstringhe basata sul principio della supersimmetria.

Ciò che salta immediatamente all'occhio per quanto riguarda i difetti di struttura già presenti dalla fine degli anni Sessanta, risulta essere la difficoltà con cui la matematica stringhista si pone nei confronti di quella quantistica e di tutte le teorie quantistiche di ogni sorta. Prima delle incongruenze legate alla supersimmetria e al suo specifico funzionamento sia a livello matematico che fisico (legato prevalentemente alla variabilità di valori connessi alla oscillazione e alle conseguenti vibrazioni dimensionali della stringa stessa), il problema principale era rappresentato dall'assenza di parametri stabili e concreti in grado di dare valore alle determinate equazioni. I risultati, da un punto di vista strettamente teorico, promettevano scenari assolutamente stupefacenti, ma mancavano di quel sostrato empirico e geometrico capace di fornire stabilità e affidabilità ad un modello che necessitava sempre di continui approfondimenti e aggiustamenti di vario livello.

La stabilità, del resto, non poteva certamente essere trovata all'interno di un sistema precario e dalle continue sorprese, il quale esercitava dei calcoli su speculazioni e previsioni per la maggior parte avulse da qualsivoglia esperienza o osservazione. Inoltre, se vogliamo, possia-

mo considerare un caso ancora più eclatante e influente, come la differenza tra una concezione puntiforme e una filiforme della consistenza delle particelle subatomiche: «il passaggio dai punti ai filamenti è solo una parte del nuovo modello introdotto dalla teoria delle stringhe. Agli albori delle ricerche sull'argomento, i fisici incontrarono pecche matematiche fatali (dette anomalie quantistiche), che implicavano processi inaccettabili come la creazione o distruzione spontanea di energia»⁵⁴. *Sic rebus stantibus*, le conseguenze non sarebbero dovute differire le une dalle altre, bensì convergere in una sola direzione chiarificatrice, come, ad esempio, abbandonare direttamente la ricerca e passare ad altro; generalmente, «quando una teoria proposta è afflitta da problemi simili, i fisici reagiscono in modo netto e immediato: scartano la teoria. In effetti, negli anni Settanta molti pensarono che questo fosse l'atteggiamento migliore nei confronti delle stringhe. Ma i pochi studiosi che non abbandonarono le ricerche ben presto si imbattono in un modo alternativo di procedere»⁵⁵.

Dunque, abbandonare la teoria sarebbe stata la cosa più naturale e conveniente per l'intera comunità scientifica, dal momento che gli stessi risultati stupefacenti non potevano rendere conto concretamente delle loro soluzioni e avevano esasperato un modello matematico che già non permetteva la facile comprensione e affidabilità sperate. Ciò che maggiormente aveva attirato gli studiosi verso le stringhe era proprio quel carattere di semplicità e universalità che permeava il nuovo modello, desideroso di fornire una risposta unica e conciliante di tutta la fisica contemporanea; una semplicità che col passare del tempo e l'approfondirsi delle ricerche si era progressivamente dissolta in favore di

54. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., pp. 106-107.

55.. *Ibidem*.

sofisticati rivolgimenti e sistemi di calcolo. Inoltre, un altro difetto strutturale decisivo già durante la nascita della teoria degli elastici viene rappresentato, secondo uno degli anti-stringhisti più convinti come Stephen Hawking, dal problema dei valori e dei parametri infiniti o eccessivamente elevati:

Nel 1974, Joel Scherk e John Schwartz pubblicarono un articolo in cui dimostravano che la teoria delle stringhe potrebbe descrivere la forza gravitazionale, ma solo se la tensione della stringa fosse estremamente più elevata (circa 10 alla 39 tonnellate). Su scale di lunghezza ordinarie, le predizioni della teoria delle stringhe sarebbero esattamente le stesse di quelle della relatività generale; si differenzierebbero però da queste ultime a distanze estremamente piccole, minori di 10 alla meno 33 centimetri. [...] Anche le teorie delle stringhe conducono a quantità infinite, ma si pensa che questi infiniti verranno cancellati completamente in versioni come quella delle stringhe eterotiche. Le teorie delle stringhe, però, presentano un problema più grande: sembrano cioè essere consistenti solo sotto la condizione che lo spazio-tempo abbia dieci oppure ventisei dimensioni, al posto delle solite quattro.⁵⁶

La matematica degli infiniti è un osso duro da debellare e conduce ad un effetto quasi paradossale: se, da un lato, conduce ad un'infinita possibilità di soluzione e calcolo, dall'altro, proprio questa infinita possibilità non permette alla teoria di avere sufficiente stabilità e coerenza, poiché se ci sono infinite soluzioni potrebbero esserci infinite soluzioni vere o nulle. Il problema principale, dunque, rimarrebbe sempre irrisolto. E, come se non bastasse, l'iniziale assunto secondo il quale questi ipotetici infiniti dovrebbero dissolversi con il progredire della teoria purtroppo non

56. S. W. Hawking, *La teoria del tutto: origine e destino dell'universo*, BUR, Milano, 2015, p. 118.

è stato affatto confermato, né dai calcoli e neppure dalle previsioni; in breve, il problema resta inesorabilmente in bella vista senza apparente possibilità di soluzione.

Tuttavia, come ci hanno ricordato le stesse parole di Hawking, il problema più grande delle stringhe sia a livello matematico che fisico e subatomico, rimane consistere nella specifica questione relativa alle dimensioni. Quando parliamo di dimensioni, intendiamo rispettivamente due ambiti ben distinti: da un lato, dimensione significa unità di grandezza entro la quale dobbiamo concepire le stringhe e il loro intero operare e, dall'altro, dimensione rappresenta la nostra concezione spaziale che deve essere per forza messa in discussione, dal momento che la teoria delle stringhe ne prevede almeno dieci. Per quanto riguarda l'unità di grandezza risulta assolutamente impossibile discutere accuratamente, poiché una stringa, come del resto un atomo o un elettrone, non può essere osservata in alcun modo né tantomeno essere percepita; anzi, a livello matematico e subatomico l'ordine di grandezza delle stringhe è assolutamente inimmaginabile e per questo ancora più difficile da poter accettare. Si parla di un numero che si aggira verso il 10 alla -33, una realtà talmente microscopica che potrebbe risultare ancora più fondamentale e minuscola di decine e migliaia di volte un bosone di Higgs, l'ultima particella fondamentale che è stata recentemente scoperta (che, fra l'altro, si è rivelata non possedere le caratteristiche e i comportamenti di una particella fondamentale generale, lasciando dunque intendere la possibilità dell'esistenza di particelle ancora più piccole). Pertanto, la teoria delle stringhe, già in termini di grandezza possiede un handicap decisamente non trascurabile, totalmente dipendente da un sistema di calcoli molto complesso e senza alcuna valenza empirica. Anche se il problema più spigoloso e decisivo per lo stesso futuro dalla teoria resta quello relativo

alla multidimensionalità già incontrata nel capitolo precedente.

Ancora le dimensioni extra

Con l'avvento della supersimmetria e delle superstringhe, le difficoltà matematiche si sono moltiplicate, dal momento che l'intero sistema non risultava più coerente all'interno di uno spazio concepito tridimensionalmente, escludendo l'unica dimensione temporale. Gli studiosi che erano rimasti fedeli alla teoria delle stringhe si resero conto di come le nuove problematiche potessero essere risolte solo abbandonando il concetto di quadridimensionalità per lasciare spazio ad un modello più articolato e, per certi versi, inquietante e sorprendente. In particolare, «i calcoli rivelarono che se l'universo avesse avuto altre dimensioni oltre alle tre dell'esperienza quotidiana (destra/sinistra, avanti/indietro, in alto/in basso), le caratteristiche problematiche delle equazioni della teoria delle stringhe si sarebbero potute eliminare. In modo specifico, in un universo con nove dimensioni spaziali e una temporale, per un totale di dieci dimensioni spaziotemporali, le equazioni della teoria delle stringhe non avrebbero più presentato problemi»⁵⁷. Ciò significa, concretamente, che la sopravvivenza della teoria è strettamente legata all'ammissione di un universo con ulteriori dimensioni arrotolate una sull'altra completamente invisibili e impercipienti, ma sostanzialmente presenti e fondamentali nel propagarsi degli effetti della vibrazione delle stringhe stesse. Naturalmente, come ci ricorda lo stesso Professor Hawking, il tema delle dimensioni extra risulta essere molto comune e presente nella fantascienza, dove esse rappresentano addirittura

57. B. Greene, *La realtà nascosta: universi paralleli e leggi profonde del cosmo*, op. cit., p. 107.

una necessità di cui non si può assolutamente fare a meno; per questo motivo, anche, è comprensibile che le spiegazioni tecniche e le speculazioni relative corrano il rischio di suscitare continue perplessità e obiezioni, pur possedendo un bagaglio notevole e preciso di lavoro matematico accurato, senza il quale non sarebbe affatto possibile alcuna timida teorizzazione. Tuttavia, per il partito degli stringhisti risulta fondamentale ammettere la possibilità, anche solo teorica, dell'esistenza delle dimensioni extra, senza le quali non sarebbe possibile lo sviluppo della teoria e delle ricerche relative ad una spiegazione coerente ed unitaria dell'intero universo.

Tutto ciò porta a pensare che la questione relativa alla multidimensionalità sia indissolubilmente legata all'evoluzione della teoria delle superstringhe e ai calcoli che essa descriverebbe in maniera necessaria e, effettivamente, non possiamo certo negare che sia così; non è possibile tanto meno negare, però, che questo specifico dibattito intorno all'esistenza di ipotetiche dimensioni nascoste non si affacci per la prima volta sul panorama scientifico negli scontri tra stringhisti e anti-stringhisti degli anni Settanta. Anzi, nel 1919 un contemporaneo di Einstein, Theodor Franz Eduard Kaluza, si era posto la stessa domanda che gli studiosi delle stringhe avevano considerato rivoluzionaria all'alba della supersimmetria: possiamo davvero ipotizzare una dimensione supplementare oltre alle tre già esistenti? E quale effetto potrebbe avere questo sul mondo fisico? A quell'epoca, la simmetria tra le forze fondamentali e lo spazio era praticamente perfetta, la geometria spaziale tridimensionale era in totale accordo con il funzionamento dell'elettromagnetismo, ma la gravità (in particolare quella descritta dalla relatività generale) risultava estranea a questa armonia. Sembrava, cioè, avere un'origine molto più profonda e, per far sì che le forze elettriche e magnetiche

fossero unificate alla forza gravitazionale, occorre fare un passo ulteriore nella descrizione della geometria spaziale extra-tridimensionale. Per questo motivo, Kaluza e il fisico svedese Oskar Klein «ipotizzarono l'esistenza di dimensioni capaci di sfuggire alla rilevazione, perché minuscole e arrotondate e quindi difficili da vedere, a differenza di quelle note che si estendono su distanze grandi, forse infinite»⁵⁸.

L'importanza della ricerca compiuta da Kaluza e Klein rappresenta un pilastro fondamentale per tutta la fisica contemporanea a insindacabile giudizio dei più importanti studiosi di tutto il mondo, proprio perché rese chiaro il concetto di indagine ultra-dimensionale sia a livello matematico-geometrico che teorico. Per esempio, lo stesso Leonard Susskind tiene ben presente i calcoli di Kaluza in rapporto alla difesa e alla diagnosi delle incongruenze della teoria delle stringhe:

La scoperta di Kaluza fu stupefacente: aggiungendo un'ulteriore dimensione spaziale alle normali 3+1 dimensioni, la geometria dello spazio avrebbe compreso non solo il campo gravitazionale di Einstein, ma anche quello elettromagnetico di Maxwell: la gravità e l'elettromagnetismo sarebbero stati unificati in un'unica teoria globale. Il brillante risultato di Kaluza attirò l'attenzione di Einstein, a cui l'idea piacque molto. Secondo Kaluza, le particelle potevano muoversi non solo nelle solite tre dimensioni spaziali, ma anche lungo una quarta dimensione nascosta. La teoria aveva però un problema evidente e piuttosto ingombrante: se lo spazio possiede una quarta dimensione, come mai non la percepiamo? Che cosa la tiene nascosta ai nostri sensi? Né Kaluza né Einstein sapevano rispondere, ma nel 1926 il fisico svedese Oskar Klein trovò il modo di farlo. Klein aggiunse il nuovo elemento che rendeva sensata l'idea di Kaluza: la dimensione supplementare doveva essere arrotondata in uno spazio compatto microscopico.

58. *Ibidem*.

Oggi le teorie con dimensioni supplementari compatificate sono dette *teorie di Kaluza-Klein*.⁵⁹

Il fatto che una personalità come Einstein, sebbene inizialmente avesse espresso non poche riserve in merito, si fosse interessata così tanto ad una teoria del genere dimostra quanto essa sia importante per l'intero sviluppo della fisica contemporanea, pur partendo da un assunto estremamente *metafisico*, se così vogliamo dire: siamo davvero sicuri che non possano esistere altre dimensioni arrotolate in maniera compatta e impossibili da percepire?

La teoria originale non prevedeva solamente la possibilità dell'esistenza di più dimensioni, ma sosteneva come una fisica concentrata su particelle fondamentali di carattere filiforme rappresentasse maggiormente la versatilità e i continui cambiamenti dello spazio curvo descritto da Einstein; modificare il paradigma da particelle puntiformi a particelle filiformi e dunque bidimensionali significava accettare di entrare in rotta di collisione con una miriade infinita di possibilità, sia matematiche che teoriche. Proprio qui sta uno dei problemi principali del nostro discorso: rendersi disponibili ad una simile eventualità comporterebbe una conseguente instabilità e indeterminatezza, nemiche giurate di un rigore scientifico e determinato della descrizione della natura. I critici delle stringhe sono gli stessi che vedevano nel modello Kaluza-Klein un castello di sabbia fantasioso e incapace di sorreggersi su solide basi empiriche. Quali erano le prove? Quali erano le garanzie di simili speculazioni? Non si rischiava di cadere rovinosamente nel fantascientifico volgare, o peggio nel paranormale? Naturalmente, gli stringhisti più fedeli, come ricorda lo stesso Susskind⁶⁰, si resero subito conto che dopo

59. L. Susskind, op. cit., p. 222.

60. «Si trattava di una scoperta clamorosa, che tuttavia rimase pra-

l'arrivo e lo sviluppo della supersimmetria la maniera più efficace per rispondere alle obiezioni e alle perplessità della comunità scientifica consisteva nel rispolverare la teoria Kaluza-Klein. La teoria delle stringhe del resto, come già suggerivano gli stessi Kaluza e Klein, possiede molte più possibilità in confronto alle teorie basate sul concetto di particella puntiforme, dal momento che queste ultime non riescono a coniugare in maniera coerente le leggi dell'elettromagnetismo con quelle del campo gravitazionale di Einstein; anche per questo motivo, probabilmente, a partire dagli anni Ottanta nacquero progressivamente diverse varianti della teoria Kaluza-Klein, tutte accomunate dal medesimo assunto generale: lo spazio che noi vediamo ed esperiamo tutti i giorni non rappresenta tutte le possibili dimensioni extra che esistono all'interno dell'universo e la prova di questo è già contenuta nell'impossibilità delle particelle puntiformi di descrivere e motivare tutti i comportamenti delle forze della natura. Ora, queste ipotetiche dimensioni dovrebbero essere arrotolate e compatte una sull'altra, ma in che modo? Per non rischiare di finire per parlare di un banale involtino primavera avvolto su se stesso e contenente ogni tipo di verdura, dobbiamo pur essere in grado di esprimere, in termini geometrici e teorici, questo particolare avvitaamento.

Le analisi di Kaluza, infatti, non erano partite solamente da speculazioni e riflessioni generali di natura te-

ticamente senza conseguenze per il resto della vita di Kaluza. Ma è il nocciolo della nostra storia. La teoria di Kaluza è un modello di come le proprietà delle particelle possano avere origine dalla presenza di dimensioni spaziali aggiuntive. Quando scoprirono che la loro teoria richiedeva sei dimensioni spaziali supplementari, i teorici delle stringhe si impadronirono di fatto dell'idea di Kaluza: bastava arrotolare le sei dimensioni aggiuntive in qualche modo e usare il moto nelle nuove direzioni per spiegare i meccanismi interni delle particelle elementari». L. Susskind, op. cit., p. 223.

orica quasi sfocianti in ipotesi surreali, ma prevedevano una specifica argomentazione matematica che si rifaceva al lavoro di Einstein e addirittura a quello precedente di Maxwell; nelle cosiddette equazioni modificate «scoprì quelle che Einstein aveva già usato con ottimi risultati per descrivere la gravità nelle tre dimensioni spaziali e in quella temporale. Poiché la sua nuova formulazione comprendeva un'altra dimensione spaziale, Kaluza trovò un'equazione in più e con sua grande meraviglia si rese conto che si trattava esattamente dell'equazione che Maxwell aveva scoperto mezzo secolo prima per descrivere il campo elettromagnetico»⁶¹. In sostanza, dunque, si trattava di un rigoroso lavoro matematico che intendeva accordarsi con una visione nuova dello spazio e del suo funzionamento, sulla base di riflessioni e ragionamenti quasi utopici e fantascientifici che tuttavia portarono a scoperte interessanti e rivelazioni rivoluzionarie per la loro portata.

Aver pensato all'esistenza di ulteriori dimensioni nascoste e appallottolate nei recessi dello spazio più profondo senza aver letto nemmeno una pagina di fantascienza o aver visto anche solo un episodio di Star Trek, significava aver sviluppato coerentemente un'idea alternativa ambiziosa e difficoltosa nella sua dimostrazione concreta. Kaluza, pur essendosi concentrato su complessi calcoli ed equazioni rompicapo, non aveva solo cercato di unificare nella geometria spaziale l'elettromagnetismo e il campo gravitazionale di Einstein ma aveva sviluppato un concetto di fisica caro allo stesso collega e contemporaneo: una ricerca speculativa e per certi versi fantasiosa, che non si limita a considerare dati concreti ed incontrovertibili, ma che mira a cercare soluzioni alternative apparentemente impercorribili e surreali allo stesso tempo. Ecco così farsi

61. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 110.

strada prepotentemente la capacità di meravigliarsi e di voler indagare le leggi dell'universo tramite un pensiero aperto ad ogni possibilità, senza esclusione alcuna, nel tentativo di andare sempre più a fondo nella comprensione di qualcosa che è inevitabilmente e immensamente più grande di noi stessi; un atteggiamento filosofico ed etico caro allo stesso Aristotele, che Einstein non si stancava mai di ripetere ringraziando le sue frequenti letture di un autore come Kant. Un atteggiamento che lo stesso Brian Greene vede centrale e rivelatorio nello sviluppo della fisica contemporanea e, in particolare, della teoria delle stringhe:

L'analisi di Kaluza rivelò che, in un universo con una dimensione aggiuntiva dello spazio, tanto la gravità quanto l'elettromagnetismo possono essere descritti come ondulazioni dello spazio. Le ondulazioni della gravità si propagano nelle tre dimensioni spaziali note, mentre quelle dell'elettromagnetismo si propagano nella quarta. Un problema evidente della proposta di Kaluza era che non spiegava perché non vediamo la quarta dimensione spaziale. Qui si inserì Klein, suggerendo la soluzione spiegata poc'anzi, ovvero l'esistenza di altre dimensioni oltre a quelle della nostra esperienza diretta che, se sufficientemente piccole, possono eludere i sensi e gli strumenti.⁶²

Il coinvolgimento di Klein risultò fondamentale per la formulazione della teoria, dal momento che forniva una spiegazione geometrico-matematica dell'invisibilità della quarta dimensione spaziale e forniva una grande quantità di materiale per gli stessi teorici delle stringhe, che non si fecero certo pregare per venire in possesso del lavoro svoltosi negli anni Venti.

La teoria delle superstringhe deve molto alle implicazioni di Kaluza e Klein, proprio perché riprende la domanda iniziale che quegli stessi studiosi si erano posti:

62. *Ibidem.*

per quale motivo lo spazio dovrebbe possedere solo tre dimensioni spaziali? Perché non quattro? E gli stringhisti, come se questo non bastasse, rincarano decisamente la dose: perché non dieci? Per quanto possano essere numerose le obiezioni e le perplessità relative a queste domande apparentemente sconcertanti e provocatorie, il problema principale resta uno solo: dove sono queste ipotetiche dimensioni, visto che non le possiamo vedere e nemmeno percepire? Come potrebbero esistere? Naturalmente, non è solo una mera questione matematica, ma anche teorica e sperimentale; il fatto che non possiamo vederle o anche solo percepirle non costituisce una prova della loro inesistenza, così come non è possibile dimostrare sperimentalmente la loro esistenza.

Tuttavia, andare alla ricerca di qualcosa che viene creduto possibile (come la stessa ricerca delle particelle subatomiche fondamentali del resto) non risulta certo essere una perdita di tempo, e i calcoli hanno dimostrato che figurativamente il modello delle stringhe e quello precedente di Kaluza hanno coerenza solo postulando uno spazio con dimensioni aggiuntive rispetto alle tre tradizionali. Il modello Kaluza-Klein del 1921, pur nella sua complessità, aveva tentato di esprimere con chiarezza il concetto delle dimensioni extra. Per esempio, come ci suggerisce lo stesso Brian Greene⁶³, proviamo a pensare ad una sottilissima cannuccia alta come l'Empire State Building di New York, immersa nella foresta di grattacieli della grande mela; ora, è chiaro che la superficie di questa cannuccia è dotata di due dimensioni, una verticale e una circolare molto piccola anche a occhio nudo. Se osservassimo la cannuccia dalla riva opposta dell'Hudson, essa ci apparirebbe come una lunga e sottile linea verticale che procede verso l'al-

63. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 108.

to, cioè saremmo indotti a pensare che essa possieda una sola dimensione e non due, come realmente è. Ciò che non potremmo vedere, data la distanza e la sottigliezza della cannucchia, è la dimensione circolare, che anche ad occhio nudo risulta molto piccola, a maggior ragione se siamo distanti alcuni chilometri. L'esempio potrà apparire forse fin troppo semplicistico e fantasioso, ma il principio della teoria Kaluza-Klein risulta essere il medesimo; poiché, «se una dimensione extra dello spazio fosse arrotolata come la parte circolare della cannucchia o del tappeto, e fosse straordinariamente piccola – milioni o anche miliardi di volte più piccola di un atomo – potrebbe esistere ovunque, come le dimensioni non arrotolate che conosciamo, e riuscire comunque a sfuggire ai più potenti mezzi di ingrandimento oggi disponibili»⁶⁴.

In particolare, il concetto figurativo e geometrico utilizzato dal modello Kaluza-Klein può essere visualizzato solamente in una forma spaziale ipotetica. Se potessimo ingrandire a dismisura una sezione precisa dello spazio, potremmo essere in grado di vedere delle dimensioni extra arrotolate o compattificate come la dimensione circolare della cannucchia precedente, dimensioni attaccate ad ogni punto delle tre dimensioni spaziali note e talmente minuscole da essere sfuggite all'occhio e persino alla percezione. Il fatto che non riusciamo a vederle e nemmeno a sentire la loro presenza è del tutto irrilevante secondo la visione di Kaluza e di Klein successivamente, poiché la scienza lavora anche di ipotesi del tutto indimostrabili; Faraday non poteva vedere direttamente le linee di forza del campo magnetico, ma grazie al suo lavoro Maxwell è riuscito a fornire concretezza per una delle grandi forze fondamentali presenti in natura. Lo stesso discorso può

64. *Ibidem*.

valere, e per molti studiosi deve valere, anche per le dimensioni extra, specialmente se esse si accordano con un determinato e sofisticato modello matematico.

Tuttavia, nel corso degli anni la teoria Kaluza-Klein, a causa della sua indimostrabilità ed insufficienza empirica, venne progressivamente abbandonata e quasi dimenticata, fino a che non venne ripresa proprio dai teorici delle stringhe. Come abbiamo visto, con la supersimmetria e le superstringhe le tre dimensioni tradizionali non bastavano più per il modello a elastico e le equazioni matematiche descritte funzionavano solamente in un universo avente dieci dimensioni spaziali; il problema restava, però, il medesimo: se davvero esistono queste ipotetiche dimensioni, come mai non ce ne siamo mai accorti? Ecco dunque che gli stringhisti ripescarono come risposta la teoria di Kaluza-Klein, anche se, data la maggior varietà di risultati della teoria delle stringhe, essi diedero sviluppo ad almeno cinque varianti della teoria originale portata avanti da Kaluza e successivamente da Klein. La differenza sostanziale era costituita dal fatto che le equazioni della teoria delle stringhe non postulavano dimensioni extra ma le richiedevano necessariamente; pertanto, alle obiezioni relative alla nuova evoluzione della teoria venne data la risposta che già era stata formulata negli anni Venti: «Le dimensioni sono tutte intorno a noi, ma troppo piccole per essere visibili. La teoria delle stringhe riportò in vita il programma di Kaluza-Klein e a metà degli anni Ottanta ricercatori di tutto il mondo furono indotti a credere che la teoria delle stringhe avrebbe fornito una teoria completa di tutta la materia e di tutte le forze»⁶⁵. Accettare l'esistenza delle dimensioni extra e indagarne le proprietà a livello matematico significa anche entrare in collisione con le con-

65. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p.112.

sequenze che esse prescrivono all'interno del mondo fisico, specialmente per quanto riguarda la teoria delle stringhe; infatti, dal momento che le stringhe oscillano lungo le intere dimensioni spaziali, la maniera esatta in cui quelle aggiuntive sono arrotolate e invisibili pone considerevoli limiti ai tipi di vibrazione possibile. Di conseguenza, i modi di vibrazione, «che ora sappiamo essere determinati in gran parte dalla geometria extra-dimensionale, danno origine alle particelle osservabili nelle dimensioni ordinarie. Questo significa che la geometria delle dimensioni extra determina caratteristiche osservabili come le masse e le cariche delle particelle elementari, che misuriamo nelle dimensioni ordinarie»⁶⁶. In altre parole, le stringhe risultano abbastanza piccole da essere influenzate dalle dimensioni invisibili arrotolate le quali, tramite la loro forma e la loro particolare estensione, descrivono i modi di vibrazione che interessano l'universo stesso.

La geometria delle dimensioni extra

Ora, come dovrebbero essere fatte queste ipotetiche dimensioni? In che modo si possono arrotolare e come possiamo descriverle? Sono domande pertinenti e relative sia a funzioni matematiche che teoriche, che tuttavia il modello Kaluza-Klein non è in grado di soddisfare apertamente, dal momento che non fornisce una descrizione accurata della compattificazione delle dimensioni extra. Risulta necessario, allora, un passo in avanti decisivo e coerente che coinvolge calcoli matematici e teorie precise nel rispetto di questa nuova multidimensionalità oramai necessaria e ineludibile. Gli studiosi su questo punto sono decisamente concordi: il modello Calabi-Yau, di cui abbiamo accennato nel capitolo precedente, tenta di dare una descrizione

66. B. Greene, *L'universo elegante*, op. cit., p. 180.

geometrico-matematica delle dimensioni aggiuntive, cercando di armonizzare i calcoli delle superstringhe con lo spazio di Kaluza-Klein:

Non possono essere scelte a piacere, questo è certo: le equazioni della teoria pongono stretti limiti alla forma che è consentito loro assumere. Nel 1984 Philip Candelas, della University of Texas a Austin, Gary Horowitz e Andrew Strominger, della University of California a Santa Barbara, ed Edward Witten mostrarono che una particolare classe di spazi a sei dimensioni soddisfaceva a tutti i vincoli della teoria. Si trattava degli *spazi Calabi-Yau*, così battezzati in onore dei matematici Eugenio Calabi, della University of Pennsylvania, e Yau Shing-Tung, di Harvard, autori di ricerche fondamentali in contesti collegati a questo, anteriori alla formulazione della teoria delle stringhe.⁶⁷

Pertanto, le sei dimensioni arrotolate, secondo l'opinione degli stringhisti ormai decisi ad andare fino in fondo e a giocare il tutto per tutto, non sono altro che spazi di Calabi-Yau ben definiti, ovvero una classe di spazio multidimensionale e sorretta da precise regole matematiche. Queste nuove dimensioni sono parte integrante dello spazio stesso ed esistono ovunque, in ogni punto osservabile e misurabile, ma talmente microscopiche da risultare invisibili e assolutamente impercipienti. La loro compattificazione è descritta dalla matematica di Calabi-Yau e prescrive che se mi muovessi casualmente nello spazio, il mio movimento non interesserebbe soltanto le tre dimensioni spaziali note, ma mi consentirebbero di attraversare anche tutte quelle extra arrotolate senza nemmeno rendermene conto. La cosa interessante, però, è il fatto che è possibile che un essere umano non si renda conto della loro presenza, eppure il movimento delle particelle subatomiche e la stessa vibrazione delle

67. *Ibidem*.

stringhe ne viene decisamente influenzata e diretta.

Allo stesso tempo, l'entusiasmo relativo agli spazi di Calabi-Yau è ben presto scemato ed è stato sostituito da una serie di problematiche di carattere matematico e teorico, fatali per il corretto sviluppo della stessa teoria delle stringhe. Il punto fondamentale era costituito dal fatto che il nuovo modello non poteva rendere conto sperimentalmente delle sue nuove conquiste e, come se non bastasse, gli spazi di Calabi-Yau non fornivano una comune soluzione ma ne presentavano pressoché infinite, senza parametri fissi e misurabili, con la presenza conseguente di tantissime forze extra sconosciute, come tiene a sottolineare anche Lisa Randall nella sua ricostruzione critica:

I sostenitori della teoria delle stringhe speravano da principio che la compattazione di Calabi-Yau individuasse una certa forma del mondo, da preferirsi rispetto ad altre forme, e leggi fisiche univoche. Ma furono presto disillusi. Andy Strominger mi ha raccontato come, appena una settimana dopo aver scoperto una compattazione di Calabi-Yau e aver pensato che fosse l'unica possibile, il suo collaboratore Gary Horowitz ne scopriva molte altre, a pari merito candidate a svolgere lo stesso ruolo. Andy in seguito apprese da Yau che c'erano decine di migliaia di modelli di Calabi-Yau. Sappiamo oggi che le teorie delle stringhe basate sulla compattazione di Calabi-Yau possono contenere centinaia di generazioni di particelle. Quale compattazione di Calabi-Yau è quella corretta, se mai ce n'è una? E perché? Anche se sappiamo che alcune delle dimensioni della teoria delle stringhe devono arrotolarsi o altrimenti scomparire, i teorici delle stringhe devono ancora trovare i principi che determinano la grandezza e la forma di queste dimensioni arrotolate.⁶⁸

L'incredibile numero di variabilità che gli spazi di Calabi-Yau portano con sé non consentono dunque di for-

68. L. Randall, op. cit., p. 310.

nire un'immagine della forma delle dimensioni extra che sia definita e indubitabile; d'altro canto, gli stringhisti più fedeli erano convinti ugualmente della bontà della teoria, argomentando che le innumerevoli possibilità potessero in qualche modo aiutare la conoscenza e la ricerca di una visione unica, fornendoci degli strumenti necessari per arrivare fino in fondo. Ciò che parlava maggiormente in loro sfavore, tuttavia, era proprio il principio generale da cui si era partiti: se la teoria delle stringhe e successivamente quella delle superstringhe devono essere la teoria madre unitaria, gli spazi di Calabi-Yau non ci restituiscono una visione unificatrice, bensì tante possibilità differenti e quindi contrarie all'obiettivo originale della *Theory of everything*.

In sostanza, la teoria delle stringhe continua ad essere anche ai giorni nostri un grande modello essenzialmente matematico, che tuttavia non adopera solamente la matematica, pur essendo di grande aiuto per quanto riguarda la stessa evoluzione di quest'ultima. Così come la relatività generale di Einstein mette in stretta comunicazione la geometria dello spazio-tempo con la realtà dei fenomeni fisici, la teoria delle stringhe, attraverso la matematica e la ricerca teorica, arriva ad affermare l'esistenza di diverse forme di spazio-tempo che danno luogo ad eventi di natura fisica assolutamente inerenti alla realtà fisica e non dunque paranormali o fantascientifici. La stringa, paradossalmente, costituisce la morte del concetto di particella puntiforme poiché, al contrario di essa, può avvolgersi e arrotolarsi intorno allo spazio come un elastico attorno ad una lattina in una maniera del tutto impossibile per una particella puntiforme. Questo significa che abbiamo modificato la nostra percezione mentale della geometria dello spazio-tempo e che siamo pronti ad accettare risultati diversi provenienti da determinati calcoli; l'aspetto contraddittorio e per certi

versi affascinante è che, «anche se abbiamo la garanzia di ottenere comunque lo stesso risultato, i dettagli matematici che incontriamo per arrivare alla soluzione possono essere quanto mai diversi. In una gran varietà di situazioni, passaggi matematici di estrema difficoltà con una forma geometrica si traducono in calcoli facilissimi con l'altra»⁶⁹. In breve, una questione di calcolo, calcolo che ha dato vita a dei numeri che, pur avendo semplificato notevolmente il procedimento matematico, ha spaventato e sconvolto molti matematici del settore: per esempio, in quanti modi si possono arrotolare le dimensioni in uno spazio di Calabi-Yau se si arrotolano cinque volte? Circa 299'305'888'887'625. Se, invece, si arrotolano dieci volte? Circa 704'288'164'978'454'686'113'488'249'750. E venti volte? Circa 53'126'882'649'923'577'113'917'814'483'472'714'066'922'267'923'866'471'451'936'000'000. Numeri che fanno impallidire solo leggendoli, ma che rappresentano per uno stringhista come Greene la bontà di una teoria che è in grado di portare a così tanti risultati differenti, potendo così riscrivere la storia della matematica stessa; numeri che, allo stesso tempo, per un ex stringhista disilluso come Smolin costituiscono il maggior punto debole della teoria stessa, dal momento che non permettono una descrizione unificatrice delle leggi dell'universo generando confusione e false speranze.

Comunque la si voglia mettere, è innegabile sottolineare come la matematica delle stringhe, attraverso procedimenti matematici e speculazioni teoriche effettuate senza l'ausilio della realtà empirica, abbia potuto portare avanti la ricerca scientifica realizzando nuove scoperte e nuovi rivolimenti della stessa rivoluzione einsteiniana, anche solo con la nascita di un dibattito così serrato tra stringhisti e anti-stringhisti. La spinta ad indagare maggiormen-

69. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 126.

te e sempre più a fondo le leggi e il funzionamento del nostro universo ha dato vita allo sviluppo di una teoria, ma soprattutto di una conoscenza fisica di natura teorica e speculativa che si è rafforzata con gli anni e con il duro lavoro dei suoi differenti protagonisti. Le perplessità di natura matematica hanno significato un notevole arresto alla scientificità della teoria delle stringhe, dal momento che rappresentano le fondamenta stesse sulle quali la teoria si regge fin dai suoi primi passi; tuttavia, sebbene non sia l'unico motivo di arresto in confronto alle numerose contraddizioni, ci troviamo di fronte alla possibilità di arricchimento e di sviluppo dell'intera fisica contemporanea, tramite una metodologia di pensiero molto vicina alla speculazione teoretica propria di altre discipline ritenute, forse erroneamente, decisamente lontane. V. Le contraddizioni di un modello

1. La variabilità dei parametri

La teoria delle stringhe, come abbiamo visto, non rappresentava solo il più audace e concreto tentativo di mettere in pratica quella unificazione della fisica già auspicata dallo stesso Einstein e dai suoi contemporanei, ma implicava rinunciare al paradigma specifico delle particelle di natura puntiforme. Il crollo o cambiamento di una concezione fino ad allora così fondamentale per la scienza contemporanea, non poteva non portare con sé determinate conseguenze come, ad esempio, un nuovo modo di realizzare i calcoli e di considerare la stessa geometria dello spazio-tempo; più precisamente, la fine del regno delle particelle puntiformi poteva dare vita ad una miriade di risultati e di ricerche differenti, dal momento che il modello a elastico elaborato negli anni Sessanta da Susskind risultava essere molto più flessibile e decisamente più aperto a soluzioni diverse. I modi in cui una stringa, ovvero una

particella di natura filiforme la cui vibrazione è in grado di attraversare tutte le dimensioni (comprese le dimensioni extra), può avvolgersi su se stessa nei pressi delle diverse superfici una quantità di volte immensamente più grande rispetto ad una particella puntiforme; naturalmente, così come per gli stringhisti ciò rappresentava un grande punto di forza, per gli avversari della teoria costituiva l'ennesima conferma della sua inaffidabilità: come può avere valore scientifico un modello che si presenta come unificatore di tutte le leggi dell'universo per poi venire rappresentato da possibili risultati diversi e contrastanti? Una contraddizione che non può far altro che determinare il tramonto di una simile teoria e la sua sostituzione, anche se ciò non significa rinunciare alla ricerca di quella fantomatica teoria del tutto in grado di farci entrare in una nuova fase rivoluzionaria della fisica stessa. La morte della teoria delle stringhe, di fatto, non è mai avvenuta, sebbene abbia attraversato notevoli crisi e anche oggi sia considerata una teoria in decadenza e priva di qualsiasi significato scientifico ed empirico. Concretamente, però, la contraddizione principale che un fisico come Smolin le imputa non è in grado di far cadere l'entusiasmo di studiosi che hanno dedicato e dedicano la vita al suo sviluppo e alla sua evoluzione.

Ora, come possiamo fidarci di un modello che non è nemmeno in grado di tenere fede al suo principio iniziale più importante e costitutivo, ovvero quello di fornire risultati unificatori in grado di conciliare relatività generale e meccanica quantistica? La possibilità di generare risultati diversi e all'apparenza contraddittori gli uni verso gli altri rappresentava un'importante virtù per i teorici favorevoli al modello iniziale, come sottolinea lo stesso Susskind nella sua ricostruzione:

La teoria delle stringhe offre molte più possibilità delle teorie

con particelle puntiformi. Torniamo al cilindro, e supponiamo che sulla sua superficie si muova una piccola stringa chiusa. Supponiamo dapprima che abbia un raggio abbastanza grande per essere visibile a occhio nudo. Una piccola stringa chiusa si muove sulla superficie cilindrica in maniera molto simile a una particella puntiforme: può muoversi parallelamente all'asse o girargli attorno in direzione perpendicolare. Da questo punto di vista non differisce in alcun modo da una particella puntiforme. Ma la stringa può fare dell'altro, che la particella puntiforme non può fare: può avvolgersi intorno al cilindro, come un vero elastico di gomma attorno a un tubo di carbone. La stringa avvolta è diversa da quella che non lo è. L'elastico in effetti si può avvolgere attorno al tubo un numero qualunque di volte, a patto di non rompersi. Questo dà luogo a una nuova proprietà delle particelle: una proprietà che dipende non solo dalla compattificazione delle dimensioni spaziali, ma anche dal fatto che le particelle sono stringhe, ossia elastici. La nuova proprietà si chiama *numero di avvolgimento*, e rappresenta per l'appunto il numero di volte che la stringa si avvolge nella dimensione spaziale compatta.⁷⁰

Come si vede bene, il cambio di paradigma dal concetto puntiforme al concetto a elastico delle particelle comporta un grado di comprensione maggiore, sia da un punto di vista geometrico-matematico che teorico: il fatto che sia in grado di fornirci più possibilità e soluzioni paradossalmente complica l'intero insieme di calcoli e riflessioni di cui dobbiamo per forza tenere conto. Il punto forte, per uno come Susskind, alberga nella consapevolezza della maggiore flessibilità di una stringa rispetto ad un'analogia particella puntiforme e ai maggiori risultati ai quali può ambire; allo stesso tempo, per uno come Smolin o come Hawking, il punto forte rappresenta uno dei maggiori punti deboli, poiché non fornisce stabilità e risultati facilmente misurabili e argomentabili dal punto di vista sperimentale

70. L. Susskind, op. cit., pp. 223-224.

ed empirico. Abbiamo visto come siano impressionanti i numeri delle possibili quantità di volte in cui una stringa può avvolgersi intorno ad uno spazio di Calabi-Yau, numeri che ci danno la conferma di come la teoria poggi su un terreno molto più teorico e ambizioso che empiricamente praticabile. Cifre come quelle relative agli spazi di Calabi-Yau confermano, da un lato, la ricchezza conoscitiva di una teoria che ha da sempre aspirato a diventare una vera e propria teoria del tutto, anche se, dall'altro, forniscono un valido argomento agli avversari più convinti della teoria: come possiamo considerare scientifica una teoria che ammette decine di migliaia di risultati possibili ugualmente validi? Come possiamo affidarci e tentare di spiegare il nostro universo tramite parametri del tutto variabili e non fissi, per di più in alcun modo verificabili sperimentalmente? Sarebbe come accettare di vivere in un universo quantistico a livello assoluto, ovvero restare intrappolati nella scatola di Schroedinger assieme al povero gatto; non potremmo, cioè, sapere con certezza se siamo vivi assieme a lui oppure se siamo morti, poiché viviamo nella possibilità dell'una e dell'altra cosa.

Dunque, né la teoria o le teorie di Kaluza-Klein, né gli spazi di Calabi-Yau possono darci la conferma della bontà del modello stringhista, ed è per questo che ora ci chiediamo se valga davvero la pena continuare a battere il sentiero inaugurato da Susskind e Nambu. Il pensiero anti-stringhista risulta fondarsi fondamentalmente su questo, ovvero una generale sfiducia nei confronti della metodologia della teoria e dei risultati cui è sopraggiunta anche grazie a dei precisi calcoli. Le contraddizioni, nel corso del tempo, si sono rafforzate e non hanno potuto rendere possibile la generazione di una vera teoria unificatrice. Proviamo a pensare anche soltanto alle cosiddette dimensioni extra: stando a quanto è stato detto, queste dimensioni ag-

giuntive sarebbero troppo piccole (come del resto le stringhe stesse) per poter essere attraversate e quindi visualizzate nello spazio; non potremmo fare altro che postularle e darle per esistenti senza avere la certezza empirica che esistano veramente intorno a noi. In realtà, questo ci porta a considerare un problema ancora più grande: perché mai «alcune dimensioni, ma non tutte, dovrebbero essere arrotolate in una piccola palla? È presumibile che, nei primissimi stadi della vita dell'universo, tutte le dimensioni siano state estremamente incurvate. Ma perché, allora, solo tre dimensioni spaziali e una temporale si sono poi spianate, mentre le altre sono rimaste saldamente arrotolate su se stesse?»⁷¹. Domande legittime che purtroppo restano senza risposta, almeno per il momento, ma che danneggiano lo stesso apparato teorico fondamentale delle stringhe. Perché una teoria di unificazione di tutte le forze non riesce a prevedere il reale funzionamento delle particelle unificando la gravità con l'elettromagnetismo? Perché una teoria unificatrice dovrebbe accettare di essere subalterna ad una quantità di soluzioni diverse che difficilmente sono in grado di unificare veramente tutte le leggi dell'universo?

Durante le due rivoluzioni delle stringhe, la pratica della osservazione non aveva avuto assolutamente alcun ruolo; malgrado il fatto che non ci fosse più un'unica versione della teoria delle stringhe, la gran parte degli stringhisti «continuava a credere nella concezione originaria di una teoria unica che forniva previsioni univoche per gli esperimenti, benché non si ottenessero risultati che puntassero in quella direzione e qualche teorico temesse da sempre che la teoria unica non sarebbe mai emersa»⁷². Non bastava, cioè, la resa nei confronti della miriade di risultati come la

71. S. W. Hawking, *La teoria del tutto*, op. cit., p. 120.

72. L. Smolin, op. cit., p. 151.

matematica degli spazi di Calabi-Yau aveva chiaramente mostrato, ma a questo si aggiungeva il moltiplicarsi costante delle versioni e delle rivisitazioni della stessa teoria delle stringhe, dando così vita ad almeno sei differenti teorie delle stringhe. L'originale speranza di unità sembrava essere drasticamente venuta meno per lasciare spazio ad una vasta gamma di possibilità nemmeno troppo concilianti; inoltre, la scala di grandezza delle stringhe e delle stesse dimensioni extra risultava essere ancora troppo microscopica per essere presa con fiducia: come si può fare affidamento su qualcosa che non possiamo osservare o tantomeno percepire? Quale valore scientifico può avere un modello che non può essere messo alla prova sperimentalmente? Anche dopo gli anni Ottanta, era indubbio che il comportamento delle particelle subatomiche lasciasse intravedere l'ipotesi di qualcosa sottostante capace di influenzare i movimenti e le collisioni, ma il problema restava sempre, non si potevano fare previsioni.

Un ulteriore smacco per la coerenza della teoria, come ricorda anche Smolin, si palesò nel 1998, con la sconvolgente scoperta dell'energia oscura, ovvero l'energia di cui l'universo è costituito per circa l'80%; negli ultimi trent'anni, questa scoperta è stata la più sorprendente in materia di osservazione, ciò significa che nient'altro, neppure la teoria delle stringhe, è risultata più interessante. Il motivo? Molto semplice: una buona teoria, per avere la consapevolezza di essere sulla buona strada per un buon lavoro, deve sorprendere e fornire sempre nuovi spunti e osservazioni di ogni genere, cosa che, purtroppo, la teoria delle stringhe non ha più suscitato. Solamente la scoperta del bosone di Higgs nell'acceleratore di particelle del CERN ha potuto infondere nuova linfa ad una teoria che i più ormai avevano abbandonato, poiché tale particella non sembrava avere le caratteristiche di una particella fondamentale, lascian-

do dunque intendere che ve ne fossero altre più piccole non ancora visibili. Questo è senz'altro un argomento a favore della ricerca delle stringhe, ma non risolve il problema, ovvero non può far apparire per magia osservazioni ed evidenze empiriche inesistenti, specialmente riguardo le dimensioni aggiuntive dello spaziotempo. Tornando al 1998, «la teoria delle stringhe non aveva previsto l'energia oscura e, peggio ancora, il valore rilevato risultava difficilmente compatibile con la teoria. Di conseguenza, la sua scoperta ha fatto sprofondare il settore in una grave crisi»⁷³, favorendo lo studio di sempre maggiori modelli alternativi e contrastanti.

Il problema delle anomalie

In realtà, sebbene gli ottimisti più incalliti insistessero sul fatto che le contraddizioni col tempo e con lo studio sarebbero state superate in favore di quella tanto agognata unificazione generale, «le speranze a lungo accarezzate di arrivare ad una teoria unica sono svanite e oggi gran parte di loro crede che la teoria delle stringhe andrebbe interpretata come un paesaggio di teorie possibili, ognuna delle quali governa una regione diversa di un universo multiforme»⁷⁴. Il rischio principale, infatti, dovuto essenzialmente allo sviluppo dei numerosi calcoli e delle relative soluzioni, è costituito dal fatto che la teoria delle stringhe da *teoria del tutto* divenga una *teoria di qualsiasi cosa*, ovvero che non possa effettivamente rendere conto di ciò che prescrive e, ancora peggio, non sia in grado di dare una descrizione precisa dell'universo che desideriamo conoscere.⁷⁵ Al fine di scongiurare questa eventualità, i fisici

73. *Ibidem.*

74. *Ibidem.*

75. Anche Lisa Randall nella sua ricostruzione, in accordo con la visione di Smolin, mette in rilievo come piano piano il pensiero degli stringhisti

si sono presto resi conto che sarebbe stato decisamente più opportuno concentrarsi sulla capacità di arricchimento conoscitivo che la teoria delle stringhe era in grado di produrre, considerando anche il fatto che negli anni Novanta non esisteva una sola teoria delle stringhe. Restava però il fatto che la stessa teoria non era in grado di fare alcuna previsione, non aveva previsto e non si accordava in nessun modo con la scoperta dell'energia oscura, l'ordine di grandezza di una stringa stessa risultava essere assolutamente troppo microscopico per poter essere misurato e osservato, e le dimensioni extra restavano solamente delle affascinanti implicazioni matematiche del tutto discutibili. Ad esempio, ciò che aveva caratterizzato il trionfo del Modello standard della fisica delle particelle era la sua capacità e i suoi studi riguardo all'unificazione totale della fisica delle particelle, e l'anno 2012 ha rappresentato il ritorno in auge di un sistema che, di fatto, era stato sostituito proprio dalla teoria delle stringhe. Infatti, «la scoperta del

più fedeli si sia adeguato alle circostanze storiche ed effettuali, accettando il fatto di poter rendere un favore alla fisica contemporanea dal punto di vista della ricerca ma non dell'unificazione vera e propria: «Fra i teorici delle stringhe alcuni non cercano più una teoria unitaria. Considerando le possibili grandezze e forme delle dimensioni arrotolate e le differenti opzioni possibili per l'energia contenuta nell'Universo, concludono che la teoria delle stringhe può solo descrivere lo scenario di un numero enorme di possibili universi dove potremmo vivere. Questi fisici non pensano che la teoria delle stringhe prescriva l'energia del vuoto in modo univoco. Credono che il cosmo ospiti molte regioni diverse non connesse tra loro, con differenti valori di energia del vuoto, e che noi viviamo nella porzione di cosmo che contiene l'energia giusta. Dei molti possibili universi, solo quello che può dare origine a una struttura potrebbe contenerci (e in realtà lo fa). Secondo questi fisici, viviamo in un universo caratterizzato da un valore per l'energia del vuoto così incredibilmente inverosimile perché ogni valore più elevato avrebbe impedito la formazione delle galassie e della struttura stessa dell'Universo: avrebbe pertanto impedito la nostra esistenza». L. RANDALL, *op. cit.*, p. 312.

bosone di Higgs ha fornito al Modello Standard della fisica delle particelle – la cosa più vicina a una teoria unificata di campo di cui disponiamo oggi – l'ultima tessera del puzzle. Il Modello Standard comprende una spiegazione unitaria dell'elettromagnetismo e dell'interazione debole, noti complessivamente come *interazione elettrodebole*. Contiene pure una descrizione dell'interazione forte, ovvero la forza che cementa insieme protoni e neutroni, formando il nucleo atomico»⁷⁶. Ciò che manca e che mancava al Modello standard per essere completo era una spiegazione coerente della gravità e dei suoi rapporti con le altre forze fondamentali ed è qui che si era inserita brillantemente la teoria delle stringhe, dal momento che essa prevedeva un sistema unitario comprendente anche la gravità; tuttavia, quando i risultati non hanno portato ad una descrizione effettiva della gravità in rapporto a tutto il resto, la contraddizione è diventata enorme, le promesse erano state brutalmente disattese.

L'unica speranza di sopravvivenza per l'intero modello, paradossalmente, era legata all'approfondimento degli studi nei confronti delle dimensioni extra dello spazio-tempo. Con le teorie di Kaluza-Klein e gli spazi di Calabi-Yau ci si era resi conto che l'arrotolamento delle dimensioni era necessario sia da un punto di vista matematico che teorico, vale a dire che le dimensioni aggiuntive rappresentavano veramente qualcosa di rivoluzionario e allo stesso tempo fondamentale per l'evoluzione stessa della teoria. Questo tipo di procedimento ricorda molto da vicino ciò che sostenevano anche autori come Thomas Kuhn e Paul Feyerabend, i quali sostenevano che non è sufficiente un'anomalia o una contraddizione per decretare la morte

76. P. Halpern, *I dadi di Einstein e il gatto di Schroedinger: due menti geniali alle prese con gli enigmi della fisica contemporanea*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2016, p. 292.

di una teoria scientifica; infatti, «se un gruppo abbastanza numeroso di esperti nutre una fiducia sufficientemente profonda nella teoria, ricorrerà a misure sempre più estreme per salvarla. Non è sempre un male per la scienza e a volte può essere molto proficuo»⁷⁷.

Ci sono casi in cui la teoria viene salvata e altri casi in cui invece bisogna accettare di essere di fronte ad un fiasco e ripartire da capo. Quest'ultimo era il parere ben preciso e argomentato dei detrattori delle stringhe, che consideravano il modello privo di alcuna valenza scientifica reale e incapace di fornire ciò che inizialmente aveva con entusiasmo promesso: l'unificazione di tutta la fisica. Tuttavia, se col tempo si fosse trovata una soluzione al problema principale che aveva fatto arenare bruscamente tutte le ricerche, ovvero la questione della multidimensionalità, gli stringhisti erano convinti che sarebbe stato possibile produrre soluzioni coerenti e accettabili dall'intera comunità scientifica, detrattori compresi. I teorici delle stringhe hanno ben presente questa questione sotto l'espressione *problema della stabilizzazione dei moduli*, nel quale "moduli" è un nome generale per i parametri che denotano le proprietà delle dimensioni extra. Era un problema che la teoria delle stringhe doveva risolvere, ma per lungo tempo non si riuscì a capire come fare. Come in altri casi, i pessimisti erano in apprensione, mentre gli ottimisti erano fiduciosi che prima o poi avremmo scoperto la soluzione»⁷⁸.

Qualcosa effettivamente accadde nel corso degli anni Novanta, quando alcuni teorici della California credettero di aver trovato la chiave nell'utilizzare le brane al fine di stabilizzare le stesse dimensioni extra; nonostante la geometria spazio-temporale delle dimensioni aggiuntive

77. L. Smolin, op. cit., p. 156.

78. *Ibidem*.

possa variare costantemente, la possibilità per una corretta teoria delle stringhe resta e, anzi, raddoppia il suo raggio di azione, permettendo così il realizzarsi di differenti possibilità coerenti. Alcuni studiosi, tra cui il matematico e fisico Joseph Polchinski, iniziarono a studiare le teorie delle stringhe nelle quali sono presenti moltissime attività di flusso elettrico avvolte intorno alle dimensioni extra, scoprendo così un modo coerente ed efficace per ottenere parametri che non variassero in maniera continua e inarrestabile. Il reale progresso di questo particolare modello si ebbe nel 2003, quando un'équipe di scienziati mise a punto dei calcoli complessi che risolvevano apparentemente il problema della stabilizzazione delle dimensioni extra e rendevano coerente la teoria delle stringhe con la scoperta dell'energia oscura.

Tuttavia, la difficoltà principale restava solida e inattaccabile: non poteva esistere un'unica versione del modello, dal momento che gli stessi dati a disposizione non lo consentivano. Molti teorici avevano respinto con forza l'affermazione dell'impossibilità di una teoria unica, ma, come si è detto, nel 1986 «Andrew Strominger aveva scoperto l'esistenza di un numero enorme di teorie delle stringhe apparentemente coerenti e certi stringhisti avevano seguito a preoccuparsi della perdita di predittività che ne risultava, mentre i più continuavano a essere certi che sarebbe emersa una condizione in grado di determinare la teoria corretta»⁷⁹. Gli stessi stringhisti, però, capirono ben presto che la difficoltà non poteva essere cancellata e nemmeno negata a spada tratta, accettando di spostare il problema non più verso la riduzione ad un'unica teoria ma verso la maniera migliore di lavorare con questa vasta gamma di possibilità. Una condizione che in molti oggi definiscono

79. *Ibidem*.

una sorta di *reductio ad absurdum*, dal momento che rappresenterebbe un'evidente contraddizione irrisolvibile e non una semplice anomalia conseguente e del tutto superabile; non è possibile, cioè, considerare realmente la teoria delle stringhe una vera e propria teoria definitiva, poiché non ne esiste un'unica versione e non è in grado di spiegare tutto ciò che caratterizza l'universo. Sebbene oggi molti studiosi siano consapevoli delle perplessità e disponibili a ridiscutere alcune delle principali assunzioni, la fiducia nella teoria resta inviolata per il semplice fatto che è l'unica in grado di abbracciare così tanti aspetti della fisica contemporanea e di mettere in relazione la relatività generale con la meccanica quantistica.

La questione del principio antropico

Le instabilità che ricercatori come Strominger e Horowitz avevano rilevato per quanto riguarda il paesaggio delle differenti teorie disponibili coinvolgevano anche le soluzioni relative agli spazi di Calabi-Yau e alle dimensioni aggiuntive dello spazio-tempo, materia grazie alla quale la teoria delle stringhe aveva potuto sopravvivere nonostante le contraddizioni. Se non era stato possibile trovare una soluzione che accontentasse anche i più ostinati avversatori delle stringhe significava trovarsi di fronte ad un problema molto serio, vale a dire la validità di un settore di ricerca che molti invece ormai consideravano e considerano superato. D'altronde, la domanda più insistente e diffusa era rimasta sempre la stessa: se davvero esistono altre dimensioni oltre alle tre di cui facciamo esperienza ogni giorno, come mai non ce ne siamo accorti? Oppure, siamo davvero sicuri che un'eventualità simile non avrebbe conseguenze devastanti per l'universo che conosciamo? Un percorribile sentiero intuitivo era stato individuato nel cosiddetto principio antropico, un argomento del tutto con-

trario alla teoria delle stringhe sebbene solamente teorico:

Una possibile soluzione è data dal principio antropico. Due dimensioni spaziali non sembrano sufficienti per consentire lo sviluppo di esseri complicati come noi. Per esempio, delle persone bidimensionali che vivessero su una terra unidimensionale dovrebbero scavalcarsi a vicenda per potersi superare. [...] Ci sarebbero però dei problemi anche nel caso in cui le dimensioni spaziali fossero più di tre. L'attrazione gravitazionale fra due corpi diminuirebbe con la distanza più rapidamente di quanto non faccia in tre dimensioni. Di conseguenza, le orbite dei pianeti che, come la terra, si muovono attorno al Sole sarebbero instabili: basterebbe la più piccola deviazione da un'orbita circolare – come quella che sarebbe causata dall'attrazione gravitazionale di altri pianeti – per far immettere la Terra su una traiettoria a spirale che la porterebbe ad allontanarsi sempre di più dal Sole o a precipitare in esso.⁸⁰

Quelle che Hawking ipotizza sopra, sono soltanto le conseguenze teoriche che un universo con un numero di dimensioni differente da come siamo abituati a pensare sarebbe costretto a sopportare; di fatto, il principio antropico è un assunto dei cosmologi degli anni Settanta che è stato ripreso di recente dallo stesso Susskind come una possibile risposta ai nostri molteplici interrogativi. Molto semplicemente, esso prescrive un'idea del tutto speculativa e assolutamente non verificabile: l'universo stesso al momento della sua nascita avrebbe scritte dentro di sé le informazioni, come una sorta di genetica cosmica, per far sì che si formino le condizioni necessarie allo sviluppo della vita intelligente, la quale sarebbe in grado di risalire alle origini stesse della sua vita e spiegare tutto ciò che la circonda.

In altre parole, vivremmo in un universo fatto esclusivamente per accoglierci circondati da una Natura che ci offre

80. S. W. Hawking, *La teoria del tutto*, op. cit., p. 121.

tutti gli indizi per poterla accuratamente spiegare in ogni sua particolarità e il fatto che siamo qui dipende esattamente da questo principio insito già nelle leggi del cosmo come una proprietà necessaria. Inoltre, in questo modo lo stesso universo, durante le sue prime fasi di vita, sarebbe caratterizzato da un'inflazione talmente intensa e rapida che si dividerebbe in tante diverse bolle; ogni bolla che vi comparirebbe sarebbe una regione dove lo spazio-tempo rallenta drasticamente e il "nostro" universo non sarebbe altro che una di quelle tante bolle, ovvero dei tanti e differenti universi possibili in un grande multiverso. In questo quadro, «Susskind aggiunge l'idea che, quando si forma una bolla, qualche processo naturale sceglie dal vasto insieme di teorie delle stringhe la teoria che governa quell'universo. Il risultato è una vasta popolazione di universi, ciascuno dei quali è governato da una teoria delle stringhe scelta a caso dal paesaggio di teorie. Ogni possibile teoria del paesaggio sta da qualche parte del cosiddetto multiverso»⁸¹.

Il principio antropico risulta così essere una specifica teoria alquanto inusuale per la ricerca scientifica, in particolare per quanto riguarda la formulazione di leggi empiriche e sperimentali, dal momento che si profila quasi come una credenza di tipo filosofico, cosa che infatti gli viene imputata dalla maggior parte degli studiosi. Assumere, infatti, che la Natura possieda una qualche capacità interna e del tutto inconscia, secondo la quale non aspetterebbe altro che essere spiegata e compresa da esseri intelligenti come noi (peraltro fornendoci gratuitamente tutti gli indizi necessari a svolgere il compito) appare essere del tutto un'ipotesi fideistica e persino troppo ottimistica nei confronti dell'ambiente che ci circonda. D'altro canto, tale principio si è posto un obiettivo non da poco: candidarsi

81. *Ibidem*.

come risposta teorica al quesito riguardante le dimensioni extra che non saremmo in grado di vedere nonostante la loro “palese” esistenza; difficile da credere, tantomeno da dimostrare, anche se fornisce una risposta affascinante e suggestiva per qualunque studioso del cosmo e specialmente di filosofia. Già, poiché arguire che la Natura possieda una forza sotterranea tramite la quale comunica con noi stessi regalandoci conoscenza sulla sua origine e costituzione, non è molto lontano dal pensiero degli antichi stoici, secondo i quali l’universo era retto eternamente proprio da un principio simile. Al di là delle suggestioni filosofiche, il principio antropico ha più di un avversario nel vasto mondo della fisica contemporanea, specialmente per via del fatto che non costituisce un reale avanzamento di conoscenza, come tiene a sottolineare Smolin con grande enfasi, denunciando la scelta infelice compiuta da Susskind e altri colleghi:

Tutto ciò che sappiamo è che il nostro universo è uno di quelli possibili. Dato che la popolazione di universi è stata prodotta distribuendo a caso tra loro leggi fondamentali della natura, non possiamo sapere molto altro. Possiamo formulare una nuova previsione solo se tutti, o quasi tutti, gli universi forse veri hanno una proprietà che non appartiene all’elenco di proprietà che abbiamo già osservato nel nostro. [...] Il problema è che, poiché per ipotesi la distribuzione delle teorie su tutti gli universi è casuale, le proprietà come queste sono molto poche. Molto probabilmente, una volta specificate le proprietà che osserviamo nel nostro universo, le rimanenti proprietà che potrebbe avere un qualsiasi universo saranno distribuite a caso tra gli altri universi forse veri. Quindi non possiamo formulare previsioni.⁸²

82. *Ibidem*.

Quindi non possiamo formulare previsioni. Potremmo riassumere l'intera obiezione che abbiamo riportato con questa precisa frase. Qual era il problema principale della teoria delle stringhe, oltre a non essere una teoria in grado di essere dimostrata per i problemi che abbiamo visto? Il fatto che essa non poteva prevedere assolutamente niente, né della vibrazione ipotetica, né del comportamento delle stesse particelle subatomiche. Ed è principalmente per questo motivo che, per Smolin e altri, la maniera del principio antropico non costituisce un procedimento genuino ed efficace per fare scienza; risulta apparentemente facile formulare ipotesi come quelle relative al principio antropico o all'evoluzione della teoria delle stringhe, ma quello che sfugge alla comprensione immediata è il fatto che le ipotesi siano come grandi matricose: da una possono nascere molte altre uguali o contrarie. A quel punto, quale dovremmo prendere realmente in considerazione? Se la teoria delle stringhe era difficilmente annoverabile come un effettivo modello scientifico, il principio antropico dovrebbe rappresentare un arretramento assoluto nel campo della ricerca scientifica, dal momento che possiede gli stessi problemi e le stesse contraddizioni strutturali della teoria delle stringhe.

Ipotizziamo per un momento che il principio antropico sia valido: cosa ci impedisce di pensare che non esistano altre forme di vita già in grado di fornire una spiegazione unitaria di tutto l'universo? Oppure, perché non dovremmo ipotizzare di essere uno dei tanti mondi paralleli che albergano le profondità dello spazio-tempo sfidando nelle radici i limiti del concetto di relatività?⁸³ Ipotesi scaccia ipotesi, potremmo andare avanti all'infinito. Quello che non potremmo forse fare è considerare tutto questo bel

83. *Ibidem.*

procedimento un vero e proprio discorso scientifico, dal momento che non ci stiamo basando su calcoli o previsioni, esperimenti o osservazioni, ma soltanto sulle infinite possibilità inferenziali di carattere esclusivamente teorico. Si tratta di inferenze assolutamente logiche e condivisibili, ma che possono portare con sé una capacità di moltiplicazione delle stesse possibilità in grado di far impallidire anche il più tenace dei pensatori. In pratica, il rischio di finire in un tremendo circolo vizioso controproducente per gli obiettivi della stessa fisica contemporanea è molto alto; e anche se la teoria delle stringhe e il principio antropico si presentano come modelli suggestivi e a livello ipotetico plausibili, risulta opportuno ancorarsi ad un giudizio obiettivo e realistico. Come spiega Hawking, ci potrebbero tranquillamente essere delle regioni dello spazio-tempo che non abbiamo osservato, data l'immensità del paradossale piccolo universo nel quale ci troviamo, in cui esistano dimensioni arrotolate e mondi con leggi diverse da quelle cui siamo abituati. Ma il problema iniziale resta: come facciamo ad esserne convinti se non abbiamo gli strumenti per verificarlo anche solo in maniera approssimativa?

Le perplessità relative al principio antropico e alle sue applicazioni nel campo della scienza ricordano molto da vicino alcune riflessioni metodologiche e pratiche portate avanti da un pensatore, che potrebbe sembrare alquanto distante, come Karl Jaspers, riferimento principale di Heidegger e grande collaboratore dello stesso Husserl. Nel suo testo *Origine e senso della storia* del 1949, Jaspers, quasi volendo riprendere le argomentazioni serrate di Husserl inserite nel suo *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, si interroga sugli errori e sui compiti della scienza. A suo giudizio, la scienza è ormai diventata parte integrante non solo degli studi specifici in merito ma della stessa società nella quale viviamo, ovvero si è pubblicizza-

ta a livello di massa in modo tale da far parlare di sé anche laddove non vi siano gli addetti ai lavori. Proprio per questo motivo scienza e atteggiamento scientifico si sono inevitabilmente separati e il secondo risulta essere più raro di quanto ci si potrebbe aspettare; la ragione dell'errore è la seguente: «nella ricerca poniamo il presupposto della conoscibilità del mondo. Infatti, senza tale presupposto ogni ricerca sarebbe priva di senso. Ma esso è suscettibile di due interpretazioni: in primo luogo, come conoscibilità degli oggetti nel mondo; in secondo luogo, come conoscibilità del mondo nel suo insieme. Soltanto il primo presupposto è corretto, ed è impossibile sapere quanto si può ancora progredire con la conoscenza del mondo»⁸⁴.

L'erroneità della seconda interpretazione risiede, per Jaspers, nella pretesa di poter spiegare tutta la realtà senza considerare i limiti della conoscenza posti dalla stessa Natura; al di là del fatto che l'intera conoscibilità del mondo sia a noi preclusa (nell'ottica di una visione esistenzialista della realtà e non trascendentale in senso assoluto), non possediamo un background sperimentale sufficiente per poter avanzare una simile pretesa. In altre parole, non risulta corretto voler scavalcare i confini della conoscenza e della scienza stessa, cosa che il principio antropico, attraverso le sue ipotesi, non può evitare di fare commettendo un grave errore metodologico ma soprattutto teoretico e logico:

Così negli ultimi secoli ha fatto il suo ingresso nella storia un nuovo fenomeno: la volontà, non semplicemente di giovare in modo sensato della conoscenza nel mondo, nell'ambito delle condizioni umane incalcolabili nell'insieme, ma perché la conoscenza del tutto (che si supponeva presente negli scienziati divinizzati) di mettere in ordine il mondo nella sua interezza servendosi della sola intelligenza. Questa supersti-

84. K. Jaspers, *Origine e senso della storia*, Mimesis, Milano, 2014, p. 126.

zione tipicamente moderna si aspetta dalla scienza qualcosa che non può compiere. Prende per conoscenza definitive quelle che sono presunte visioni scientifiche totali delle cose. Accetta in modo non critico dei risultati, senza conoscere la via metodologica per cui sono stati ottenuti, e senza conoscere i limiti entro i quali in un dato momento i risultati scientifici sono validi. Concepisce tutta la verità e tutta la realtà come qualcosa a disposizione della nostra intelligenza. Ha una fiducia assoluta nella scienza e obbedisce senza discutere alla sua autorità, esercitata da organismi ufficiali di esperti.⁸⁵

Questo passo sembra quasi essere stato scritto apposta per la teoria delle stringhe e i suoi seguaci, dal momento che visualizza in maniera spietata le principali contraddizioni che affliggono la teoria e ne critica le pretese universali e unificatrici, dimostrando come lo stesso principio antropico abbia una valenza molto antica e strettamente legata al pensiero occidentale. Risulta chiaro, per Jaspers, che il mondo (noi potremmo anche dire universo) non può essere del tutto conoscibile e che una tale speranza non ha motivo scientifico e filosofico di sussistere. Gli si potrebbe obiettare che, malgrado tutto, il principio antropico e la teoria delle stringhe forniscono una qualche tipologia di arricchimento per la ricerca scientifica e per la pratica filosofica, proprio perché recuperano una maniera di pensare tipicamente concettuale, mettendo in rilievo come scienza e filosofia possano lavorare insieme e di comune accordo per riuscire a realizzare nuove scoperte e significativi avanzamenti nella conoscenza del nostro universo. Un pensiero che si fa carico delle differenti ipotesi teoriche, andando alla ricerca sempre di nuove spiegazioni e di modi per poter unificare tutto il nostro sapere in un'unica grande teoria, attraverso la riflessione, la capacità di meravigliarsi e la disponibilità a correggere gli errori del passato.

85. *Ibidem.*

Ad ogni modo, come ci ricorda costantemente Hawking, non possiamo essere certi al momento dell'effettiva esistenza di una teoria del tutto indubitabile e chiara allo stesso tempo, ma dobbiamo accettare la possibilità di tre differenti situazioni: in primo luogo, è possibile che esista realmente una teoria generale e unificata che un giorno saremo in grado di scoprire; in secondo luogo, è altrettanto possibile che non esista alcuna teoria simile, ma soltanto un'infinita gamma di teorie diverse che descrivono l'universo in maniera sempre più accurata. Infine, la terza opzione più inquietante, ovvero la totale assenza di una teoria dell'universo, nel quale oltre un certo limite gli eventi avvengano con tratti di assoluta casualità, senza alcuna possibilità di essere predetti o spiegati (un'opzione che Einstein non avrebbe mai potuto accettare).⁸⁶ Oltretutto, lo stesso Smolin sostiene che la situazione della teoria delle stringhe non costituisce una risposta efficace alle nostre domande, al pari del principio antropico, anche perché nel corso degli anni sono stati sviluppati diversi modelli alternativi che hanno drasticamente ridotto la necessità e il fascino. Essa rimane comunque un percorso suggestivo e complesso, che si prefigge un chiaro obiettivo di unificazione già presente nelle menti come quelle di Einstein e Schrödinger. Il dibattito relativo alle stringhe si erge ormai su tre colonne principali e dai rispettivi tratti molto diversi e argomentati:

1. La teoria delle stringhe risulta corretta così come il multiverso casuale, quindi, per poterli definitivamente accettare, «dobbiamo cambiare le regole che governano il funzionamento della scienza, poiché attenendoci all'etica scientifica consueta non ci per-

86. Cfr. S.W. Hawking, *La teoria del tutto*, op. cit., p. 123.

metteremmo di credere in una teoria che non abbia formulato previsioni specifiche che consentano di confermarla o confutarla»⁸⁷.

2. Sarà possibile in futuro ottenere previsioni vere ed empiricamente verificabili della teoria delle stringhe, dimostrando finalmente l'esistenza di un'unica grande teoria generale o addirittura di un multiverso reale ma dotato di verificabilità e per nulla casuale o arbitrario.
3. La teoria delle stringhe non risulta essere il modo corretto per spiegare la natura, dal momento che esiste un'altra teoria migliore e più completa per venire a capo di tutto; una teoria che, a differenza delle stringhe, può portare a reali previsioni confermate da precisi dati sperimentali.

Alla luce di questi scenari così diversi l'uno dall'altro e dello stato attuale della teoria delle stringhe, è legittimo interrogarsi sui limiti che la scienza dovrebbe considerare anche ai giorni nostri, oppure sulla stessa eventualità di valicare quei limiti del tutto assenti e imposti solamente dalla nostra mente titubante?

87. L. Smolin, op. cit., p. 170.

VI. Le principali alternative alla teoria delle stringhe

Lo spirito rivoluzionario

La rivoluzione all'interno della fisica teorica contemporanea può essere ritenuta in gran parte compiuta, considerando lo sviluppo di cui la ricerca scientifica ha potuto godere nel corso degli ultimi anni. Eppure, ci sono molti studiosi che non la pensano in questo modo; la relatività di Einstein ha veramente cambiato tutto il mondo della fisica poiché ha mutato lo stesso concetto di spazio e di tempo, relegando la fisica newtoniana in uno stato di storicità più culturale che scientifico vero e proprio, fornendo anche evidenze empiriche e dimostrazioni convincenti di quanto andava dicendo. I calcoli e gli studi successivi gli hanno poi dato ragione e ogni avanzamento non può fare a meno di assegnare sempre più punti al filosofo-scienziato impiegato nell'ufficio brevetti di Berna. Quindi, come possiamo definirci rappresentanti di un'epoca nuova e rivoluzionaria senza aver davvero trovato un modo per conciliare la relatività con la sua controparte più ostinata, ovvero la meccanica quantistica di Schrödinger e Heisenberg?

Sin dagli inizi del Novecento gli scienziati di tutto il mondo hanno lavorato nell'ottica della ricerca di quell'unica teoria che potesse spiegare accuratamente tutto ciò che ci circonda e le origini stesse del nostro universo; lo

studioso Paul Halpern, ad esempio, è convinto che il lavoro nei confronti di un'unificazione universale e concreta fosse al primo posto nell'agenda di Schrödinger e Einstein a tal punto da essere diventata quasi più un'ossessione che un'impresa di carattere scientifico. Va da sé che l'importanza di una simile teoria era avvertita anche dai fondatori stessi della fisica che oggi conosciamo, dal momento che una *theory of everything* porta con sé un insieme di speranze e di conseguenze confortanti per la nostra specie: ci permetterebbe di capire finalmente la natura totale delle nostre origini, del nostro vivere sulla terra e dei segreti che il nostro universo nasconde, persino se lo stesso universo è il solo presente oppure solamente uno dei tanti sparsi per un supercosmo immaginario.

Ora, tutto ciò non significa che Einstein non abbia commesso degli errori (basti solo pensare alla costante cosmologica o al concetto di universo stazionario e infinito), ma può attestare che le basi per il perseguimento di una teoria che fosse in grado di renderci manifesta una legge che contenesse tutte le altre, in maniera coerente, erano già presenti nelle rivoluzioni del 1905 e del 1915. Cosa rappresenta, allora, la nascita, lo sviluppo e la decadenza della teoria delle stringhe di fronte a tutto questo? Il fallimento di un'ipotetica rivoluzione nella scienza, la quale non è avvenuta dopo un'attesa di decenni e che negli ultimi anni si fatica sempre di più ad intravedere. La teoria delle stringhe era, e per molti autori ancora lo è, la migliore candidata possibile per occupare il ruolo di *teoria del tutto*, tanto era stata perseguita nelle ricerche scientifiche di tutto il mondo; da essa, infatti, «sono scaturiti molti risultati matematici importanti, nessuno lo mette in dubbio, e la nostra comprensione di alcune teorie di gauge si è senza dubbio approfondita. Ma l'utilità per la matematica o altre aree della fisica dei prodotti derivati non è una prova né a

favore né contro la correttezza della teoria delle stringhe come teoria scientifica»⁸⁸.

Perché parlare di fallimento? Perché secondo Smolin e altri saremmo fuori da una rivoluzione scientifica effettiva? Per il semplice fatto che abbiamo tante nuove scoperte e tanti nuovi spunti ma che non possiamo spiegare con certezza e che non possiamo adeguatamente verificare; inoltre, la stessa teoria delle stringhe non ci ha fornito quella solidità e quella verificabilità che una teoria del tutto dovrebbe necessariamente avere con sé. Le opzioni, in realtà, sono soltanto due: o la teoria delle stringhe è il culmine della rivoluzione della relatività ristretta del 1905 oppure no, dal momento che si tratta di una valutazione che non può basarsi su congetture variegiate senza alcuna dimostrazione all'infuori delle speranze degli stessi fautori. Se ci troviamo nel campo della scienza intesa alla lettera, la verità e l'efficacia di una teoria non può essere decisa in base a dei dati in alcun modo empirici e verificabili, così non possiamo affidarci alle rassicurazioni di chi si rivolge al passare del tempo.

La teoria delle stringhe si è sviluppata ed evoluta ormai da più di trentacinque anni, senza mai fornire un accurato background sperimentale e previsionale di rispetto e ormai risulta essere maggiormente al centro di un dibattito deontologico e metodologico nei confronti del fare scienza in generale; il fatto che ci siano ancora studiosi disposti a seguire il suo sentiero e a sviluppare nuove soluzioni non riduce la gravità della problematica: si tratta di scienza o di pseudoscienza? Non sarebbe forse più opportuno parlare di una proposta di teoria del tutto più che di un'effettiva teoria scientifica? Eppure, ci sono molti illustri scienziati che sono ancora convinti della bontà della teoria e non si

88. L. Smolin, op. cit., p. 179.

danno assolutamente per vinti nel tentativo di convincere il resto della comunità scientifica. Il punto principale consisterebbe nel cercare di sfruttare il più possibile il tempo a disposizione, regolando sotto dei parametri precisi e convincenti tutto ciò che la stessa teoria delle stringhe ha portato sotto l'evidenza degli studiosi. Finora questo non è stato possibile e, anzi, abbiamo assistito, specialmente negli ultimi anni, al proliferare di modelli alternativi che partono dalle "conquiste" della teoria delle stringhe per poi però prendere strade diverse e a volte persino antitetiche.

Nonostante il fatto che «il principio antropico non ha portato a qualche previsione genuina che verosimilmente non lo farà neanche in futuro, Susskind, Weinberg e altri eminenti scienziati lo sostengono come segnale di una rivoluzione non solo della fisica, ma nella nostra stessa concezione delle teorie fisiche»⁸⁹. Il principio antropico, paradossalmente, sostiene quella visione che sta alla base della stessa teoria delle stringhe, ovvero la possibilità che la Natura nasconda gli indizi necessari per spiegarla attraverso un'unica grande teoria generale; ma per Smolin, Hawking e la maggior parte dei fisici attuali ritengono che questo specifico *modus operandi* non possa essere definito come reale scienza, dal momento che entrambe le teorie non sono in grado di formulare previsioni autentiche per gli esperimenti e di fare luce su alcuni voci misteriose dello stesso Modello standard.⁹⁰

89. *Ibidem*.

90. Smolin si oppone decisamente alla visione dei fisici come Weinberg, pur apprezzandone il lavoro e la storia; ma non può certo essere d'accordo su quanto lo stesso Weinberg afferma in un suo saggio recente: «I passi avanti nella storia della scienza in gran parte sono stati marcati da qualche scoperta sulla natura, ma in certi momenti di svolta abbiamo fatto scoperte sulla scienza stessa [...]. Oggi potremmo essere a un nuovo punto di svolta di fronte a un cambiamento radicale di quel che accettiamo come fondamento legittimo di una teoria fisica [...]. Maggiore è il nu-

Buon senso consiglierebbe, dunque, il totale abbandono di una teoria che sfortunatamente non è riuscita a fornire nessuna previsione utile al fine di verificarla; tuttavia, «alcuni dei suoi proponenti, invece di ammetterlo, cercano di ottenere l'autorizzazione a cambiare le regole in modo che la loro teoria non abbia bisogno di superare i test usuali che imponiamo alle idee scientifiche»⁹¹. Un procedimento che non può essere assolutamente tollerato da chi desidera occuparsi genuinamente di scienza, anche perché, come abbiamo visto, non possiamo ritrovarci a parlare di un'unica teoria delle stringhe. Se seguiamo la ricostruzione di Greene, Smolin e della stessa Lisa Randall ci accorgiamo di come essi concordino sulla comparsa di una prima grande alternativa alla teoria delle stringhe già tra la fine degli anni Ottanta e l'inizio degli anni Novanta. Negli anni Ottanta, infatti, i teorici si resero conto di come potessero esistere almeno cinque versioni della teoria delle stringhe.

Ora, al di là delle differenze che caratterizzano tutte queste varianti, la situazione si sviluppò quando nel 1995 Edward Witten, anche attraverso le idee di matematici come Joseph Polchinski e John Schwartz, riuscì a dimostrare con accoppiamenti teorici e calcoli precisi la corrispondenza di fondo fra tutte e quante le diverse versioni della teoria. Ad esempio, «se nella teoria di tipo I si fa aumentare l'accoppiamento di stringa, la teoria si trasforma nella teoria eterotica O con un accoppiamento più piccolo. Ciò significa che dopo tutto le cinque teorie delle stringhe

mero dei possibili valori dei parametri fisici forniti dal paesaggio delle stringhe, più la teoria delle stringhe legittima il ragionamento antropico come una nuova base delle teorie fisiche: qualsiasi scienziato che studi la natura deve vivere in una parte del paesaggio in cui i parametri fisici assumono valori adatti alla comparsa della vita e alla sua evoluzione fino agli scienziati». L. Smolin, op. cit., p. 170.

91. *Ibidem*.

non sono diverse. Ognuna appare diversa se esaminata in un contesto limitato – per valori piccoli della costante di accoppiamento – ma quando si elimina questa restrizione, ciascuna teoria delle stringhe si trasforma nelle altre». ⁹² In questo modo, Witten aveva introdotto un concetto che sarebbe poi divenuto fondamentale per l'intera fisica contemporanea: si tratta del principio di dualità, che rappresenta sostanzialmente la transizione reciproca fra teorie che si ritenevano diverse le une dalle altre; poiché essa ci permette di avere due descrizioni matematiche della medesima fisica, la dualità moltiplica la nostra possibilità di calcolo, semplificando quelli che prima potevano essere tranquillamente definiti procedimenti complessi e assai difficili da risolvere.

La teoria delle brane multidimensionali

Witten, in realtà, ragionando riguardo al fatto che le cinque teorie delle stringhe costituiscono un'unica teoria, in sostanza, non aveva scoperto solo la dualità che le lega da vicino, ma aveva ricavato una dimensione ulteriore, l'undicesima dimensione che tiene conto delle superstringhe cosparse lungo membrane bidimensionali che si muovono all'interno di un universo a undici dimensioni. Analizzando le dualità e le proprietà di accoppiamento delle singole teorie, Witten aveva trovato una teoria che racchiudeva in sé tutte le altre, stabilizzando ciò che le superstringhe non erano state assolutamente in grado di fare; battezzò il nuovo con modello con l'espressione di teoria-M, per via di tutti i termini aventi come iniziale la lettera emme che rappresentavano la teoria, come teoria Madre, teoria delle Membrane, o teoria delle Matrici. Secondo Smolin e molti altri, l'intero studio delle stringhe e delle successive

92. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 141.

superstringhe altro non sarebbe che una propedeutica alla teoria-M, arrivando addirittura a significare che la scoperta della teoria delle stringhe costituisce in realtà la scoperta della teoria-M, la quale parte sì dall'analisi delle stringhe, ma ci svela qualcos'altro, una vera e propria alternativa alla teoria delle stringhe classica. Allo stesso tempo, «tutte e cinque le teorie di stringa, insieme con la M-teoria, risultano così duali l'una all'altra, interconnesse da un unico sistema teorico: altro non sono che cinque maniere diverse di descrivere la medesima fisica»⁹³.

Ma che cosa sono, propriamente, queste membrane o più semplicemente brane? Risultano essere come un'immensa bandiera svolazzante e bidimensionale che si estende per una distanza impossibile da immaginare e che conterrebbe per intero il nostro universo nel quale ci ritroviamo a vivere. Oltre a queste specie di tappeti volanti dalle dimensioni macroscopiche, le analisi degli studiosi rivelarono inaspettatamente qualcos'altro: c'erano anche degli oggetti aventi tre dimensioni spaziali (le cosiddette *3-brane*), o addirittura con quattro dimensioni spaziali (le *4-brane*) e così via fino ad un totale di nove dimensioni spaziali. Le equazioni matematiche e i calcoli della geometria spaziotemporale «mostravano chiaramente che tutte queste entità potevano vibrare e contorcersi, come le stringhe; in effetti, in questo contesto, è bene pensare alle stringhe come a *1-brane* – un'unica voce per un elenco inaspettatamente lungo degli elementi fondamentali della teoria»⁹⁴.

Ad onor del vero, Witten non era l'unico scienziato impegnato in questa incredibile ricerca dagli esiti tanto importanti e influenti per gli anni successivi, dal momento che Joseph Polchinski, seguendo il suo stesso ragionamen-

93. *Ibidem*.

94. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 144.

to, era giunto alle stesse conclusioni in sintonia quasi totale con il collega britannico, come ci fa notare lo stesso Smolin:

Nell'autunno del 1995, Polchinski dimostrò che una teoria delle stringhe, per essere coerente, deve comprendere non solo stringhe, ma anche superfici a più dimensioni che si muovono nello spazio di background. Queste superfici sono anche oggetti dinamici. Come le stringhe, sono libere di muoversi nello spazio. Se una stringa, che è un oggetto unidimensionale, può essere fondamentale, perché non può esserlo un oggetto bidimensionale? Quando le dimensioni sono molte, e lo spazio non manca, perché non una superficie a tre, quattro o anche cinque dimensioni? [...] Le brane hanno un ruolo particolare nella vita delle stringhe, poiché le stringhe aperte possono terminare solo su una brana. Di norma, gli estremi delle stringhe aperte viaggiano liberamente nello spazio, ma a volte possono essere costretti a vivere sulla superficie di una brana. Questo è dovuto al fatto che le brane possono trasmettere cariche elettriche e magnetiche.⁹⁵

Polchinski, dunque, aveva scoperto le membrane bidimensionali, o *brane*, vale a dire oggetti immensi a più dimensioni che sottendevano le stesse stringhe e addirittura le superavano, spostando l'attenzione da un universo microscopico ad uno eccezionalmente macroscopico, dal momento che le brane sarebbero il "guscio" nel quale è avvolto il nostro universo. Le brane, più correttamente, sono il risultato dell'approfondimento delle ricerche e dei calcoli relativi alla teoria-M, la quale ha conquistato sempre di più l'entusiasmo dei fisici che vi hanno visto un sentiero percorribile e scientifico per spiegare le leggi dell'universo in maniera del tutto universale. La M-teoria, infatti, non solo risolveva il dilemma delle infinite possibilità lasciate dalla teoria delle stringhe, ma utilizzava le stesse stringhe

95. Smolin, op. cit., p. 138.

per introdurci in qualcosa di molto più grande e suggestivo, capace di generare conseguenze decisive all'interno dell'intero panorama scientifico. Le brane, tuttavia, sono responsabili anche di un'altra importante conseguenza a livello teorico: hanno cambiato completamente il modo di pensare la relazione che intercorre tra il nostro spazio tridimensionale e le cosiddette dimensioni extra; se ipotizziamo di accatastare una sull'altra brane tridimensionali, riusciamo ad ottenere con una simmetria qualsiasi un mondo tridimensionale che fluttua dentro ad altre dimensioni aggiuntive, un universo come una superficie enorme che fluttua in un *megaverso* multidimensionale.

Quest'ultimo concetto potrebbe risultare alquanto affascinante, ma allo stesso tempo di un'inquietudine impareggiabile, dal momento che non ci fa più ragionare in termini di stringhe microscopiche e impossibili da vedere, bensì in termini di brane così gigantesche da non poter essere distinte nemmeno con un telescopio massimamente potente. Questa sorta di ubiquità delle brane tridimensionali e sottilissime come giganteschi fogli, suggerisce che dovremmo figurarcela come una sorta di sostrato stesso dello spazio-tempo. Vale a dire, «così come i pesci vivono nell'acqua, noi saremmo gli abitanti di una 3-brana che riempie lo spazio. Lo spazio, quanto meno lo spazio in cui viviamo, sarebbe molto più concreto di quanto si pensi generalmente. Lo spazio sarebbe una cosa, un oggetto, un'entità, una 3-brana. Mentre corriamo, camminiamo, viviamo e respiriamo, ci muoviamo in una 3-brana. Gli stringhisti lo chiamano *scenario del mondo brana*»⁹⁶. Dobbiamo immaginare la brana tridimensionale come un gigantesco foglio pieghevole che si muove come se fosse smosso da un misterioso vento, avente una profondità pari all'intero nostro

96. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 146.

universo, ma così sottile che i suoi bordi sarebbero del tutto impercettibili e invisibili (probabilmente non potremmo nemmeno accorgerci di finire fuori dalla brana stessa, se mai fosse possibile). A questo punto, potrebbe sorgere una domanda del tutto legittima: parliamo di una brana soltanto, o di un insieme di mondi brana?

I calcoli relativi alla teoria-M dalla quale deriverebbero poi le brane, non prevedevano solamente una soluzione, ma differenti scenari aperti e meritevoli di essere studiati con attenzione. Per esempio, il concetto di universo parallelo o più precisamente di multiverso si inserisce nella possibilità che esistano un numero non specificato di brane poste l'una accanto all'altra e contenenti ciascuna un universo differente; questo aspetto è in grado di portarci verso le ipotesi più variegata e alquanto inquietanti da un certo punto di vista, dal momento che «alcuni mondi-brana potrebbero essere simili al nostro, pieni di galassie, stelle e pianeti, mentre altri potrebbero essere molto diversi. Su una di queste brane potrebbero vivere esseri consapevoli che, come noi, un tempo pensavano che la loro fetta – la loro estensione di spazio – fosse l'intero universo. Nello scenario del mondo-brana della teoria delle stringhe, questa prospettiva ora ci apparirebbe molto limitata: in questo scenario, il nostro universo non è che uno dei molti che popolano il *multiverso a brane*»⁹⁷.

Dunque, tutto ciò che inizialmente abbiamo considerato come l'intero universo unico e assolutamente irripetibile potrebbe essere solamente un mondo-brana tridimensionale sovrapposto a tanti altri come un insieme di fette di pane accatastate vicine e fluttuanti in una sorta di megaverso cosmico.⁹⁸ Tutto ciò aiuterebbe anche a spiegare

97. *Ibidem*.

98. Anche Lisa Randall sottolinea la grande importanza dei mondi-brana nell'evoluzione del pensiero all'interno della fisica teorica, suggerendo

protagonisti

la natura così indecifrabile delle particelle che popolano il nostro universo, poiché potrebbero essere solo una parte delle particelle totali presenti in altri mondi-brana; noi siamo i naturali rappresentanti di queste stesse particelle essendone ricoperti in ogni nostro organo vitale, così come, in un altro mondo-brana, potrebbero esserci altri rappresentanti ovvero altre forme di vita composte da particelle differenti o ancora più fondamentali. Naturalmente, non dobbiamo dimenticarci della relatività: i mondi-brana ne sarebbero del tutto **soggetti**, sia per un discorso relativo al concetto di forza che per una coerenza di calcoli relativa anche alla teoria delle stringhe; allo stesso tempo, però, la varietà dei mondi-brana potrebbe comprenderne altrettante da un punto di vista fisico e nomologico, ovvero ci potrebbero essere diversi mondi fisici costituiti da diverse leggi fisiche, per cui, magari, le leggi del nostro universo non sarebbero equivalenti a quelle di un altro.

Le ipotesi si susseguono a non finire, fino ad arrivare alle stesse origini dell'universo per spiegarne anche la relativa evoluzione e la nostra eventuale capacità di esplorarlo fin nelle profondità più remote. Ciò che ipotizza Greene (in un testo che analizza nel dettaglio tutte le nuove teorie alternative al modello delle stringhe), altro non sarebbe che una teoria alternativa del cosiddetto Big Bang, l'origi-

che il proliferare di studi sulle brane potrebbe portare ad un'evoluzione stessa della teoria delle stringhe: «Introducendo le brane si apriva la possibilità di delineare nuovi scenari relativi alla natura globale dello spazio-tempo. Se le particelle del Modello standard sono confinate su una brana, allora anche noi condividiamo questo destino, dato che noi – e il cosmo che ci circonda – siamo composti di queste particelle. Inoltre, non è detto che tutte le particelle debbano stare sulla stessa brana. Ci potrebbero essere particelle nuove a noi sconosciute, che subiscono forze e interazioni differenti da quelle che conosciamo. Le particelle e le forze che osserviamo potrebbero costituire solo una piccola parte di un universo molto più vasto». L. Randall, op. cit., p. 342.

ne del nostro universo e le sue precise modalità. In pratica, dovremmo legare il multiverso a brane al concetto di ciclicità e di tempo, abituandoci a pensare che ciò che accade in una brana potrebbe essersi già concluso in un'altra o addirittura non essere mai accaduto, come la formazione di galassie o di stelle, o persino dell'intero universo. Il movimento delle brane risulta essere costante e inserito in un tempo ciclico del tutto impossibile da misurare o anche solo da comprendere in maniera dettagliata, basti pensare anche a come le brane si muovano lungo un sostrato multidimensionale impercettibile; per esempio, se desiderassimo lasciare per sempre il nostro mondo-brana resteremmo inevitabilmente delusi e sconcertati, dal momento che saremmo risucchiati dentro dalle estremità delle nostre stringhe aperte oppure, ancora peggio, finiremmo imprigionati in una distesa di dimensioni superiori senza possibilità alcuna di esplorare il cosmo.

Un altro esempio efficace per comprendere di che cosa stiamo effettivamente parlando è costituito dal viaggio lungo tutto l'universo al fine di trovare uno dei bordi per uscirne. Per effetto della curvatura dello spazio-tempo stesso e di ciò che abbiamo appena visto con le brane, il nostro viaggio avrebbe sì un esito, ma precisamente nel punto di partenza, come un giro in tondo, poiché non saremmo stati assolutamente in grado di vedere il bordo del nostro universo e, di conseguenza, abbandonarlo in vista di un altro. Naturalmente, dobbiamo sempre tenere presente che al di fuori del nostro mondo-brana esisterebbe un panorama di multidimensionalità di cui non saremmo assolutamente in grado di accorgerci se per caso finissimo fuori dalla nostra brana. Nella immagine qui riportata, inoltre, si vede bene come lo scontro fra due brane avrebbe il potere di generare un quantitativo di energia inimmaginabile, in grado forse di dar vita ad un altro universo, oppure di spazzare via

tutto quanto c'era prima. Parliamo sempre di sottilissime e profondissime superfici, ma non possiamo avere una precisa idea delle macroscopiche dimensioni che le caratterizzano in tutto e per tutto.

La ciclicità temporale dei mondi-brana, come abbiamo accennato prima, tiene conto della distanza e della posizione, anche in caso di leggi fisiche differenti tra un universo e l'altro. Verrebbe quasi da chiedersi, allora, cosa ci fosse prima delle brane, se mai fosse esistito qualcosa; eppure, vediamo bene che i concetti di prima e dopo interessano gli universi e ciò che vi accade dentro, non sappiamo se sia la stessa cosa anche nell'ipotetico megaverso cosmico nel quale fluttuano le brane. Risulta opportuno, a questo proposito, rammentare quanto sosteneva il filosofo Agostino d'Ipbona, in risposta a coloro che gli domandavano che cosa facesse Dio prima della creazione. Che cosa fa Dio prima della creazione? Un bel niente, nel vero senso del termine. Anzi, il prima e il dopo, per Dio stesso, non hanno nessun tipo di valore, dal momento che Dio è fuori dal tempo, è al di là della ciclicità da lui stesso introdotta nell'universo, poiché è eterno e totalmente incommensurabile. Siamo noi ad avere bisogno del tempo, dato che ci siamo immersi completamente per via della nostra condizione biologica e persino subatomica, così come le brane stesse; queste, infatti, «mentre procedono l'una verso l'altra, aumentano entrambe di velocità, poi si scontrano e grazie alla tempesta di fuoco che ne segue le condizioni di ciascuna brana vengono riportate allo stato iniziale, inaugurando una nuova era di evoluzione cosmica.

L'essenza di questa cosmologia è data quindi da mondi che nel corso del tempo attraversano ripetutamente lo stesso ciclo, generando una nuova varietà di universi paralleli

detta *multiverso ciclico*»⁹⁹. Se ci troviamo a vivere in una brana compresa in un *multiverso ciclico*, le altre brane e tutto ciò che in esse avviene rappresentano un nostro passato oppure un nostro futuro; vale a dire che, il nostro attuale universo non sarebbe nient'altro che l'ultimo compreso in una lunga successione temporale di universi, alcuni dei quali potrebbero o avrebbero potuto ospitare della vita intelligente in grado di comprenderne le leggi.

Dal "multiverso" alla teoria olografica

Se parliamo di sistemi di multiversi, tuttavia, dobbiamo necessariamente considerare che esistono teorie differenti anche per quanto riguarda questi macrosistemi, nei quali viene anche contemplata la teoria delle stringhe ma senza un ruolo principale all'interno del sistema stesso. Le principali tipologie di multiverso che negli ultimi vent'anni hanno conosciuto uno sviluppo di studi e ricerche sono essenzialmente tre:

1. Il multiverso cosiddetto patchwork, ovvero una distesa spaziale infinita ricavata dalle equazioni della relatività generale, con un'inflazione praticamente eterna e inarrestabile.
2. Il multiverso inflazionario o universo bolla, dove la nostra "bolla" di universo altro non sarebbe che una delle tante presenti in una sorta di megaverso cosmico che le racchiude tutte quante (addirittura potrebbero essere infinite)
3. Il multiverso a brane, i mondi-brana basati sulla multidimensionalità che li circonda, dove niente e nessuno può abbandonare il mondo-brana in cui è costretto a vivere per via naturale.

99. *Ibidem*.

Perché definire questi tre modelli i principali e tralasciarne altri (come peraltro fa Brian Greene nella sua accurata ricostruzione)? Per il semplice motivo che queste tre tipologie di multiverso possiedono qualcosa che li lega in maniera inossidabile: in questi multiversi, i cosiddetti altri universi si trovano tutti da qualche parte nei meandri dello spazio, qualunque dimensione si prenda in considerazione. Nel multiverso patchwork, “da qualche parte” «significa molto lontano nel senso normale.; nel multiverso inflazionario, vuol dire nel dominio in rapida espansione al di là del nostro universo bolla; nel multiverso a brane, significa a una distanza che può essere piccola, ma la separazione è attraverso un'altra dimensione»¹⁰⁰.

Fra questi tre, la versione più interessante e, per certi versi, utile a fini scientifici, viene senza dubbio rappresentata dal multiverso di natura ciclico, poiché esso tenta di fornire una spinosa soluzione al problema relativo all'origine dell'universo. Lo stesso Einstein era fermamente convinto dell'eternità dell'universo, di contro alla teoria del grande inizio o del Big Bang e, di conseguenza, dell'espansione progressiva dell'universo; la teoria dello stato stazionario, infatti, dribblava magistralmente la questione relativa all'origine cosmica, asserendo che man mano viene aggiunta sempre più materia per mantenere stabili le condizioni dell'universo, senza che questo però abbia avuto un effettivo inizio. Una teoria che deriva in grossa parte dalla concezione cosmologica greca, secondo la quale non ha senso parlare di nascita dell'universo, poiché esso è sempre esistito e sempre esisterà, nessuna *creatio ex nihilo*. Una teoria che, tuttavia, non si accordava con le osservazioni astronomiche che indicavano precise epoche precedenti della storia del nostro universo in cui le con-

100. *Ibidem*.

dizioni differivano troppo nettamente dalle nostre attuali. Un altro chiaro esempio di come in realtà la natura ci mostrasse un'instabilità di fondo e cambiamenti costanti all'interno dell'universo è dato dalle sensazionali scoperte di Jacob Bekenstein e, in particolare, di Stephen Hawking, per quanto riguarda la fisica dei buchi neri. I buchi neri all'epoca di Einstein erano già stati ricavati e previsti dalle equazioni della relatività ma ritenuti del tutto inesistenti per i loro massicci valori gravitazionali; ma quando fu osservato il primo buco nero dello spazio, Einstein si aggiudicò un'altra vittoria in barba agli scettici e ai puristi della scienza, dando il via ad una nuova serie di studi relativi alla massa e al funzionamento dei buchi neri stessi.

La scoperta di Hawking fu rivoluzionaria, dunque, per due motivi: da un lato, confermava l'importanza e la validità di una fisica che era sempre stata guardata con sospetto e con accuse di tendenze fantascientifiche e, dall'altro, cambiava il modo stesso di concepire l'idea di un buco nero. Precedentemente, infatti, si riteneva che un buco nero fosse il risultato del collasso gravitazionale di una stella morente, dotato di una gravità talmente intensa da poter sconfiggere persino la velocità di fuga della luce e fagocitarla così al suo interno. Le nostre leggi fisiche, all'interno del buco nero non hanno alcun valore, poiché sia lo spazio che il tempo sono talmente compressi e arrotolati che molti fisici hanno ipotizzato che esso in realtà sia una specie di portale per un'altra dimensione o, addirittura, per un altro universo. Quel che era certo, sia per le equazioni di Einstein che per i fisici successivi, era costituito dal fatto che le condizioni di un buco nero fossero stabili e persino eterne.

Hawking, però, era riuscito a scoprire e misurare l'entropia interna dei buchi neri, vale a dire la temperatura emessa oltre l'orizzonte degli eventi; il fatto che un buco nero emetta calore significa che al contempo perde co-

stantemente energia e se perde energia, probabilmente, è possibile che tutto il materiale risucchiato dal buco nero e ritenuto prigioniero senza alcuna possibilità di uscirne, possa effettivamente fuoriuscire, fino alla dissoluzione del buco nero stesso. Mentre scriviamo, a maggior ragione, alcuni esperti hanno dichiarato di aver dimostrato empiricamente la teoria di Hawking tramite l'ausilio di calcoli e di esperimenti, oltre all'approfondimento degli studi e delle osservazioni in materia (oggi sappiamo che, tendenzialmente, tutte le galassie a spirale, come la Via Lattea, possiedono un massiccio ed enorme buco nero proprio all'interno del loro centro di gravità permanente). Ciò significa che lo stesso professor Hawking potrebbe essere uno dei maggiori candidati al conseguimento del premio Nobel 2016, proprio grazie a questa teoria capace di rivoluzionare l'intera nostra concezione di universo. Se i buchi neri non sono eterni e nemmeno stabili, potrebbe voler dire che nemmeno gli universi dei multiversi lo sono, ma che sono piuttosto legati ad una consequenzialità ciclica e per certi versi eterna.

L'attrazione che esercita lo studio di una cosmologia di tipo ciclico è dovuta in parte all'ipotetica soluzione dello spinoso e antico dilemma legato all'origine dell'universo. Se ci figuriamo un universo che «attraversa un ciclo dopo l'altro, e se i cicli sono sempre esistiti (e forse sempre esisteranno), il problema di un primo inizio viene aggirato. Ogni ciclo ha il proprio inizio, ma la teoria offre una causa fisica concreta: il completamento del ciclo precedente. E se qualcuno domanda quando iniziò l'intero ciclo dell'universo, la risposta è semplice: non ci fu mai un inizio, poiché i cicli si ripetono *ab aeterno*»¹⁰¹. I mondi-brana di natura ciclica risolvevano apparentemente una *vexata quaestio*,

101. *Ibidem*.

poiché gli avversari della teoria del Big Bang confidavano sul fatto che non bastasse la scoperta della radiazione di fondo per giustificare una simile esplosione cosmica; infatti, a meno che non si fosse dimostrata l'esistenza di onde gravitazionali che permeano lo spazio dando conferma di simili giganti universali, il multiverso ciclico era un modello sicuramente percorribile. Ma proprio mentre scriviamo, durante la fine dell'inverno 2016, gli scienziati hanno annunciato di aver rilevato le prime onde gravitazionali, provenienti da un massiccio scontro fra due buchi neri, tale da poter generare una serie di onde in grado di essere visualizzate. Questo potrebbe rappresentare davvero una svolta epocale e la riapertura di un dibattito che non è mai stato realmente chiuso, ma che consentirebbe di fornire nuova linfa vitale ai sostenitori del Big Bang e dell'universo unico e inflazionario.

Ad essere precisi, esistono molte altre teorie alternative che negli ultimi anni hanno conosciuto uno sviluppo esponenziale di incredibile rilievo. Come riporta lo stesso Brian Greene, la teoria degli universi paralleli ha abbandonato le scene e le ricchezze dell'industria fantascientifica per approdare negli studi degli specialisti del settore, specialmente dopo il riaffiorare di analisi riguardo il lavoro di Kaluza e Klein, così come di Calabi e Yau Shing-Tung. In un'intervista del 13 luglio 2013 curata dalla giornalista de «l'Unità» Cristiana Pulcinelli nei confronti proprio di Brian Greene, allora reduce dalla vittoria del premio letterario Merck per il suo *La realtà nascosta*, ci si imbatte da un punto di vista scientifico in uno scenario talmente fantasioso e allo stesso tempo inquietante da essere quasi ritenuto frutto di uno scrittore un po' troppo influenzato dalla fantascienza e dai miti che essa descrive. Niente di più falso, gli universi paralleli sono la nuova scienza: «ci eravamo appena ripresi dall'essere stati cacciati dal centro dell'uni-

verso per diventare gli abitanti di un pianeta periferico di una delle moltissime galassie che lo popolano, quand'ecco un altro colpo al nostro orgoglio. Ad essere messo ai margini questa volta è l'universo stesso che potrebbe essere solo uno fra tanti. La realtà potrebbe consistere di moltissimi, forse infiniti, universi paralleli e separati tra loro di cui nulla sappiamo, ma nei quali condurrebbero la loro esistenza copie di noi stessi, diverse tra loro magari solo per qualche dettaglio»¹⁰². Se questa eventualità non risulta abbastanza inquietante, i fisici ne hanno studiato una ancora più sconvolgente in maniera potenziale: e se tutto il nostro universo, in realtà, non fosse altro che una proiezione olografica di qualcos'altro più piccolo e fondamentale?

La teoria olografica deriva sostanzialmente dai calcoli e dalle ricerche del brillante matematico e fisico Juan Maldacena, il quale sarebbe riuscito, tramite calcoli molto complessi ma assolutamente corretti e coerenti, a dimostrare che un ologramma e ciò che è contenuto nell'immagine stessa descrivono la stessa fisica ma da due punti di vista differenti. L'idea base di Maldacena era che le brane tridimensionali non andassero considerate come il sostrato dello spazio stesso, bensì come oggetti del tutto autonomi e che si muovono in maniera assolutamente casuale. Nonostante le due prospettive potessero sembrare del tutto distanti fra di loro, Maldacena riuscì a descriverne il legame intrinseco tramite un complesso e articolato dizionario matematico e per realizzarlo diede vita ad uno specifico laboratorio in cui fisici e matematici avrebbero potuto esplorare nel dettaglio una realizzazione propriamente olografica delle leggi fisiche. I risultati furono sorprendenti.

L'analisi del dizionario matematico costruito nel labo-

102. C. Pulcinelli, *Infiniti mondi paralleli. La teoria del fisico Brian Greene*, «l'Unità» (2013).

ratorio rivelò che in un universo ipotetico avrebbe regnato il principio olografico, vale a dire che sul confine di tale universo le informazioni sarebbero racchiuse nei campi quantistici, ma quando l'informazione viene tradotta dal dizionario matematico rappresenta una serie di fenomeni che avvengono all'interno dell'universo stesso. Per aiutarci a comprendere, Edward Witten, che abbiamo già incontrato, stregato dal lavoro che avveniva nel laboratorio di Maldacena, scrisse immediatamente un articolo nel quale contribuiva in maniera rilevante a costruire quel dizionario matematico che sarebbe diventato il pilastro più solido di una nuova e rivoluzionaria teoria dell'universo; egli, d'altro canto, analizza la teoria del confine di Maldacena arrivando a sostenere, ad esempio, che un buco nero sarebbe in realtà ben altro da ciò cui siamo abituati a pensare. Infatti, «il risultato di Witten mostra che, così come il volto spaventoso del Mago di Oz era prodotto da un uomo comune, un ingordo buco nero è la proiezione olografica di qualcosa di altrettanto comune: un mare di particelle calde nella teoria del confine. Proprio come in un ologramma reale e l'immagine che genera, le due teorie non presentano somiglianze evidenti e tuttavia contengono la medesima informazione»¹⁰³. Un principio che potremmo applicare anche all'allegoria della caverna raccontata da Platone nella *Repubblica*: le ombre proiettate sulle pareti della caverna dalla luce del fuoco sovrastante sono solo una rappresentazione di una realtà diversa, non sono cioè tutta la realtà, come ingenuamente ritengono gli schiavi incatenati a terra.

I modelli alternativi, arricchiti da numerosi studi approfonditi man mano nel corso degli anni, sono i peggiori avversari per la teoria delle stringhe, più di tutti gli scettici e di coloro che hanno osteggiato la teoria fin dalla sua na-

103. *Ibidem*.

scita; questo perché, fondamentalmente, tutto l'insieme di queste teorie considerano la teoria delle stringhe un modello ormai vecchio e ammuffito, che bisogna necessariamente superare o addirittura rivedere, senza considerare chi desidererebbe addirittura cancellarlo del tutto. Ciò nonostante, anche le nuove ricerche devono affrontare le loro specifiche battaglie all'interno di una comunità scientifica che vuole rimanere fedele ai suoi principi di ricerca, teorici e metodologici. Quello senza dubbio con maggiori difficoltà è il concetto di multiverso che, sebbene fornisca diverse risposte coerenti a tante domande profonde attraverso speculazioni e analisi matematiche, resta tutto sommato una teoria indimostrabile con i mezzi di cui disponiamo. Gli acceleratori di particelle sono alla costante ricerca di indizi utili per spiegare anche i fondamenti di questa teoria, ma finora si sono semmai resi complici della cessione di nuova linfa vitale per teorie del tutto contrarie all'ipotesi del multiverso.

Un discorso diverso può essere fatto per la teoria olografica, la quale sta incontrando sempre maggiori consensi e interessi, dal momento che possiede un background matematico di tutto rispetto e decisamente superiore alla matematica complessa e tortuosa delle stringhe. La sua popolarità risulta tale da farla apparire in una delle serie televisive americane attualmente più famose come *The Big Bang theory*, quando il fisico subatomico e impacciato Leonard mostra alla fidanzata e coinquilina, una semplice ragazza del Nebraska, Penny, un ologramma della terra e del sistema solare, prodotto da un laser che egli possiede nel laboratorio dell'università in cui lavora. Egli, dunque, sotto gli occhi increduli della fidanzata, enuncia chiaramente proprio i principi della teoria olografica, secondo la quale l'interno nostro universo altro non sarebbe che una sorta di ologramma prodotto da qualcos'altro, magari più piccolo e difficilmente immaginabile.

Ad ogni modo, i dibattiti e gli scontri di metodo e di scelta scientifica continuano ad imperversare in convegni e riviste, trovando molto difficile una vera e propria sintesi delle due parti. Dunque, al di là di tutto, non ci troviamo di fronte solamente ad una questione di varietà delle teorie (anche di quelle relative al multiverso e agli universi paralleli) ma ad un vero e proprio problema metodologico e di pensiero, in grado di dividere coloro che hanno dedicato la propria vita allo studio del mondo da un punto di vista strettamente scientifico. Si tratta di ridefinire e ridiscutere il concetto stesso di fare scienza e di stabilire se quello utilizzato fino ad ora risulta essere il più completo, oppure se sarebbe opportuno operare un cambiamento in vista di nuove scoperte e conquiste della ricerca umana. Forse, con gli strumenti che possediamo ora non possiamo essere capaci di operare quella rivoluzione della fisica che Smolin auspicava, dopo essersi dedicato alla teoria delle stringhe e persino successivamente quando se n'è allontanato, ma forse non è nemmeno lecito rinunciare così facilmente di fronte alle prime difficoltà che questi nuovi modelli possono incontrare sul loro cammino.

E la teoria delle stringhe in tutto questo? Potrebbe rappresentare il preludio, solamente l'introduzione di qualcosa di più grande e complesso; qualcosa che ancora non siamo in grado di dimostrare né tantomeno di osservare, ma che avrebbe senz'altro il potere di arricchire la nostra visione in vista di un futuro nel quale, magari, potremmo scoprire effettivamente l'esistenza di altre dimensioni oltre a quelle di cui già siamo a conoscenza. Lo stesso Smolin confessa che la teoria delle stringhe sarebbe in grado di rappresentare la via più semplice per comprendere tutta un'altra tipologia di teoria:

La storia della teoria delle stringhe è come il mio incontro con

M., perennemente procrastinato: te ne occupi anche se sai che non è la vera teoria, perché più di così non ti ci potresti avvicinare. Nel frattempo, la compagnia è incantevole e il cibo è buono. Di tanto in tanto ti senti dire che la vera teoria sta per essere rivelata, ma in qualche modo non succede mai. Dopo un po' la vai a cercare da solo. Ti sembra che vada bene, ma anche così non arrivi a nulla. Alla fine, non hai molto di più di quel che avevi in partenza: un magnifico ritratto sulla sovraccoperta di un libro che non potrai mai aprire.¹⁰⁴

Quindi, se le cose stanno davvero così e non possiamo farci nulla, ha ancora senso occuparsi così assiduamente della teoria delle stringhe, specialmente dopo che abbiamo assistito alla nascita di sempre nuove teorie alternative?

104. *Ibidem.*

VII. Il valore dimostrativo e sperimentale delle stringhe

Il fascino di un fallimento

Un numero sempre maggiore di fisici, senza considerare la storia personale di Smolin, decide di abbandonare la fisica delle stringhe per seguire altre strade, sentieri più convincenti che possano effettivamente portare a scoprire una teoria generale in grado di spiegare tutta la natura e di mettere finalmente in relazione la relatività generale con la meccanica quantistica. La rivoluzione delle stringhe e successivamente anche quella delle superstringhe non hanno portato quei risultati sperati e tanto agognati, ritenuti assolutamente compatibili con le versioni originali della teoria; un'eccezione di considerevole valenza, forse, può essere considerata la questione relativa alla matematica che la teoria delle stringhe è riuscita a costruire. Infatti, nessuno mette in discussione l'utilità e la straordinaria importanza dei risultati matematici che la teoria delle stringhe è riuscita, malgrado tutto, a raggiungere con successo. Il problema rimane di natura empirica e sperimentale: quei numeri non sono in grado di dimostrare nulla e non hanno un livello di verificabilità sufficiente per essere realmente considerati come la base di una teoria scientifica tout court. Per una percentuale di fisici e studiosi che non abbandonano il campo delle stringhe per coerenza e per una

fiducia ammirevole nelle scoperte future, seppur bassa e in costante mutamento, ne esiste una superiore e sempre in crescita che rappresenta un gruppo numeroso di scienziati e matematici che preferiscono l'idea di concentrarsi su nuove teorie in grado di alimentare le loro assidue esigenze di unificazione, la sfida più importante di tutta la fisica contemporanea.

Allo stesso tempo, come anche in parte abbiamo visto, se in passato la fede degli stringhisti nelle possibilità esplicative della teoria era ritenuta indiscussa e unitaria, senza alcuna possibilità di scomposizioni varie o compromessi di altra natura, al giorno d'oggi sono più favorevoli ad una visione pluralista dello stesso modello portato avanti da Susskind e colleghi alla fine degli anni Sessanta. Le cinque versioni della teoria delle superstringhe, teorizzata da Witten degli anni Ottanta, non solo hanno convinto la comunità scientifica della bontà del procedimento, basato su rigorose equazioni matematiche, ma hanno anche portato alla formulazione della teoria-M, ovvero una teoria universale che racchiude in qualche modo le stesse stringhe portandole però su un piano diverso e forse più grande, come se esse non fossero altro che un mezzo (peraltro nemmeno troppo facile da usare) per raggiungere altri traguardi più scientifici e percorribili. Se ciò non dovesse bastare, non bisogna dimenticare che «sulle prime si era pensato che la teoria fondamentale fosse proprio la teoria delle stringhe. Di fronte alle prove di cui disponiamo ora, dobbiamo ammettere che non lo è. Come le teorie quantistiche dei campi, la teoria delle stringhe sembra una costruzione approssimata che (nella misura in cui è in rapporto con la natura) indica l'esistenza di una teoria più fondamentale»¹⁰⁵.

Perché, dunque, abbandonare la teoria così a lungo rite-

105. Ivi, p. 184.

nuta basilare e portatrice di grandi stravolgimenti nel mondo della fisica? Perché, per molti, ha fallito nel suo compito, non è riuscita a rispondere alla domanda che si era prefissata e non ha potuto mantenere le promesse fatte. Gli acceleratori di particelle più potenti del pianeta non sono in grado di arrivare ad unità di grandezza pari a quelle che le stringhe dovrebbero possedere; possono al massimo superare un livello di circa 10^{-4} , troppo basso perfino per intravedere qualcosa e non sufficiente per ipotizzare che ci sia qualcos'altro ancora più in profondità. Del resto, ciò che aveva conquistato fisici e non era la straordinaria semplicità che accompagnava il funzionamento delle stringhe stesse nei confronti della spiegazione unificata delle forze presenti in natura e del comportamento delle particelle subatomiche, comprese le loro relative collisioni. La supersimmetria e persino l'intera geometria dello spazio-tempo poteva essere definita grazie ad un'unica legge semplice e assolutamente chiara: tutto l'insieme di calcoli ed equazioni che descrive i modi di vibrazione (moto oscillatorio) e di propagazione deriva sostanzialmente dalle condizioni nelle quali una stringa si distende lungo lo spazio-tempo, favorendo e influenzando in maniera fondamentale il comportamento delle particelle e le loro reciproche interazioni. Una prospettiva del tutto affascinante e rasserenante, poiché garantiva la risoluzione del problema della gravità quantistica, mettendo in relazione la gravità con tutte le altre forze, ma che richiedeva una geometria spazio-temporale fissa. I successivi calcoli, tuttavia, hanno mostrato come in realtà il nostro stesso spazio sia in continuo movimento e mutamento, cioè impossibile da descrivere con parametri certi e incontrovertibili; come può allora una teoria che necessita di una stabilità fissa descrivere compiutamente un'entità che muta costantemente senza lasciare apparenti punti di riferimento? In effetti, non può.

Senza considerare le contraddizioni di modello che abbiamo descritto e affrontato in precedenza, il fatto che la teoria delle stringhe non abbia portato a previsioni coerenti e misurabili rappresenta uno dei punti fondamentali per i quali è stata messa definitivamente in discussione. Avendo appurato che essa non poteva effettivamente rendere conto di ciò che prescriveva, molti fisici si sono lasciati convincere dalla possibilità che fosse uno scenario ormai fallito e necessariamente da superare per non far arenare la ricerca scientifica in un modello senza futuro e senza garanzie. La verificabilità delle stringhe è del tutto impossibile da considerare, ma la cosa peggiore è che essa non ci fornisca delle previsioni nel comportamento delle particelle, nemmeno tramite le equazioni che descrive; una teoria che voglia definirsi propriamente scientifica, deve opportunamente essere in grado non soltanto di rendersi verificabile da un punto di vista empirico, ma anche di poter formulare accurate previsioni sui fenomeni che si ritrova a dover descrivere. Dunque, una delle tante domande che rimangono al centro del dibattito è relativa alla questione se dobbiamo considerare o meno la teoria delle stringhe come una vera e propria teoria di stampo scientifico o se, al contrario, dobbiamo riflettere sul senso stesso di concezione di una qualsiasi teoria scientifica.

La via sperimentale, per quanto riguarda le stringhe, non risulta immediatamente percorribile, così come la sua effettiva dimostrabilità empirica. Non possediamo un laboratorio in grado di analizzare le stringhe e i loro rapporti con le particelle, ma dobbiamo necessariamente affidarci alla matematica e ai modelli provvisori, rinunciando alla stabilità dei parametri che utilizziamo (e questo, come abbiamo visto, comporta anche l'accettazione di essere di fronte a diverse versioni possibili della medesima teoria); difatti, «molte congetture di base che hanno guidato le

due rivoluzioni delle stringhe continuano a essere indimostrate, comprese la dualità forte-debole e la congettura di Maldacena. In entrambi i casi, molte prove indicano una qualche forma di relazione fra teorie diverse. Anche se le rigorose equivalenze sostenute nelle congetture fossero false, si tratterebbe comunque di idee e risultati importanti. Se vogliamo un resoconto realistico, tuttavia, dobbiamo distinguere tra congetture, prove e dimostrazioni»¹⁰⁶. D'altro canto, questo non significa, come potrebbe sembrare anche dalle parole di Smolin, che la teoria delle stringhe non abbia valore in senso assoluto, ma solamente che risulta opportuno separare il grado di pragmatica e di verificabilità che essa è in grado di dare.

Oltre ai problemi che abbiamo esaminato anche nelle pagine precedenti, la teoria delle stringhe presenta diverse contraddizioni e punti di difficoltà anche per quanto riguarda la descrizione dei buchi neri, dal momento che essa si era candidata come principale modello in grado di descrivere accuratamente la fisica dei buchi neri. Dopo la pubblicazione ufficiale dei primi risultati originari furono proposti molti modi per descrivere il reale funzionamento dei buchi neri all'interno della teoria delle stringhe; nonostante la loro sostanziale diversità, tutte le proposte sono accomunate da una considerevole mancanza: se si allontanano dai buchi neri particolari o speciali, nei quali è possibile utilizzare la supersimmetria al fine di eseguire i calcoli, non risulta possibile giungere a risultati coerenti e soddisfacenti. Per quale motivo? Molto semplice: se consideriamo i buchi neri ordinari, ovvero quelli in cui cerchiamo di addentrarci per comprendere il funzionamento della singularità, ci accorgiamo di come la geometria dello spaziotempo non sia stabile affatto, ma si evolva nel tempo.

106. Ivi, p. 190.

La supersimmetria, assieme a tutto il suo arsenale di equazioni complesse, non risulta di alcuna utilità in questi casi, non essendo in grado di risolvere alcun problema teorico, men che meno empirico. Di conseguenza, siamo costretti ad affrontare un dilemma che affligge gran parte della ricerca scientifica, vale a dire che «otteniamo risultati meravigliosi per casi molti particolari e non siamo in grado di decidere se si possono estendere all'intera teoria o se valgono solo nei casi in cui possiamo eseguire i calcoli»¹⁰⁷. La teoria delle stringhe, considerando i dati di cui disponiamo e le successive ricerche che sono state compiute nello stesso campo, non risulta in grado di spiegare efficacemente l'entropia dei buchi neri elaborata da Hawking e Bekenstein, dal momento che non possiede gli strumenti necessari e stabili per svolgere un simile compito e fornire le motivazioni più convincenti e veritiere.

Come se non bastasse, sia Smolin che, in parte, fisici come Lisa Randall e lo stesso Leonard Susskind, sono consapevoli del fatto che la teoria delle stringhe non riesce a dare una chiara risposta né ai parametri del Modello standard per quanto riguarda la fisica delle particelle, né al problema della materia e dell'energia oscura; essa fornisce solamente un grande carnet di possibilità talmente elevato da non poter fare alcuna previsione in merito, perfino sull'eventuale coerenza di tutte le possibilità stesse.¹⁰⁸

107. *Ibidem*.

108. Non è un caso, secondo l'ottica di Smolin, che uno dei più entusiastici sostenitori del modello nei promettenti anni Ottanta come Daniel Friedan, allora docente dell'Enrico Fermi Institute all'Università di Chicago sia espresso in maniera così definitiva: «La teoria delle stringhe è fallita come teoria della fisica a causa dell'esistenza di molti possibili spazitempo di background. [...] L'annosa crisi della teoria delle stringhe è dovuta alla sua totale incapacità di spiegare o prevedere qualunque effetto fisico che avvenga a distanze grandi rispetto alla scala microscopica delle stringhe. La teoria delle stringhe non può dire nulla di preciso

Inoltre, considerando gli strumenti che abbiamo a disposizione e le ricerche che sono state intraprese nel corso di questi anni, dobbiamo necessariamente ammettere che il dibattito intorno alle stringhe si trova in una posizione decisamente anomala: l'incompletezza della nostra conoscenza in materia ci costringe a suddividere le teorie delle stringhe in due gruppi distinti, vale a dire quello delle teorie che già conosciamo e quello delle teorie che finora abbiamo solo ipotizzato ma che non abbiamo ancora definito teoricamente e matematicamente. Studiare in via del tutto separata questi due gruppi significa accettare implicitamente lo stato reale delle cose che vede l'assenza di una vera e propria *teoria del tutto*, dal momento che la stessa teoria delle stringhe possiede più versioni e non si è ancora trovata una maniera accurata per raggrupparle tutte insieme, fatta eccezione per la teoria-M di Witten (la quale, tuttavia, costituisce una base per una teoria molto più articolata e alternativa al modello stesso delle stringhe). Il fatto che poi molti fisici entusiasti e protagonisti delle rivoluzioni delle stringhe tra gli anni Settanta e gli anni Ottanta abbiano cominciato ad abbandonare il terreno pericolante per cercare altre vie, dimostra quanto la teoria stessa abbia perso gran parte della sua attrazione e della sua capacità di mettere d'accordo fisici, matematici, filosofi e chimici.

Eppure, nonostante tutto questo, per quale motivo ci sono ancora, seppur in minoranza, così tanti studiosi che

a questo riguardo. La teoria delle stringhe non è capace di determinare le dimensioni, la geometria, lo spettro delle particelle e le costanti di accoppiamento dello spaziotempo macroscopico. La teoria delle stringhe non può fornire una spiegazione definitiva delle nostre conoscenze del mondo reale e non può formulare previsioni precise. L'attendibilità della teoria delle stringhe non si può valutare né tanto meno dimostrare. La teoria delle stringhe non ha alcuna credibilità come candidata al ruolo di teoria della fisica». L. Smolin, op. cit., pp. 194-195.

imperversano in una ricerca dichiarata ormai fallimentare e assolutamente inutile se si vuole dare una risposta efficace e coerente a tutte le domande che angustiano la fisica contemporanea? Da che cosa è costituito il suo fascino così resistente, nonostante le argomentazioni serrate dei detrattori? Domande che scienziati come Smolin, Randall e Hawking si sono posti molte volte, senza trovare una soluzione definitiva e, a loro modo di vedere, ragionevole. Una possibile spiegazione, Smolin la identifica nella speranza degli stringhisti rivolta al futuro, specialmente alle future scoperte:

Alcuni giovani stringhisti sostengono che la teoria delle stringhe, anche se dovesse fallire come unificazione definitiva, ha prodotto *spin-off* che ci consentono di comprendere meglio altre teorie. In particolare, si riferiscono alla congettura di Maldacena, discussa nel nono capitolo, che fornisce un modo per studiare certe teorie di gauge sulla base di calcoli che sono di facile esecuzione nella corrispondente teoria della gravità. Indubbiamente funziona bene per le teorie supersimmetriche, ma per poter avere attinenza con il modello standard deve funzionare bene per le teorie di gauge senza supersimmetria. In questo caso esistono altre tecniche, quindi occorre capire se la congettura di Maldacena regge bene il confronto con queste. La giuria non ha ancora emesso il verdetto.¹⁰⁹

Vale a dire che, per i teorici fedeli al modello delle stringhe, l'utilità della teoria non può essere messa in discussione dal momento che, nel peggiore dei casi, costituisce la via più breve e coerente per poter raggiungere una futura unificazione, se proprio quella tentata dallo stesso modello stringhista dovesse fallire del tutto. Una prospettiva che non viene ritenuta veritiera dagli stringhisti più convinti, rinforzati nelle loro speranze dalle recenti scoperte e da ciò

109. *Ibidem*.

che esse comportano, ovvero la dimostrazione che i nostri strumenti di ricerca sono ancora troppo limitati per poter esprimere giudizi definitivi nei confronti della natura dell'universo, all'interno del quale siamo meno di un granello di polvere o di uno stesso atomo disperso in un mare di sabbia. L'ulteriore domanda che si pongono i principali detrattori e avversari della teoria delle stringhe, a questo punto, è rappresentata da un problema che ha afflitto molte generazioni di studiosi: abbiamo davvero così bisogno di una *teoria del tutto*? Considerando il nostro livello di conoscenza e la qualità degli strumenti che possediamo, saremo veramente in grado di trovarla, ammesso che ci sia?

Cosa possiamo chiedere in futuro alla fisica?

Dopo aver analizzato lo stato della teoria, alla luce del suo passato e di tutte le conquiste che ha potuto ottenere, risulta evidente come il modello delle stringhe, nato verso la fine degli anni Sessanta, presenti notevoli difetti e insufficienti garanzie di spiegazione, secondo i canoni scientifici universalmente accettati. È altrettanto innegabile, tuttavia, come lo studio della teoria delle stringhe abbia potuto effettivamente raggiungere dei risultati assolutamente impensabili ai tempi della relatività di Einstein, quando ancora si pensava che un buco nero fosse solamente un oggetto matematico e ipotetico, ma sostanzialmente inesistente e materia felice per scrittori di fantascienza o sceneggiatori di film. Ad esempio, uno degli effetti concreti che la teoria delle stringhe ha il contributo di aver generato, è senza dubbio la ricerca spasmodica e l'utilizzo sempre più frequente degli acceleratori di particelle, come quello di Ginevra, considerato ormai uno dei più importanti al mondo per aver portato alla luce nuove sensazionali scoperte. L'utilizzo di questi strumenti ha potuto confermare l'esistenza del bosone di Higgs, una particella subatomica ritenuta

inizialmente solo un valore matematico, dimostratasi poi assolutamente reale anche se non fondamentale (gli esperti sono convinti che, date le caratteristiche del bosone di Higgs, al di sotto vi sia altro, altre particelle che ancora non abbiamo scoperto).

Non solo, all'interno degli acceleratori sono sempre più frequenti le simulazioni delle ipotetiche cause che hanno generato l'esplosione gigantesca del Big Bang, con le sue relative conseguenze per il nostro universo e per la nostra stessa esistenza sul pianeta che abitiamo. La teoria delle stringhe ha sviluppato dei nuovi modelli matematici così complessi e accurati da essere considerata la rivoluzione matematica più importante del nostro secolo, grazie alla quale è stato possibile calcolare e verificare l'entropia dei buchi neri scoperta da Hawking (teoria fra l'altro, come abbiamo detto, confermata proprio nel 2016 che rende il professor Hawking uno dei candidati favoriti per l'acquisizione del premio Nobel). Il modello più importante risulta essere senza dubbio quello portato avanti dal matematico Juan Maldacena, il quale ha posto le basi matematico-geometriche della teoria olografica dell'universo e non solo. Tuttavia, il merito principale della teoria delle stringhe consiste in quello di aver cambiato il modo di fare scienza, introducendo il concetto di ricerca dell'invisibile come un valore grazie al quale risulta possibile effettivamente scoprire qualcosa, come un magistrato che non aspetta l'evidenza del delitto prima di agire ma lo va a cercare prima che sia effettivamente compiuto. Formulare ipotesi che non possono essere immediatamente verificabili e partire da queste per raggiungere più grandi obiettivi significa voler rimettere al centro la teoria e l'intuizione universale, recuperando una metafisica genuina che la filosofia è in grado oggi di fornire. In fondo, anche se non possiamo chiaramente definire la teoria delle stringhe come un mo-

dello scientifico canonico, non potremmo definirla come una teoria filosofica che ha l'ambizione di sondare le possibilità della scienza con una buona dose di ottimismo?

Per rispondere all'ultima domanda che ci siamo posti, come vedremo principalmente nel capitolo successivo, risulta opportuno dare risposta ad un quesito che ci ha accompagnato in precedenza, ovvero se sia davvero indispensabile andare alla ricerca di una teoria del tutto, in grado di darci una visione unitaria e completa. La risposta di Stephen Hawking, in questo senso, ci aiuta a comprendere il senso del nostro percorso:

Penso che ci siano buone probabilità che lo studio dell'universo primordiale e i requisiti di consistenza matematica ci possano condurre, entro la fine del secolo, a una teoria unificata completa (sempre ammesso che non ci facciamo saltare in aria prima). Quale significato avrebbe questa nostra eventuale scoperta della teoria definitiva dell'universo? Essa metterebbe fine a un lungo e glorioso capitolo nella storia del nostro sforzo di comprendere l'universo, ma rivoluzionerebbe anche la comprensione che la gente comune ha delle leggi che lo governano. [...] Le teorie vengono continuamente modificate per tener conto di nuove osservazioni e non c'è quindi tempo perché vengano debitamente assimilate o semplificate in modo che anche la gente comune possa capirle. Per farlo bisogna essere degli specialisti, e anche in questo caso tutto ciò che si può sperare è di raggiungere una buona comprensione di una piccola parte dell'insieme delle teorie scientifiche.¹¹⁰

Una teoria del tutto, allora, merita di essere perseguita, per darci finalmente un'idea chiara e universale dell'universo che ci circonda, ma, a questo punto, dobbiamo riflettere sui metodi che è opportuno utilizzare al fine di raggiungere un obiettivo tanto complesso e faticoso. Rivo-

110. S. W. Hawking, op. cit., p. 125.

luzionare il mondo della fisica non è un gioco da ragazzi, dal momento che, in questo frangente, si dividono due differenti scuole di pensiero, due veri e propri partiti che annoverano fra di loro i migliori scienziati e studiosi del nostro tempo, consapevoli della delicatezza del momento che stiamo vivendo e delle ricerche di cui le generazioni future saranno protagoniste.

Da una parte, abbiamo alcuni come Smolin, Hawking e Randall, i quali ritengono che la teoria delle stringhe non costituisca quella rivoluzione necessaria alla fisica, dal momento che non è in grado di fornire evidenze empiriche e sperimentali di quanto afferma e che vada dunque necessariamente abbandonata; essi ritengono infatti che, sebbene sia necessario in questo secolo parlare di *Theory of everything*, sia altrettanto opportuno concentrarsi sulla possibilità di teorie realmente scientifiche, privilegiando le evidenze sperimentali che hanno fatto grande la scienza nel corso della sua storia. Dall'altra, ci sono scienziati, storici e filosofi, come Leonard Susskind, Brian Greene, Paul Davies e Carlo Rovelli, i quali sostengono che la vera rivoluzione della scienza sia introdurre la possibilità e la legittimità di sondare l'inaccessibile, recuperando anche un atteggiamento filosofico già presente nei primi pensatori della storia come Anassimandro o Democrito; atteggiamento filosofico che prescrive la capacità di meravigliarsi e di indagare l'ignoto con spirito teoretico e pratico, al fine di difendere la libertà di pensiero in tutte le sue forme.

Anche il futuro della metafisica e della filosofia come disciplina è strettamente legato alla scienza e ai suoi sviluppi metodologici, dal momento che la stessa fisica si ritrova a dover indagare un panorama talmente vasto e inesplorabile da non poter fare affidamento soltanto sull'evidenza empirica che, in questo caso, presenterebbe dei limiti notevoli e rallenterebbe la speculazione e l'arricchimento

gnoseologico. Non è un caso, infatti, che i filosofi metafisici del nostro tempo si siano interrogati sullo stesso problema, non essendo veri e propri pensatori della scienza ma, al contrario, studiosi di una branca della filosofia che viene ritenuta erroneamente da molti sepolta sotto un cumulo di libri e di polvere. Dopotutto, la stessa accusa di astrazione rivolta sia alla filosofia in generale che alla stessa teoria delle stringhe, per i suoi limiti evidenti, può essere ribaltata in un modo originale più che polemico, dal momento che “astrarre” non significherebbe altro che «concentrarsi su alcuni requisiti delle cose escludendone altri; [...] ecco ciò che a noi metafisici piacerebbe fare: predisporre un simile modello per i caratteri più generali delle cose. Quine pensa invece che un oggetto astratto sia qualcosa al di fuori dello spazio e del tempo. L’ipotesi di questo libro è che oggetti simili non esistano»¹¹¹.

Con queste parole, il filosofo metafisico David Armstrong, in un suo saggio recente pone le basi per un’indagine della realtà di cui la scienza non è l’unica depositaria; quest’ultima, infatti, deve lavorare assieme alla filosofia per poter raggiungere distanze siderali come quelle che ci sono nel nostro universo e, forse, tra gli stessi universi paralleli che abitano il megaverso ipotizzato da Greene e altri come Susskind. E se il futuro della fisica fosse proprio questo ritorno alla collaborazione tra scienza e filosofia, troppo a lungo separate e ritenute incompatibili l’una con l’altra? Dopotutto, come sostiene anche Greene, l’evidenza empirica e la capacità previsionale non sono sufficienti per scrutare i meandri del nostro universo, figuriamoci poi per degli universi differenti; dobbiamo inevitabilmente appellarci all’inaccessibile e alle ipotesi che formuliamo riguar-

111. D. M. Armstrong, *Che cos'è la metafisica*, Carocci, Roma, 2010, p. 32.

do ciò che non possiamo esperire direttamente (lavoro che, peraltro, i fisici fanno da molti anni ormai), altrimenti ricadremmo nello stesso oscurantismo dei seguaci della matrice-S, secondo i quali non è lecito indagare i misteri più reconditi della scatola nera della natura. A questo punto, il valore e l'utilità della teoria delle stringhe potrebbe ritornare ad essere positivo e protagonista, non tanto come teoria scientifica accettata, ma come teoria filosofica e matematica dai grandissimi potenziali scientifici nel tentativo di spiegare l'universo che abitiamo e di raggiungere la formulazione definitiva di quella teoria del tutto che non può essere liquidata con tanta facilità.

*Cosa può chiedere la filosofia
alla fisica?*

I. Come nasce una teoria

La necessità di porsi grandi domande

Se si vuole realmente progredire all'interno della ricerca scientifica cercando di vedere che cosa ci offre l'orizzonte al di là delle stringhe e dei loro modelli, risulta opportuno considerare cosa effettivamente si intende per teoria, sia in linea generale che in linea strettamente scientifica. Nei capitoli precedenti abbiamo affrontato da un punto di vista storico e metodologico il percorso svolto dalla teoria delle stringhe, tra dibattiti e visioni differenti tra loro, aventi loro malgrado, però, un fondamentale punto in comune: così com'è oggi, la fisica non è ancora riuscita a superare la rivoluzione einsteiniana e neppure ad entrare in una nuova fase di ricerche avanzate. Non ha saputo produrre vere e proprie teorie rivoluzionarie alla maniera della relatività generale o della meccanica quantistica, né tantomeno è riuscita a conciliare questi due modelli fondamentali della natura e tutti i fisici concordano sul fatto che non possiamo avere due modi generali diversi e in contraddizione per spiegare l'intero universo. Un discorso che se si è fatto valere per la miriade di versioni della teoria delle stringhe, deve avere valore anche per qualsiasi teoria che vogliamo costruire in futuro, a partire dalle fondamenta fino ad arrivare alla cima e a tutto ciò che ne comporta sostanzialmente.

Infatti, risulta evidente come la teoria delle stringhe, pur nella bontà dei suoi principi e dei suoi spunti, non possa costituire quella teoria del tutto che la comunità scientifica da anni va cercando, poiché non ne possiede tutte le condizioni necessarie e sufficienti; è in grado di costruire modelli matematici di grande valore e di spiegare come relatività e meccanica quantistica possano convivere insieme oppure rilevare il funzionamento delle singolarità gravitazionali, ma non è altresì in grado di dare una spiegazione coerente di altri fenomeni e, peggio ancora, di prevederne altri. Pertanto, Smolin, insieme ad altri illustri scienziati, si pone una semplice domanda: che cosa vediamo al di là delle stringhe, se pensiamo ad un universo senza stringhe? Secondo lo stesso Smolin, «troviamo una sana rinascita della teoria fondamentale studiata come si faceva un tempo – riflettendo in maniera approfondita e con grande concentrazione sulle questioni primarie, tenendo presenti gli sviluppi tanto della matematica quanto della fisica sperimentale. In tutti i settori di frontiera – la gravità quantistica, i fondamenti della fisica quantistica, la fisica delle particelle elementari e la cosmologia – si stanno sviluppando di pari passo idee nuove e audaci e nuovi esperimenti affascinanti. Queste iniziative promettono molto bene, ma se non verranno sostenute moriranno sul nascere»¹. Risulta sicuramente importante sostenere e incoraggiare nuovi modelli sperimentali, tuttavia vediamo come di anno in anno le osservazioni mettano in rilievo sempre maggiori elementi che magari non si erano sufficientemente considerati, rivelando un panorama sempre più vasto e difficile da racchiudere all'interno di un unico sistema, specialmente dal punto di vista empirico. Una

1. L. Smolin, op. cit., p. 237.

delle principali perplessità al riguardo viene affrontata da un collega e compagno dello stesso “partito” di Smolin, vale a dire il solito Stephen Hawking, il quale ritiene difficile che le risposte alle grandi domande che cerchiamo si possano effettivamente basare soltanto su modelli matematici e sperimentali, poiché non sarebbero in grado di coprire tutte le possibili varianti.

Le domande che Hawking si pone non hanno una risposta immediata. Quello che possiamo fare è stabilire quanto lontano possono andare le teorie che costruiamo e la metodologia che dobbiamo usare per costruirle in maniera efficace. Quello che non possiamo fare, però, è ignorare il fatto che ci muoviamo su un terreno terribilmente accidentato e per nulla stabile; abbiamo a che fare con grandezze tali da non poter contare sull'evidenza empirica, dal momento che non si tratta solo di spiegare le leggi di natura presenti sul nostro pianeta, ma quelle di un intero universo all'interno del quale siamo meno di un granello di polvere. Il futuro della fisica passa da qui, da come decidiamo di strutturare le nostre idee al fine di cercare di spiegare sempre più fenomeni, tenendo conto delle osservazioni e dei cambiamenti che in ogni momento possono interessare la ricerca scientifica. Il rischio di ricadere nel dogmatismo, simile a quello dei teorici della matrice-S, contro i quali lo stesso Susskind si era scagliato, è molto forte; rinunciare ad affrontare i misteri della scatola nera della natura appellandosi ad un principio discutibile di limite invalicabile, non può rappresentare una vera soluzione a ciò che stiamo cercando di affrontare e di costruire. Piuttosto, dovremmo concentrarci sulla definizione reale di che cosa deve saper spiegare una teoria, da dove nasce e come si sviluppa nel panorama scientifico e persino filosofico. Perché filosofico? Perché una delle principali sfide della filosofia contemporanea consiste proprio nell'occu-

parsi di ciò che una teoria dovrebbe spiegare e descrivere, sia a livello storico che inferenziale.

Il dibattito intorno alla spiegazione nella scienza e, in misura più larga e accurata, all'analisi sulle condizioni necessarie sufficienti e i parametri da seguire affinché possa avere luogo la costruzione di una valida teoria scientifica, muove i suoi primi passi all'incirca negli anni Quaranta del Novecento, quando una disciplina come la filosofia della scienza ha già raggiunto una valenza e un'importanza fondamentali all'interno della ricerca accademica e non solo. Dunque, se si desidera approfondire accuratamente le caratteristiche e gli avvenimenti principali che concorrono al sopraggiungere di un'articolata argomentazione in campo scientifico, risulta opportuno analizzare correttamente il funzionamento della qualità e della tipologia di ragionamento che occupa l'intero ambito disciplinare della scienza, comprese le sue fondamentali istituzioni politiche e accademiche. Più precisamente, occorre convincersi del fatto che, prima di tutto, lo scopo principale della scienza viene costituito dalla capacità esplicativa di un dato fenomeno, ovvero dalla sua quantità di spiegazione effettiva a livello previsionale. In altre parole, la spiegazione è tutto ciò che si candida a fornire informazioni precise e sostenute da leggi generali affidabili su di un particolare fenomeno e sulle sue eventuali conseguenze, in modo da poterle prevedere alla luce della capacità esplicativa che siamo in grado di ricavarne.

Tuttavia, cercare di capire che cosa significa il termine "spiegare" all'interno del dibattito scientifico non può essere considerata un'attività aliena da diverse interpretazioni e parziali difficoltà di discussione. Che cosa implica, allora, concretamente la spiegazione scientifica? Questa impegnativa questione ha accompagnato all'incirca l'intero percorso storico umano, attraverso speculazioni filoso-

fiche e intellettuali di varia natura, fino ad arrivare verso una specializzazione decisiva in quella disciplina che ora conosciamo dettagliatamente sotto la descrizione di filosofia della scienza.

La ragione esplicativa della teoria delle stringhe

Tutto questo come si coniuga con l'eventualità di una teoria del tutto, in grado di spiegare l'intera fisica del nostro universo e di unificare le leggi di natura in un unico grande sistema che le comprenda tutte quante? La natura è talmente grande e irriducibile a semplici dati statistici che una vera spiegazione scientifica dovrebbe cercare di fornire delle informazioni in più che esulino dalla semplice aderenza alla realtà empirica; questo non significa abbandonare completamente il metodo sperimentale in favore di una spiegazione maggiormente fantasiosa e senza il supporto diretto dei dati empirici, ma vuole dire accettare il fatto che la Natura possiede ordini di grandezza impossibili da ridurre ai soli esperimenti e conferme empiriche e che una teoria scientifica non può basarsi solo ed esclusivamente su quelli. Risulta necessario, dunque, cambiare il nostro approccio e includere nella costruzione delle teorie un aspetto più intuitivo che deduttivo: privilegiare un simile ragionamento non implica sostituirlo ad altri ritenuti più scientifici e accurati, ma significa rendersi conto non tanto della concezione indeterministica della natura, quanto dell'impossibilità di spiegarla efficacemente con l'ausilio solitario di previsioni deduttive limitate nel tempo ed esperimenti fedeli al metodo scientifico classico e proprio della scienza di stampo moderno. La fisica contemporanea, al contrario, ha il compito più grande, ovvero quello di adeguarsi ad una natura immensa e di poter costruire teorie generali attraverso lo studio, l'osservazione, la speculazione e, in un certo senso, la curiosità e la meraviglia

filosofica, la volontà di provare a spiegare anche ai non fisici ciò che accade sopra alle nostre teste a distanze siderali e impossibili da figurarsi.

Tornando alla teoria delle stringhe, essa potrebbe rappresentare un chiaro esempio di come è possibile che in futuro la fisica si rapporti ai grandi interrogativi di natura filosofica. Lasciando perdere per un momento la sua storia specifica e i dubbi che gravano su di essa da ormai troppi anni, entrare in un'ottica di spiegazione meno tecnica e più universale potrebbe essere un incentivo ad intensificare le ricerche nei campi meno conosciuti della scienza; questo, d'altro canto, prescriverebbe una collaborazione fra epistemologia, fisica teorica e metodologia scientifica, creando sia un nuovo modo di concepire la natura (alla luce delle scoperte che ogni giorno facciamo e che negli anni non potranno che moltiplicarsi) sia una nuova maniera di lavorare sulla natura. Se è vero che i nostri strumenti attuali non ci permettono di raggiungere un'adeguata comprensione dell'universo e di formulare quella particolare teoria del tutto che andiamo costantemente ricercando, risulta altrettanto vero come non sia opportuno fermare le ricerche in vista di un affinamento degli strumenti, dal momento che potrebbero volerci migliaia di anni e nel frattempo la nostra civiltà potrebbe anche estinguersi facilmente. Il grande dibattito e scontro di idee di cui parla lo stesso Susskind è già in atto, poiché, di fronte alle rivelazioni che incontriamo ogni giorno nella ricerca non possiamo esimerci dal constatare che è in gioco lo stesso futuro della fisica, lo stesso futuro della scienza e la sua stessa concezione abituale: una questione di scienza, ma anche di pensiero, pensiero filosofico e metodologico:

La varietà delle forme biologiche è sotto ai nostri occhi; gli oggetti astronomici sono un po' più difficili da osservare, ma

anche senza l'aiuto di un telescopio possiamo vedere pianeti, satelliti e stelle. L'immenso mare degli universi-bolla creati dall'inflazione eterna è invece schermato dal nostro orizzonte cosmico. Il problema è, naturalmente, il limite di velocità einsteiniano: se potessimo infrangerlo, non avremmo alcun problema a raggiungere gli universi-bolla e tornare indietro; potremmo navigare per l'intero megaverso. Ma, ahinoi, scavare un cunicolo spaziotemporale fino ad un universo lontano è una fantasia che viola i principi fondamentali della fisica. L'esistenza di altri universi rimane, e continuerà a rimanere, una congettura, ma una congettura dotata di potere esplicativo.²

Ora, lasciando perdere per un momento suggestioni come ponti di Einstein-Rosen o buchi neri che in realtà appaiono essere dei giganteschi portali per altri universi paralleli o contigui, ciò che sostiene Susskind, come abbiamo visto, non è del tutto corretto; ovvero, il limite di velocità einsteiniano non sarebbe assolutamente l'unico problema da affrontare se volessimo navigare e indagare i multiversi sospesi in questo immaginario megaverso: un altro problema decisivo e irrisolvibile sarebbe costituito dalle dimensioni extra che separerebbero gli universi uno dall'altro, rendendoli, *de facto*, incomunicabili. Se noi riuscissimo a superare (altra cosa teoricamente impossibile) il bordo e il confine del nostro universo o mondo-brana che dir si voglia, finiremmo intrappolati in un mare dimensionale dal quale non sapremmo assolutamente come uscire e forse non ci renderemmo nemmeno conto di esserci entrati, dal momento che lo spaziotempo sarebbe distorto a livelli inimmaginabili, paragonabili solamente al rallentamento del tempo nei pressi del terremoto gravitazionale di un buco nero. La frase che ci interessa considerare, tuttavia, dell'intervento di Susskind è tuttavia un'altra: *l'esistenza di*

2. *Ibidem.*

altri universi rimane, e continuerà a rimanere, una congettura, ma una congettura dotata di potere esplicativo. Una congettura dotata di potere esplicativo. Che cosa significa? Probabilmente dobbiamo cambiare le nostre priorità di ricerca e trovare un nuovo modo per definire una teoria di tipo scientifico, cercando di non cadere in controproducenti dogmatismi.

Quando parliamo di universo spesso non consideriamo l'imprecisione del termine che stiamo utilizzando e dimentichiamo una precisa e doverosa distinzione che non è possibile trascurare se ci riferiamo allo studio e alla spiegazione del nostro universo. Risulta opportuno, cioè, distinguere tra l'universo osservabile, ovvero l'universo che possiamo effettivamente indagare, e l'universo in generale, comprese le regioni che non abbiamo ancora osservato. Esiste un'entità più difficile da rappresentare dell'intero Universo? Eppure, «Pablo Carlos Budassi, illustratore e musicista, è riuscito a visualizzarlo con una certa efficacia. Quella che vedete è un'immagine concettuale di tutto l'Universo conosciuto, ottenuta combinando i dati delle osservazioni della Nasa con le mappe logaritmiche del cosmo elaborate dall'Università di Princeton (USA) »³.

L'universo, in linea generale, è rappresentabile come una grande sfera che racchiude tutte le galassie, le nebulose e le stelle che siamo in grado di osservare, con al centro la Terra, nostro punto di osservazione; tuttavia, si è già ipotizzato e dimostrato che quella non sarebbe altro che una porzione di universo visibile e che per altri punti dello spazio sarebbero possibili altrettante sfere con altrettanti diversi punti di vista. In teoria, «al centro del "disco" - qui ad alta risoluzione - troviamo ciò che conosciamo meglio:

3. Elisabetta Entini (2016), *Tutto l'universo in una singola immagine*, in Focus (consultato il 18/5/2016), <http://www.focus.it/scienza/spazio/tutto-luniverso-in-una-singola-immagine>.

il Sistema Solare con i pianeti interni ed esterni. Quindi la Fascia di Kuiper, la Nube di Oort, la stella Alpha Centauri, il Braccio di Perseo (il braccio più grande e meglio conosciuto della Via Lattea), la Galassia di Andromeda e le altre galassie vicine; a seguire, la "ragnatela cosmica" (uno sterminato reticolo di galassie, gas e ammassi), e un invisibile anello di plasma residuo del Big Bang»⁴. Inoltre, la rappresentazione creata da Budassi tiene conto della visualizzazione delle mappe logaritmiche dell'universo studiate e approfondite dagli studiosi e astronomi dell'Università di Princeton, che a loro volta si basano sui dati della Sloan Digital Sky Survey, una sorta di cartografia digitale del cielo che comprende almeno tre milioni di oggetti celesti. Tuttavia, anche in questo modo ci rendiamo conto della nostra dimensione ridotta nei confronti di ciò che osserviamo, dal momento che il nostro universo conosciuto potrebbe essere solo una parte di quello esistente e anche tenendo conto del solo universo osservabile non possiamo rendere conto di tutti i fenomeni che vi accadono. In breve, crediamo veramente possibile poterci basare sulle evidenze empiriche e sulla sperimentaltà per costruire le nostre teorie dell'universo se non siamo neppure in grado di poter definire cosa è osservabile e cosa no?

Sempre più fisici e scienziati si sono occupati della questione di come dobbiamo costruire una teoria scientifica nell'epoca della fisica contemporanea, ovvero quella che ha accettato la relatività e il principio di indeterminazione di Heisenberg, modificando gran parte del suo modo di lavorare e procedere; forse, ci troviamo in un'ulteriore epoca di cambiamento, dal momento che le nostre teorie classiche sembrano non essere più sufficienti per spiegare l'immensità nel quale siamo immersi, come dimostra

4. *Ibidem.*

la spasmodica ricerca di una teoria del tutto che abbia il potere di unificare tutte le leggi della fisica dell'universo che abitiamo. Tra gli studiosi più importanti è senza dubbio da rilevare il lavoro svolto da Lisa Randall, la quale si è interrogata a lungo sull'effettiva possibilità di costruire nuovi modelli e di come questi modelli dovrebbero essere costruiti nel loro dettaglio e nelle loro possibili applicazioni. È inequivocabile che il modo di fare scienza dalla fine della seconda guerra mondiale ad oggi è strutturalmente cambiato e la stessa scienza si trova a ricoprire un ruolo molto più importante e decisivo, come abbiamo visto all'inizio del primo capitolo; non si tratta, dunque, di una mera questione di metodologia, ma ci troviamo di fronte ad una vera e propria battaglia etica di ciò che la scienza ha il potere e il dovere di fare, al fine di spiegare nel miglior modo possibile gli scenari nei quali siamo inseriti noi stessi. Ora, per la Randall, il problema consiste nel fatto che, più cerchiamo di costruire modelli ordinati e deduttivi più ci rendiamo conto della varietà e del disordine dell'universo, trovandoci dunque di fronte ad un orizzonte di instabilità massimo che non lascia scampo ai nostalgici del rigore sperimentale. Ad ogni modo, il dibattito contemporaneo **all'interno della scienza è questo**

Dunque, per quale motivo, nell'ottica di questa distinzione di pensiero, la teoria delle stringhe ha potuto conquistare così tanto assenso? Dobbiamo tornare all'espressione di Susskind: la teoria delle stringhe era una magnifica *congettura esplicativa*, in grado di mettere in relazione meccanica quantistica e relatività, un esempio di come la fisica stesse cercando una teoria totale che potesse spiegare tutto quanto sotto un'unica legge. Se i modellisti erano convinti che i teorici delle stringhe vivessero in un mondo fantasioso e assurdo per nulla verificabile, a loro volta gli stringhisti ritenevano che i modellisti stessero sprecando il loro

**m a n c a
solo il
punto o
m a n c a
un pez-
zo?**

tempo cercando di basare su dati empirici sistemi talmente grandi da non essere riducibili. La matematica delle stringhe, invece, aveva il potere di portare avanti le ricerche e di fornire suggestioni e nuovi spunti di ricerca; tuttavia, «un altro gruppo di fisici decise di non perdere di vista il mondo dei fenomeni che si manifestano a energie relativamente basse, quelli che possono essere studiati sperimentalmente. [...] I fisici delle particelle – compresi eccellenti modellisti come Howard Georgi e Sheldon Glashow, insieme a molti borsisti di post-dottorato e studenti – avevano formato un drappello di uomini risoluti, fermamente intenzionati a seguire l'approccio modellistico»⁵.

La divisione ricostruita dalla Randall non è altro che la distinzione nei due attuali "partiti" della scienza che vede contrapposte due visioni riguardo il futuro della metodologia scientifica, come abbiamo già in parte accennato. Da una parte, i puristi, fedeli al modello sperimentale e ai dati empirici sui quali basare ogni tipo di teoria e, dall'altro, i pionieri della ripresa di una sorta di fisica filosofica che indagherà i misteri dell'universo attraverso ipotesi e modelli non direttamente corrispondenti alla realtà verificabile empiricamente. Se la teoria delle stringhe ha fallito nel suo proposito e non è stata confermata, ciò non significa che essa sia priva di una sua specificità o che addirittura non costituisca la base per una vera teoria unificatrice; il fatto è che, come sostengono i fisici teorici come Greene, non possiamo fare a meno di cercare una *teoria del tutto* dal momento che la vera sfida della fisica contemporanea consiste proprio in questo: conciliare relatività e meccanica quantistica in un'unica fisica generale, proposito che non potremo mai raggiungere se ci fermiamo ai dati sperimentali e alla capacità degli strumenti che possediamo attualmente.

5. *Ibidem*.

Naturalmente, esistono altri approcci diversi rispetto alle due macro-categorie che abbiamo rilevato; per esempio, il noto matematico inglese Roger Penrose aveva proposto una concezione di spaziotempo quantistico: definita come *teoria dei twistor*, essa si basa sul fatto che le condizioni di causalità sono assolutamente fondamentali, un principio che ha trovato largo seguito a partire dagli anni Sessanta. In questo caso, «gli eventi nello spaziotempo si considerano in modo opposto a quello usuale. Tradizionalmente, si reputa primario ciò che accade e secondarie le relazioni tra ciò che accade. Pertanto, gli eventi sono reali e le relazioni causali sono semplicemente proprietà degli eventi. Penrose ha scoperto che è possibile ribaltare questo punto di vista: si possono interpretare come fondamentali i processi causali elementari e poi definire gli eventi in termini di coincidenze tra processi causali»⁶. In altre parole, è possibile creare un nuovo spazio che viene costituito da tutti i raggi luce nello spaziotempo e «si può traslare tutta la fisica in questo spazio di raggi di luce. Il risultato è una struttura incredibilmente bella, che Penrose chiama spazio dei *twistor*»⁷. L'idea del matematico inglese si basa su un universo quantistico e sulla possibilità di sperimentare le ipotesi nell'arco della meccanica quantistica, tuttavia questo non riduce la possibilità che la teoria sia un buco nell'acqua così come viene ritenuto per la teoria delle stringhe. Tutto sommato, anche la teoria dei twistor risulta essere un'affascinante congettura esplicativa, degna di essere considerata e perseguita ma per nulla in linea con i canoni del procedimento scientifico classico.

Sembra inevitabile che la metodologia teorica della scienza sia costretta a riflettere sulla possibilità di affidar-

6. L. Smolin, op. cit., p. 242.

7. *Ibidem*.

si stabilmente ad un panorama di verificabilità che, man mano che procederemo con le scoperte, potrebbe diventare sempre meno possibile ed efficace; i nuovi approcci, anche alternativi alla teoria delle stringhe, presentano a loro volta molti punti interrogativi che non possono essere del tutto spiegati tramite un ragionamento deduttivo od una serie di puntuali esperimenti. Alcuni fisici, come la stessa Lisa Randall, sono fermamente convinti dei limiti di teorie come quella relativa alle stringhe, dal momento che essa «essa è definita a una scala di energia dieci milioni di miliardi più grande di quelle che possiamo esplorare sperimentalmente con i nostri strumenti attuali. Ancora non sappiamo che cosa accadrà quando l'energia dei collisori di particelle aumenterà di un fattore di dieci»⁸.

Le speranze vengono del tutto riposte nello sviluppo e nell'evoluzione degli strumenti che dovrebbero essere sempre più in grado di darci delle risposte competenti e soprattutto coerenti con i modelli che via via andiamo costruendo. Tuttavia, per questa eventualità potrebbero volerci secoli, per non dire millenni, o addirittura potrebbe non bastare l'intero tempo che abbiamo a disposizione da un punto di vista cosmico per basare la bontà delle nostre teorie su una verificabilità empirica. Nel frattempo, la ricerca scientifica deve inevitabilmente arenarsi? Dobbiamo cioè darci per vinti e non indagare ulteriormente i misteri del cosmo? Il dibattito rischia di farsi sempre più complesso se non ci mettiamo nell'ordine di idee che se cerchiamo di spiegare l'universo, tenendo conto delle sue dimensioni e della possibilità che non sia nemmeno l'unico esistente, saremmo tenuti ad affidarci sempre di più a congetture esplicative non direttamente dimostrabili da un punto di vista sperimentale.

8. L. Randall, op. cit., p. 82.

Questo, d'altro canto, non significa rinunciare ad un rigore teorico e scientifico, dal momento che non ci troveremmo a dover sostituire laboratori e acceleratori con manuali di fantascienza e pittoresche convention come il Comic-on o il festival del fumetto di Lucca, bensì accettare la consapevolezza di dover utilizzare ipotesi e contro-ipotesi che tengano conto delle osservazioni e dell'intero panorama ma senza avere un grado elevato di verificabilità. Ed è qui che, secondo molti teorici e scienziati, deve rientrare in gioco anche la filosofia intesa come responsabilità e sfida di conoscenza, come vedremo più avanti. Del resto, già nel primo Novecento con la spaccatura dell'atomo teorizzata e poi dimostrata da Plank, il modo di fare scienza si è trasformato in quella che noi ora chiamiamo fisica contemporanea.

Al di là del fatto che la relatività viene costantemente verificata e resa corretta da sempre un maggior numero di osservazioni e rivelazioni, il passo di Greene ci introduce in quello che lui stesso definisce la teoria dell'inaccessibile, ovvero da un sistema teorico di ipotesi non direttamente verificate su cui tuttavia la ricerca scientifica deve basarsi per poter raggiungere alcuni risultati importanti ed evoluzioni considerevoli del suo stesso modo di pensare. I teorici della matrice-S rabbrivirebbero al solo pensiero di una simile eventualità probabilmente; ma qui ci troviamo di fronte al futuro immediato della fisica teorica e dell'intera ricerca scientifica e non possiamo assolutamente permetterci di fermarci. Abbiamo la responsabilità, cioè, di entrare in un'ottica di metafisica ragionata e controllata, uno studio teorico e approfondito, supportato da accurate equazioni matematiche e modelli teorici di tutto rispetto, ma che non possono decisamente essere verificati nell'immediato e confutati sulla base di esperimenti datati o, ancora peggio, ragionamenti retrogradi e oscurantisti rifa-

centi ad una tradizione di cui ormai la maggior parte degli addetti ai lavori si è dimenticata. In questo quadro, dobbiamo recuperare la stessa teoria delle stringhe come una teoria filosofico-teorica dal valore scientifico e dai possibili spunti di arricchimento teorico, matematico ed esplicativo secondo la definizione già utilizzata da Leonard Susskind.

II. Previsioni o divinazioni?

bisogna citare qualcuno
che sostiene questa tesi?

Come funziona realmente la scienza

La scienza non funziona esattamente come la descrive Thomas Kuhn nel suo celebre testo *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*. Non possiamo infatti raggruppare tutti i casi di capovolgimenti teorici in un unico processo evolutivo con quelle caratteristiche, almeno non per quanto riguarda la fisica del Novecento e quella che stiamo provando a costruire oggi.

Se consideriamo, infatti, la storia della teoria delle stringhe e del suo sviluppo, ci rendiamo conto di come non possa essere considerata un vero e proprio paradigma, pur essendo ancora studiata e approfondita da diversi scienziati. Essa non è in grado di risolvere le anomalie che si sono man mano moltiplicate nel corso della sua formulazione, né tantomeno di adattarsi a tutte le osservazioni della natura. Inoltre, non è in grado di fornire quelle risposte che aveva promesso di regalare agli studiosi più accaniti e di effettuare alcuna previsione riguardo il comportamento delle particelle subatomiche.

A questo punto, secondo il modello kuhniano dovrebbe essere finita nel dimenticatoio già da tempo ed essere sostituita da un paradigma alternativo ed esplicativo; eppure, la teoria delle stringhe rimane in piedi e continua la

sua attività di studio tra polemiche e perplessità, ma non ha cessato di convincere alcuni fisici della bontà del suo procedimento. Non va dimenticato, poi, che i modelli alternativi alla stessa teoria delle stringhe non risolvono pienamente le anomalie che sono sopraggiunte nel frattempo e non possono dare un'effettiva spiegazione di alcune contraddizioni emergenti più si procede in profondità nell'analisi del cosmo. Il guaio è che non esiste una teoria alternativa efficace e che soddisfi i requisiti classici delle teorie scientifiche come la sperimentabilità, l'aderenza empirica e la capacità previsionale dei fenomeni che studia: non esiste, cioè, al momento un'altra *teoria del tutto* che possa oscurare definitivamente le stringhe e il loro universo matematico. Si potrebbe, tuttavia, obiettare che, in realtà, il vero e autentico paradigma solido e accettato universalmente sia costituito dalla relatività di Einstein che dura ormai da più di un secolo e che registra costantemente conferme empiriche di natura straordinaria e convincente; anche in questo modo però ci dimenticheremmo dell'importanza della meccanica quantistica, un modello che resiste quasi da altrettanto tempo e che risulta confermato da calcoli e misurazioni, nonché dal lavoro degli acceleratori di particelle come il CERN di Ginevra: in questo modo avremmo due paradigmi paralleli che si ostacolano a vicenda, dal momento che descrivono sostanzialmente due fisiche differenti, ma che sono accettati universalmente dall'intera comunità scientifica.

La sfida principale della scienza contemporanea, come abbiamo più volte ribadito, è rappresentata dall'unificazione di questi due modelli fondamentali sotto un'unica legge che li motivi e li espliciti in maniera chiara e assoluta. In questo senso, forse, siamo ancora alla ricerca di un vero e proprio paradigma e viviamo all'interno di una rivoluzione incompleta, non ancora compiuta nella sua effettiva

realizzazione, come sostiene da molti anni ormai lo stesso Smolin, deluso dall'inconcludenza apparente della sua generazione. Questo è uno dei principali motivi per cui si è registrata una divisione netta tra le due scuole di pensiero di cui abbiamo già accennato, dal momento che esse prescrivono due maniere differenti per uscire da questa **fondamentale** impasse, alla luce delle nuove scoperte e delle nuove teorie emergenti. **"non secondarie"**

Se si considera il passato della fisica, anche quello più recente, non può sfuggirci un fattore di riflessione piuttosto importante: «quando alla fine viene proposta, la teoria giusta arriva rapidamente a trionfare. Le poche idee davvero buone sull'unificazione compaiono in una forma convincente, semplice e diversa da tutte le altre; non sono accompagnate da un elenco di alternative, o di caratteristiche modificabili. La meccanica di Newton è definita da tre leggi semplici, la gravità newtoniana da una semplice formula con una sola costante. La relatività speciale era completa alla prima formulazione. La meccanica quantistica, anche se la sua formulazione completa ha richiesto venticinque anni di lavoro, è stata sviluppata sin dagli inizi di concerto con gli esperimenti»¹. Secondo questo ragionamento, la teoria di unificazione definitiva non è ancora stata formulata, ma siamo solamente in attesa che essa si riveli e che siamo in grado di esplicitarla tramite misurazione ed esperimenti.

Tuttavia, siamo sicuri che tutto ciò possa bastare? Se analizziamo correttamente, ad esempio, sia la relatività che la meccanica quantistica troveremo molte teorie e principi che si basano su congetture e ipotesi matematiche assolutamente indimostrate e ancora indimostrabili con gli attuali strumenti. I ponti di Einstein-Rosen, meglio conosciuti

1. L. Smolin, op. cit., p. 254.

come tunnel spaziotemporali e abusati nella fantascienza di vecchia e nuova generazione, sono un risultato di equazioni della relatività generale implicanti la possibilità dell'esistenza di tunnel gravitazionali in grado di metterci in comunicazione con una regione dello spazio ad una distanza in ordine di anni luce. Quanti ne sono stati osservati finora? Nemmeno uno. Eppure, neanche dei buchi neri avevamo notizia fino agli anni Sessanta e nemmeno delle onde gravitazionali, quindi avremmo dovuto concludere che non esistevano, sbagliando clamorosamente per obbedire ad un'uniformità di natura che ci avrebbe fatto perdere molto tempo. Per uniformità di natura qui intendiamo solamente l'eccessiva dipendenza da dati empirici fattuali e sperimentali della scienza cosiddetta tradizionale e non certo la feroce critica al concetto di causalità del filosofo scozzese David Hume; anche se, è bene precisare che una dipendenza elevata dall'analisi di fenomeni che si realizzano in un certo modo potrebbe senz'altro renderci più ciechi di fronte alla variabilità del nostro universo e dalle continue novità che in esso vi troviamo.

La scienza sviluppa teorie complesse e dotate di grande valore e potere esplicativo sulla base di osservazioni ed equazioni matematiche che tuttavia non possono essere verificate in tempo reale, le quali perderebbero il loro status di teorie scientifiche se le misurassimo col metro infallibile della verificabilità tanto cara anche agli epistemologi del circolo di Vienna. Tutto ciò, d'altra parte, non vuol dire nemmeno dare credito a qualunque teoria strampalata che ci possa venire in mente, ma vuol dire avere un concetto di scienza meno flessibile e più concettuale, capace di attraversare lo spazio interstellare e raggiungere buchi neri lontanissimi con la sola forza della mente, cosa che i nostri strumenti ancora non sono in grado di fare. In altre parole, significa concepire la scienza come qualcosa di concettuale

e, in misura teorica, anche di filosofico, in grado cioè di misurare la natura anche da un punto di vista dell'inaccessibile, senza avere paura di sbagliare o di incappare in complesse e surreali speculazioni. Il tema comune che possiamo riscontrare in questa specifica analisi, consiste nel fatto che «il successo di una teoria può essere usato come giustificazione a posteriori della sua architettura di base, anche se questa continua a essere inaccessibile. È una pratica talmente diffusa nell'esperienza quotidiana dei fisici teorici che il linguaggio usato e le domande poste fanno regolarmente riferimento, senza la minima esitazione, a cose che sono a dir poco molto meno accessibili di un tavolo o di una sedia e di cui, in alcuni casi, non potremo mai avere un'esperienza diretta»².

La scienza e i suoi partiti

Naturalmente, non dobbiamo dimenticare che questo discorso può essere soggetto ad interpretazioni differenti, interpretazioni che, ancora prima della divisione partitica all'interno della scienza degli ultimi anni, avevano gettato le basi per due metodi diversi di considerare l'intera questione. Il primo di questi, risulta essere senza dubbio l'approccio dei cosiddetti *realisti*, per i quali grazie alle teorie matematiche è possibile comprendere realmente la struttura della realtà e i suoi effettivi fenomeni caratterizzanti; il secondo, al contrario, viene rappresentato dalla visione degli *strumentalisti* o *anti-realisti* (testi di epistemologia o di storia della scienza come quello di Samir Okasha riportano il termine anti-realisti, inteso come scuola di pensiero opposta alla visione realista), convinti dell'impossibilità di poter descrivere precisamente e letteralmente la realtà, nonostante la possibilità che la teoria sia in grado di fornire

2. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 214.

un mezzo per prevedere che cosa effettivamente i nostri strumenti dovrebbero analizzare.

Il dibattito intorno a queste due categorie è ricco e variegato, nonché storicamente ben inserito e delineato; infatti, di decennio in decennio di discussioni impegnative, i filosofi della scienza si sono occupati in vari modi di questi punti di vista e altri collegati. Sia che ci poniamo dalla parte di un realista o di uno strumentalista, appare evidente come il panorama scientifico sia da diversi anni impegnato nel settore dell'inaccessibilità e che, anzi, abbia fatto della stessa inaccessibilità materia di discussione e di studio, nonché di avanzate ricerche teoriche e matematiche. Non può stupire, dunque, lo stato così dibattuto del modo di fare scienza relativo agli ultimi anni, poiché esso deriva in larga parte dalle questioni che fisici già contemporanei dello stesso Einstein avevano messo in piedi e suscitato all'interno della comunità scientifica. Inoltre, quando decidiamo di adoperare la costruzione di una teoria per analizzare accuratamente i fenomeni che quella stessa teoria implica, ci rendiamo conto degli altri livelli di inaccessibilità che sopraggiungono: i buchi neri, per esempio, emergono «dalle equazioni della relatività generale e le osservazioni astronomiche hanno dimostrato non solo che esistono, ma anche che sono piuttosto comuni. Però l'interno di un buco nero è un ambiente sconosciuto. Secondo le equazioni di Einstein, il bordo del buco nero, il suo orizzonte degli eventi, è una superficie "a senso unico": dopo averlo attraversato, non è più possibile tornare indietro»³.

Ciò significa che, per noi che viviamo all'esterno del buco nero, non sarà mai possibile poter osservare l'interno sia da un punto di vista empirico che da un punto di vista *relativistico*, in accordo con le leggi descritte da Einstein; ciò

3. *Ibidem*.

non toglie, però, che l'interno del buco nero noi lo consideriamo reale, anche senza vederlo o misurarlo concretamente. Facciamo uso dell'inaccessibile come da anni fa la scienza, anche quando è nata la stessa fisica teorica di cui stiamo discutendo. La relatività generale e la stessa meccanica quantistica prevedono luoghi che non possiamo esplorare direttamente né osservare in maniera chiara, ma non per questo decretiamo irreali ciò che esse descrivono. Il fatto, poi, che esse siano teorie in grado di fare previsioni riguardo ai fenomeni che descrivono rispetto alla teoria delle stringhe è qualcosa di secondario, poiché sia la relatività che la meccanica quantistica possiedono elementi che non sono in grado di dimostrare empiricamente e, soprattutto, non sono strutturalmente conciliabili, ma necessitano di una teoria che le coinvolga entrambe in maniera armonica.

Inoltre, come sottolineato dallo stesso Brian Greene (il quale si dichiara apertamente favorevole all'approccio realista), durante le formulazioni iniziali sia di Einstein che di Schrödinger o dello stesso Heisenberg era fondamentalmente presente un grado di consapevolezza dell'inaccessibile, dal momento che tutti questi scienziati avevano soltanto una vaga idea speculativa di ciò che stavano andando ad indagare. Questo aspetto li ha forse fermati? No, assolutamente. In questo senso, hanno seguito lo stesso esempio di un altro grande studioso come Faraday, considerato il padre del magnetismo poi convertito nelle leggi dell'elettromagnetismo descritte dalle equazioni di James Clerk Maxwell: Faraday non poteva in alcun modo vedere concretamente le linee di forza del campo magnetico, pur tuttavia se le era figurate in via inferenziale e intellettuale, fornendo uno dei passi più avanzati di tutta la scienza moderna e un autentico passaggio verso la scienza contemporanea. Studiosi, scienziati, ricercatori e, in misura

rilevante, anche filosofi, che hanno avuto a che fare con il concetto di inaccessibilità ricavandone una precisa ricerca scientifica e non un ostacolo metodologico controproducente per la scienza stessa; ne avevano cioè fatto una risorsa euristica ed esplicativa, cambiando implicitamente la maniera di fare scienza, accettando di fatto le dimensioni straordinarie che sia l'universo macroscopico che quello microscopico descrivono.

Per poter accordare, dunque, fiducia e valore ad una teoria non occorre pretendere presuntuosamente che ogni sua caratteristica sia immediatamente verificabile, ma ricordare che risulta sufficiente possedere previsioni e osservazioni confermate che forniscano spunti interessanti e avanzamenti di conoscenza. In questo modo, diventerebbe anche possibile «raccolgere prove convincenti a favore di una teoria che presuppone l'esistenza di un multiverso anche se non possiamo ottenere prove dirette dell'esistenza di altri universi oltre al nostro. Se le prove sperimentali e osservative a sostegno della teoria ci obbligano ad adottarla, e se la teoria si fonda su una struttura matematica tanto rigorosa da rendere impossibile una scelta selettiva delle caratteristiche, allora dobbiamo accettarla per intero. E se la teoria implica l'esistenza di altri universi, questa è la realtà che la teoria ci chiede di accettare»⁴. In linea di principio, non possiamo scartare teorie come quella dei multiversi o la stessa teoria delle stringhe in base ad un'esigenza di verificabilità che risulta fallibile per ogni teoria universalmente costituita.

Come sarebbe difficile poter descrivere in maniera empirica un multiverso a bolle, dove ciascuna bolla costituisce un universo a sé stante e con leggi proprie! Eppure, dobbiamo rinunciare a ipotizzare un simile scenario solo

4. Ivi, p. 216.

perché ci fa paura o non possiamo in nessun modo dimostrarlo? E se ci fossero una miriade di equazioni ragionate e derivate che lo implicassero diremmo a priori che è tutto falso e inconcepibile? Ci rendiamo conto del fatto che l'universo è troppo grande per poter essere descritto sperimentalmente ed empiricamente, pertanto non possiamo precluderci la possibilità di costruire teorie esplicative e affascinanti e di indagarci sopra al fine di accrescere la nostra conoscenza. Potrebbe anche essere possibile che, durante il passare del tempo, i nostri strumenti si possano perfezionare ad un livello tale da poter verificare poi anche empiricamente una teoria come quella delle stringhe, ma attualmente non possiamo porci il problema, bensì dobbiamo considerare un aspetto molto più importante: come possiamo cambiare la nostra idea di scienza per far fronte alle scoperte future?

La teoria delle stringhe non può essere definita scientifica secondo la metodologia tradizionale, ma può essere definita *teoria congetturale esplicativa* nella nuova idea di scienza che molti scienziati come Greene hanno intenzione di realizzare per giungere alla formulazione della teoria del tutto. Potrebbe volerci molto tempo, potremmo anche non vivere abbastanza per arrivarci effettivamente, tuttavia riscontriamo come teorie al pari di quella delle stringhe siano protagoniste nell'arricchire la nostra conoscenza dell'universo e a darci nuovi spunti di indagine e riflessione. La teoria delle stringhe va considerata e recuperata come teoria congetturale e filosofica da un punto di vista teorico e non va giudicata secondo i canoni sperimentali e verificabili; in questo modo, non solo il suo valore acquista un'utilità che nemmeno prima poteva sperare di avere, ma costituisce uno dei più grandi esempi di come dobbiamo concepire la scienza oggi, anche alla luce delle ricerche passate. Gli scettici, a questo punto, possono ancora obiettare

che questo modo di vedere la questione rappresenterebbe di fatto una resa e la presa di coscienza di un fallimento nella descrizione scientifica dell'universo e la fine di ogni possibile rivoluzione scientifica; una paura che colpisce lo stesso Smolin, quando si chiede che cosa la sua generazione potrà lasciare in eredità ai fisici più giovani e interessati a percorrere la carriera di scienziati. Il punto reale, tuttavia, non è affatto questo, dal momento che è presente un'eventualità ancora peggiore di quella precedente: supponiamo di affidarci solamente alle previsioni e agli indici di verificabilità delle nostre teorie riguardo l'universo e anche dei possibili multiversi paralleli e non; se queste previsioni risultassero impossibili da compiere o si dimostrassero errate di fronte alla vastità ed incommensurabilità del cosmo, cosa dovremmo fare? Fermarci? Abbandonare la ricerca? Rischieremo di stare fermi per troppo tempo, quando potremmo più ragionevolmente accettare la nostra condizione empirica e costruire teorie che possano abbracciare in maniera più universale anche se meno sperimentale ciò che vogliamo descrivere. Siamo davvero convinti che tutto ciò vorrebbe dire ridurre il dibattito scientifico alla scelta tra una previsione o una divinazione dettata da una palla di cristallo?

A questo proposito, in riferimento alla divisione partitica della scienza che abbiamo affrontato da un punto di vista storico e critico, Lee Smolin si cimenta in una sua particolare caratterizzazione categorica, la quale si situa esattamente in mezzo tra la contrapposizione realista-antirealista e purista-congetturale che abbiamo cercato di delineare in queste pagine e lo fa non perdendo di vista che cosa la scienza è stata, sia negli ultimi anni che durante la rivoluzione einsteiniana. Secondo il fisico americano, un primo chiaro esempio di come la scienza lavori diversamente da quanto aveva ipotizzato Kuhn nel suo testo controverso,

è sicuramente rappresentato dal lavoro di Einstein e dalle sue ricerche tra il filosofico e lo scientifico in senso strutturale. Il punto che ci interessa, tuttavia, è l'idea che, a seconda del momento storico (ovvero se siamo in procinto di una rivoluzione scientifica oppure no) la scienza abbia bisogno di due tipologie di individui che intraprendono le ricerche specifiche, quelli che Smolin definisce, da una parte, *artigiani* e, dall'altra, *veggenti*:

I mastri artigiani e i veggenti arrivano alla scienza per ragioni diverse. I primi per lo più, entrano nella scienza avendo scoperto il proprio talento sin dagli anni della scuola. Di solito sono gli studenti migliori dei corsi di matematica e fisica, delle scuole superiori fino all'università, dove finalmente incontrano i loro pari. Sono sempre stati capaci di risolvere problemi di matematica più velocemente e meglio e meglio dei loro compagni, così che quel che tendono ad apprezzare negli altri scienziati è il *problem solving*. I veggenti sono molto diversi. Sono sognatori; entrano nella scienza perché si interrogano sulla natura dell'esistenza senza trovare le risposte sui libri di testo. Se non fossero scienziati potrebbero essere artisti, o scrittori, oppure potrebbero finire alla facoltà di Teologia. Non c'è da stupirsi se questi due gruppi si fraintendono e si sospettano a vicenda.⁵

Dunque, secondo Smolin, la divisione kuhniana in scienza normale e scienza rivoluzionaria darebbe luogo a queste due differenti figure di studiosi, due categorie fondamentali ed esplicative di come lavora realmente la scienza. Da questa disamina sembrerebbe che lo stesso Smolin voglia schierarsi con il partito di Greene e degli inseguitori dell'inaccessibile, anche se sottolinea come la competenza tecnica e l'aderenza sperimentale siano indispensabili per raggiungere autentici risultati; egli, infatti, è più

5. *Ibidem*.

propenso ad una sintesi delle due visioni contrapposte, le quali non sarebbero poi così antitetiche come potremmo pensare. Quello che ci suggerisce, allora, rappresenta maggiormente una caratterizzazione storica e di contesto, che deve tenere conto sia dell'epoca che dell'importanza della tecnica e degli strumenti senza i quali non è possibile operare una vera e propria ricerca scientifica. Smolin dimostra di ammirare profondamente i cosiddetti veggenti, ma sostanzialmente rimane fermo sulle proprie posizioni: un veggente, seppur geniale e ambizioso, non potrà mai raggiungere autentici risultati senza l'aiuto fondamentale della tecnica. Dunque, uno studioso del multiverso o degli universi paralleli al pari di Greene non è da considerarsi un autentico veggente, dal momento che lavora solamente con la speculazione e non secondo la visione empirico-sperimentale che la scienza deve in ogni caso mantenere.

Chi sono i Veggenti?

Generalmente, i veggenti sono quelli che condannano fortemente l'assenza di considerazione da parte della fisica degli insegnamenti storici e filosofici, assenza che implica la perdita di vista di alcune delle radici peculiari della loro stessa materia. Storicamente parlando, secondo l'ottica di Smolin, durante i periodi che Kuhn ha definito di *scienza normale* risulta essere più utile l'apporto degli artigiani e degli specialisti della materia da un punto di vista tecnico; al contrario, durante quelle fasi di preludio e di attuazione delle rivoluzioni scientifiche è assolutamente necessario l'intervento dei veggenti, i quali possiedono l'ambizione di voler scrutare l'oscurità per arrivare poi a penetrarla. In altre parole, gli uni e gli altri rappresentano due modi distinti di fare scienza che devono collaborare insieme e dividersi i compiti a seconda del momento storico e del contesto nel quale ci troviamo ad essere.

Smolin, tuttavia, dimostra la sua evidente perplessità nel considerare come sostanzialmente il nostro approccio alla scienza non vada messo in discussione e, anzi, venga riportato verso una competenza tecnica senza la quale non risulta possibile poter avanzare significativamente nella ricerca. Per un deluso come lui della teoria delle stringhe non è possibile impostare il nostro discorso relativo alla scienza alla sola maniera dei veggenti, poiché essi, senza la tecnica sono solo dei visionari indovini senza alcuna possibilità autentica d'esplicazione. Per quale motivo personaggi come Planck, Bohr, Einstein, Shrödinger e lo stesso Heisenberg hanno potuto rivoluzionare il mondo della scienza con le loro teorie e dare inizio a quella rivoluzione che ancora oggi definiamo incompiuta? Perché possedevano un background di tecnica alla base e una grande dose di *veggenza* dall'altra parte; non si sono limitati, cioè, a voler avanzare teorie rivoluzionarie e surreali per l'epoca, come la relatività generale, ma hanno tenuto conto della verificabilità delle proprie affermazioni, senza dimenticare l'importanza della tecnica e delle sue effettive possibilità.

In realtà, ancora oggi molte conseguenze, sia della relatività che della meccanica quantistica, non sono state dimostrate e vengono addirittura definite indimostrabili, ma non per questo le consideriamo false o meno vere delle altre; ciò che non funziona nel ragionamento di Smolin è voler tenere i piedi in due staffe, rimanendo fedele ad un modo di vedere la scienza prettamente classico ma insistendo nella proposta di tenere in maggior considerazione il lavoro dei *veggenti*. Un punto cruciale viene rappresentato dal ruolo svolto dagli stringhisti, i quali non possono definirsi autenticamente dei veggenti. Per quale motivo non possono? Cose come «i *wormholes*, le dimensioni extra e il multiverso non sono forse idee degne di un veggente? Sì, certo, ma il punto non è questo. La domanda è: qual

è il contesto? E quali sono le idee essenziali? Le dimensioni nascoste e i *wormholes* non sono certo una novità a più di tre quarti di secolo di distanza da Kaluza e Klein. Né ci vuole una grande preveggenza o un grande coraggio per riflettere su questi argomenti quando centinaia di persone stanno facendo le stesse riflessioni»⁶.

Questo può essere vero ma, seguendo ad esempio il ragionamento di Greene, non risulta assolutamente facile riflettere sulla possibilità dell'esistenza di un multiverso o di più universi. Lo dimostra il fatto che la maggior parte delle persone è anche solo spaventata da un'eventualità simile e non si ferma nemmeno a discuterne seriamente. Inoltre, un lavoro come quello di Maldacena e le sue equazioni basate sull'idea di un universo olografico rappresentano davvero qualcosa di rivoluzionario, qualcosa che ha il potere di cambiare il modo stesso di studiare la scienza e lo stesso universo. In poche parole, parlare di tunnel spaziotemporali o di stringhe, o addirittura di multiversi, non è per tutti. Lo dimostra anche la tabella dei possibili multiversi ipotizzata da Greene e l'efficacia esplicativa di queste teorie nei confronti di forze e particelle.

Ad ogni modo, il fatto che Smolin voglia dimostrare la sua comprensione nei confronti dei veggenti è dimostrata dal fatto che, immediatamente dopo essersi espresso nei confronti della teoria delle stringhe da lui stesso studiata, non esita a ribadire come sia un'illusione pensare che i problemi fondazionali della scienza possano essere risolti appellandosi solamente agli artigiani e alla tecnica, apparendo in contraddizione con quanto espresso poco prima. La tecnica non va dimenticata ma non è tutto, vuole in pratica dirci Smolin; possiamo allora considerarlo un realista-veggenge convinto? Non del tutto, dal momento che l'uso

6. L. Smolin, op. cit., p. 311.

fondamentale di previsioni ed esperimenti rimane per lui un punto forte sul quale insistere costantemente, anche se a volte risulta non essere sufficiente. Smolin, dunque, finisce per considerare come i veggenti vadano tutto sommato ascoltati, ma non si allinea assolutamente con il pensiero di Greene e Susskind, ovvero della scienza congetturale e concettuale: i veggenti non potrebbero assolutamente lavorare senza le basi tecniche e il limite è semmai riscontrabile nel poco coraggio e nella poca originalità, non tanto in una questione di metodo ma di abilità cognitiva.

Pertanto, se stringhisti, teorici del multiverso, seguaci dell'universo olografico di Maldacena non sono da considerarsi veggenti, chi sono i veggenti? E dove lavorano? Sono i fisici visionari come Seth Lloyd del MIT, visionario operante nel settore della computazione quantistica e sostenitore di un modello di universo come una sorta di immenso computer; più precisamente, «nelle loro rispettive discipline, Markopoulou e Lloyd hanno guidato un movimento che utilizza alcune idee della teoria quantistica dell'informazione per concettualizzare in modo nuovo l'universo, in modo tale da comprendere come dallo spaziotempo quantistico possano emergere le particelle elementari»⁷. Altri sono sicuramente Roger Penrose, Gerard 't Hooft, ma soprattutto uno studioso come Julian Barbour, il quale nel suo testo *La fine del tempo* sostiene sostanzialmente che il tempo non è altro che un'illusione; il libro e le argomentazioni di Barbour sono diventati così popolari da rasentare l'incredibilità assoluta, dal momento che è stato possibile rileggere la relatività di Einstein da un punto di vista estremamente rivoluzionario e visionario. Di fatto, «per arrivare a comprendere il significato della relatività generale, Barbour si dedicò a una lettura appro-

7. Ivi, p. 316.

fondita della letteratura sull'argomento, ripercorrendo la storia della fisica e della filosofia. Alla fine, riuscì a ideare un nuovo tipo di teoria, in cui lo spazio e il tempo non sono altro che un sistema di relazioni»⁸.

Si vede bene come l'obiezione riservata da Smolin ai teorici delle stringhe possa essere tranquillamente utilizzata anche per uno come Barbour e i suoi particolari lavori, ma questo ridurrebbe il nostro dibattito ad un' infantile ricerca di chi è più veggente legittimo dell'altro. Il contesto di Barbour è la relatività e la concezione temporale che recupera persino alcune nozioni dell'universo newtoniano e il contesto delle stringhe è la relatività insieme con la meccanica quantistica; cos'hanno in comune? Sono entrambe teorie complesse che seguono un preciso cammino congetturale senza poter effettivamente dimostrare appieno ciò che prescrivono. Smolin immagina un mondo senza stringhe, noi vogliamo immaginare un mondo che guarda alle teorie delle stringhe e a tutte le altre come risorse possibili di conoscenza e di arricchimento osservativo, altrimenti non avrebbe valore ciò che giustamente sostiene lo stesso Smolin in merito alla comunità scientifica e alla sua *manodopera* relativamente ai veggenti. Forse, tuttavia, più che aspettarli o isolarli sarebbe opportuno unificare la maniera di fare scienza, senza esasperare questa divisione specifica di vedute che sconfinava in dibattiti al limite dell'opportuno. Certo, questo permette una grande mobilità nella scienza di ricerche e teorie varie, ma sterilizza la proficuità di un settore che potrebbe rendere molto di più al servizio dell'umana conoscenza, se accettasse di essere quello che è di fronte alla vastità dell'universo e dei suoi componenti. Dobbiamo rivolgerci all'inaccessibile non con paura o dogmatismo ma con voglia di sapere e di svelare, magari

8. *Ibidem*.

ipotizzando già qualcosa per poi andare effettivamente a cercarlo; potremmo non trovarlo mai, ma ne sarà comunque valsa la pena, dal momento che avremo arricchito il nostro pensiero e il nostro modo di ragionare.

Ben vengano, dunque, i veggenti, ben vengano i visionari, come i teorici delle stringhe o dei multiversi, per far sì che la scienza si inserisca veramente in una volontà di affrontare i misteri che di anno in anno vediamo moltiplicarsi. Cerchiamo di non cadere in una diatriba simile a quella in cui sono caduti gli storici della scienza attribuendo erroneamente ad un personaggio come Bacone una critica sostanziale a coloro che utilizzavano la mente e il ragionamento per la ricerca scientifica. Grazie allo studio dell'aforisma numero 95 contenuto nel primo libro del *Novum organum* segnalato da professori come Adolf Grünbaum e Ernan McMullin, oggi possiamo avere chiaro che cosa intendesse veramente Bacone. Lo storico della scienza Paolo Rossi, del resto, sostiene che «in quel celebre aforisma (restato del tutto ignoto ai popperiani) Bacone prende infatti decisamente posizione proprio contro coloro che si limitano a raccogliere fatti senza essere guidati da una qualche teoria. Bacone non divide affatto gli uomini nelle due categorie degli *openminded* e dei *superstitious* inventate dalla fertile mente di Joseph Agassi. Li divide in due classi: quella degli Empirici o accumulatori e consumatori di fatti che sono simili alle formiche; quella dei Razionali o elaboratori di teorie ricavate solo dall'interno della mente che sono simili ai ragni»⁹. Bacone, secondo Rossi, è più propenso a cercare una via mediana, proprio come tenta di fare Smolin con i suoi veggenti e i suoi artigiani, poiché «l'attività vera (*opificium*) della filosofia non riposa soltanto

9. P. Rossi, *I ragni e le formiche. Un'apologia della storia della scienza*, Il Mulino, Bologna, 1986, p. 103.

o principalmente nelle forze della mente, né consiste nel ricavare materiale dalla storia naturale e degli esperimenti meccanici per conservarlo nella memoria intatti, così come lo trova. Come le api, la vera filosofia segue una via mediana: ricava il suo materiale dai fiori dei giardini e dei campi, ma lo trasforma e lo digerisce con l'intelletto»¹⁰.

Dunque, né i ragni con le loro ragnatele improduttive e controproducenti e nemmeno le formiche con il loro rigore assoluto e miope, ma le api lungimiranti e sagge; la scienza deve avere il coraggio di entrare in una nuova ottica di pensiero dove teorie come le stringhe o i multiversi possano avere valore, dal momento che sono sorrette da principi matematici e teorici di grande rilevanza e non sono divinizioni fantasiose. E nemmeno i veggenti visionari o gli artigiani scrupolosi di Smolin: la scienza deve prendersi la responsabilità di condurre i *tecnologi*, ovvero coloro che considerano l'attività scientifica sotto l'unico punto di vista della materia empirica e sperimentale, allo stesso tavolo dei *cosmologi*, ovvero coloro che hanno il coraggio di alzare gli occhi e di scrutare il cosmo alla ricerca della verità con la forza della mente e della meraviglia. Un tavolo comune, un lavoro comune, non più una divisione netta di categorie e punti di vista in un dibattito che, tutto sommato, ha arricchito la scienza stessa da un punto di vista metodologico; un lavoro comune per realizzare finalmente quella rivoluzione scientifica che studiosi come Einstein auspicavano già cent'anni fa, con lo scopo di vincere le grandi sfide che la fisica contemporanea ci sottopone ogni giorno. Per fare questo, cosa manca concretamente alla scienza di oggi?

10. *Ibidem*.

III. Gli ingranaggi della macchina scienza

Il principio antropico tra scienza e filosofia

Il principio antropico rappresenta un vero problema metodologico e cognitivo. Non soltanto perché risulta essere una convinzione del tutto indimostrabile, ma perché non può essere considerato un vero e proprio proponimento scientifico nel vero senso della parola. Eppure, come mai molti fisici e scienziati sono motivati nelle loro ricerche da una convinzione simile? Il principio antropico è chiaramente un assunto filosofico aprioristico e, in un certo senso, anche *sintetico*, dal momento che prescrive la presenza di indizi precisi all'interno della natura che dovrebbero confermare la nostra sensazione intellettuale di essere capaci e destinati a spiegare le leggi dell'universo e a comprenderle nel profondo della loro particolare essenza. Le radici del principio antropico, pertanto, sono senza dubbio filosofiche e discorsive e non hanno apparentemente a che fare con ciò che noi chiamiamo fare scienza in senso stretto. Per quale motivo, allora, questo teorema è così caro ad un gran numero di fisici se non può nemmeno rendere conto da un punto di vista empirico della propria validità?

Una possibile risposta tenta di darla Leonard Susskind, esibendo però anche i limiti che il principio antropico porta inevitabilmente con sé, specialmente per quanto riguar-

da il futuro della ricerca scientifica.¹¹ Le parole di Susskind sono piuttosto chiare: il principio antropico possiede un alto potenziale esplicativo e un'utilità immensa nel condurre le ricerche su determinate teorie, ma non può assolutamente costituire l'unico punto di vista, non possiamo essere davvero sicuri che la natura funzioni realmente in questo modo, a meno che non ci affidiamo completamente a una delle tante religioni naturali presenti nel mondo. Però, il potere del principio antropico è palese: riesce a legittimare la ricerca scientifica da un punto di vista concettuale conferendo la speranza e la consapevolezza che l'uomo sia davvero in grado di giungere ad una teoria definitiva. Lasciando perdere tutte le caratteristiche specifiche di esso, rimane il fatto che il principio antropico legittima la ricerca della *teoria del tutto*, cosa che lo stesso Susskind non vuole negare come compito alto della scienza contemporanea. Tuttavia, non ci siamo ancora addentrati a sufficienza nel problema riguardo l'importanza che una teoria simile rappresenta all'interno del nostro dibattito; perché mai, infatti, non si riesce più a fare a meno di un'idea simile, nonostante le perplessità e le critiche in merito? Forse perché la stessa scienza sente di aver perso quella valenza filosofica fondamentale e vuole tentare di recuperarla? Possiamo parlare di un bisogno rinnovato della filosofia di rivolgersi alla scienza e di avere delle risposte? La teoria delle stringhe, in questo senso, rappresenta una sfida filosofica ben precisa, che tenta di mettere insieme due concetti fondamentali del modo di fare scienza: la speculazione e l'intuizione con l'importanza filosofica e storica del progresso della scienza da un punto di vista tecnico.

Negli anni immediatamente precedenti lo scoppio della Seconda Guerra Mondiale, Edmund Husserl scrive un

11. L. Susskind op. cit., p. 346.

testo che diventerà una delle opere più discusse e meno amate della storia delle idee, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale* uscita poi nel 1954 e dibattuta a lungo nel corso del Novecento. L'assunto fondamentale risulta essere che, già negli anni di grande fermento della meccanica quantistica e della relatività generale, la scienza, secondo Husserl, aveva perso di vista la sua matrice filosofica e, nonostante i suoi apparenti successi, non poteva definirsi pienamente fondata poiché stava svuotando l'essenza spirituale dell'uomo stesso. Storicamente, argomenta, la scienza non si è sempre affidata all'obiettività della verità e al metodo rigoroso che in particolare il Positivismo le ha assegnato, ma pare senza dubbio aver perso interesse per ogni problema di ordine metafisico e soggettivo legato alla ragione e alle questioni supreme che avrebbero dovuto costituirne il cardine. Una perdita di metafisicità, nel senso di sconfitta di una logica razionale e umana in collaborazione con la filosofia; una sorta di rinuncia ad affrontare le problematiche che hanno fatto dell'uomo ciò che è, sia a livello politico che intellettuale.

Per risolvere questa situazione, Husserl è convinto che sia necessario un ritorno decisivo verso la caratterizzazione del pensiero, anche di quello scientifico, al di là dell'importanza della tecnica e degli strumenti (che peraltro rimangono tali, solo strumenti); non si tratta tanto di una questione riguardo alla situazione di una forma culturale come la scienza o la stessa filosofia, ma del futuro dell'umanità stessa. Dal momento che, se vogliamo fondare una nuova scienza che tenga assieme anche il lavoro offerto dalla filosofia, il problema principale coincide con «la fondazione originaria dell'umanità europea moderna, di un'umanità che, attraverso la filosofia, e soltanto attraverso la filosofia, vuole rinnovarsi radicalmente rispetto a quella precedente, a quella medievale o a quella antica.

Perciò la crisi della filosofia equivale a una crisi di tutte le scienze moderne in quanto diramazioni dell'universalità filosofica; essa diventa una crisi, dapprima latente e poi sempre più chiaramente evidente, dell'umanità europea, del significato complessivo della sua vita culturale, della sua complessiva "esistenza"»¹².

Ora, le parole di Husserl sono molto forti e forse lontane dal vero tema, visto che non possiamo assolutamente dichiarare lo stato di crisi della scienza, dal momento che vediamo i continui progressi che la ricerca e l'osservazione ci portano davanti agli occhi ogni giorno. Tuttavia, mettono in chiaro una questione che perdura ancora in questi anni di ferventi attività scientifiche: forse il senso di assenza di rivoluzione che la scienza contemporanea avverte potrebbe essere dettato da un'insufficienza filosofica e concettuale che sempre più fisici lamentano, e ciò spiegherebbe la fortuna di cui gode da molto tempo il principio antropico. Il fatto che siano presenti sempre maggiori riflessioni riguardo lo statuto della scienza e le perplessità sul suo futuro attestano senz'altro un'assenza di metafisica filosofica importante, come se alla stessa scienza mancasse un pezzo fondamentale della propria costituzione. Non è un caso se, infatti, un altro grande filosofo e collega di Husserl come Karl Jaspers indica la scienza come qualcosa di incompiuto se non è coadiuvata dall'indagine filosofica e da ciò che ne consegue.

La scienza, scrive Jaspers, «è oggi universalmente diffusa e riconosciuta; ognuno ritiene di avervi parte. Ma, allo stesso tempo, scienza pura e chiarezza di atteggiamento scientifico sono estremamente rare. C'è la massa di risultati scientifici, che sono semplicemente accettati; c'è la dovizia

12. E. Husserl, *La crisi delle scienze europee e la filosofia trascendentale*, il Saggiatore, Milano, 2015, p. 49.

di capacità specialistica senza partecipazione alla scientificità universale; c'è la fiumana delle mescolanze di scienza ed elementi non scientifici. Nel nostro mondo, però, la scientificità autentica, l'atteggiamento conoscitivo universale, la critica metodologica sicura, la conoscenza pura e indagatrice, sono appena un tenue filo nel dedalo delle aberrazioni»¹³.

Al di là di queste parole altrettanto forti e precise, per Jaspers esiste una scienza autentica che è quella storicamente strutturata attraverso il pensiero umano intellettuale e non strettamente dipendente dalla tecnica. La stessa tecnica, peraltro, come dirà anche Heidegger in un saggio dedicato proprio alla tecnica, risulta essere qualcosa che rimanda a qualcosa di più grande e invisibile: l'essenza della tecnica è tutt'altra cosa rispetto a quello che la scienza indaga di solito. Tuttavia, la soluzione indicata da Husserl e apprezzata dallo stesso Jaspers è costituita dalla creazione di una nuova scienza che comprenda anche il soggettivismo dell'individuo da un punto di vista concettuale e intellettuale. Per non soffermarci eccessivamente sul concetto di trascendentalità, diciamo solo che la prospettiva husserliana è quella di una filosofia totale e totalizzante che collabora attivamente con la scienza, una sorta di rivoluzione del pensiero che tiene conto sia della rivoluzione cartesiana che di quella kantiana: una *scienza metafisica*. Ma perché metafisica? Cosa c'entra la metafisica con la scienza? Quello che Greene chiama l'inaccessibile all'interno della scienza, riferendosi ai multiversi e alle sue fondamentali strutture, non è che un altro modo per definire la metafisica scientifica, ovvero tutta quella realtà che va al di là della nostra effettiva comprensione diretta, empirica e sperimentale.

13. K. Jaspers, op. cit., p. 126.

Da un punto di vista strettamente storico, sarebbe alquanto miope e sconsiderato sostenere che la metafisica e la scienza non sono mai state accostate l'una all'altra e non hanno mai camminato su di un sentiero comune. Nel primo libro della sua *Metafisica*, Aristotele ci introduce in quello che costituisce il vero sapere, la sapienza autentica della quale l'uomo non può assolutamente fare a meno; egli ci dice che «tutti gli uomini per natura tendono al sapere. Segno ne è l'amore per le sensazioni: infatti, essi amano le sensazioni per se stesse, anche indipendentemente dalla loro utilità e, più di tutte, amano la sensazione della vista: in effetti, non solo ai fini dell'azione, ma anche senza avere alcuna intenzione di agire, noi preferiamo il vedere, in un certo senso, a tutte le altre sensazioni. E il motivo sta nel fatto che la vista ci fa conoscere più di tutte le altre sensazioni e ci rende manifeste numerose differenze fra le cose»¹⁴. Il termine “vedere” che Aristotele utilizza può essere identificato metaforicamente con il sapere vero e proprio, ovvero quel sapere che abbraccia tutta la realtà, la realtà per come essa è; infatti, nel libro gamma della *Metafisica* egli stesso concede la definizione classica di metafisica come *scienza dell'essere in quanto essere*, vale a dire delle cause prime dell'essere, della realtà nella quale siamo immersi anche noi. Aristotele scrive, confermando l'antico connubio tra scienza e filosofia, che esiste «una scienza che considera l'essere in quanto essere e le proprietà che gli competono in quanto tale. Essa non si identifica con nessuna delle scienze particolari: infatti, nessuna delle altre scienze considera l'essere in quanto essere in universale, ma, dopo aver delimitato una parte di esso, ciascuna studia le caratteristiche di questa parte. Così fanno, ad esem-

14. Aristotele, Libro I, 980 a1 – 980b1, in G. Reale (a cura di), *Aristotele. Metafisica*, Bompiani, Milano, 2010, p. 3.

pio, le matematiche»¹⁵. La metafisica, dunque, non è scienza, **ma** nel senso che rappresenta la scienza suprema, **ma** non la scienza che deve sostituirsi alla scienza stessa, come vedremo poi) ovvero quella che racchiude tutte le scienze particolari, dal momento che si occupa delle cause generali, di ciò che va al di là delle nostre immediate sensazioni; in breve, si può dire che la metafisica è l'inaccessibile di cui parla Greene e che è stato brutalmente separato dalla scienza prima da Kant e, in particolar modo, dalla tradizione positivista europea.

La metafisica: il passato e il presente

Il fatto che la metafisica stessa sia stata strettamente legata alla scienza, sia concettualmente che in maniera pratica, lo dimostra il fatto che, nel corso del tempo, la divisione disciplinare della metafisica comprendeva elementi scientifici e altri squisitamente più filosofici. A partire dallo sviluppo della filosofia medievale, in particolare con gli studi e le traduzioni delle opere aristoteliche operate dai filosofi arabi e dagli scolastici di Tommaso, la metafisica è stata fondamentale scissa in due parti fondamentali, comunicanti fra di loro ma opportunamente separate e ben caratterizzate l'una rispetto all'altra. Prima di tutto, esisteva la cosiddetta *metaphysica generalis*, vale a dire la metafisica di stampo aristotelico, l'ontologia, lo studio dell'essere in quanto essere, riformata poi dalla *filosofia prima* di Descartes in una sorta di gnoseologia universale, cioè come scienza dei principi primi come Dio, l'anima e le idee. Di seguito, in qualsiasi manuale aggiornato di storia della filosofia, sarà possibile trovare l'altra faccia della medaglia, vale a dire la *metaphysica specialis*, di natura più medievale e teologica articolata in tre grandi discipline fondamentali,

15. Ivi, Libro IV, 1003 a20 – 1003 a26, p. 131.

che ogni intellettuale di rispetto aveva il dovere di imparare in maniera accurata:

1. *Theologia naturalis*: tutto ciò che riguarda Dio e le sue forme, compresi i rapporti con la Natura e la descrizione della natura stessa attraverso la ragione naturale, ovvero quella ragione che ricostruisce la perfezione divina a partire dalla natura (le cinque vie di Tommaso).
2. *Chosmologia rationalis*: tutto ciò che riguarda lo studio del mondo e la sua posizione all'interno della volta celeste, oltre allo studio dei cieli e dei movimenti astrali e planetari (secondo la cosmologia aristotelica prima e quella tolemaica successivamente).
3. *Psychologia rationalis*: tutto ciò che riguarda lo studio dell'anima dell'uomo o della sua mente, attraverso una ricostruzione strettamente razionale e concettuale (sostituita poi da Descartes con il dualismo non-dualismo della *res cogitans* e della *res exstensa*).

Questo schema era ben noto ai filosofi del Seicento e in particolare a quelli del Settecento. Per Descartes, ad esempio, esso si radicalizza in maniera sostanziale, dal momento che egli decide di eliminare del tutto questa divisione netta tra metafisica generale e metafisica speciale; leggendo le *Meditazioni metafisiche* infatti, sembrerebbe quasi che la metafisica cartesiana sia una metafisica speciale, essendo incentrata sull'anima e su Dio. In realtà, ciò che definisce *filosofia prima* non si esaurisce nello studio dell'anima e di Dio, ma comprende il cuore dell'intera conoscenza umana. Per Descartes non esiste un'ontologia vera e propria alla maniera aristotelica, ma una gnoseologia universale che abbraccia i principi primi del "che cosa posso conoscere?", una metafisica del dubbio che non possiede il concetto di essere, bensì quello della conoscenza possibile. La filosofia

prima di Descartes è l'unione sostanziale della metafisica generale e di quella speciale, una gnoseologia universale che fa della metafisica la sua base fondamentale; successivamente, la metafisica speciale viene ripresa pari pari nella *Critica della ragion pratica* di Kant nei cosiddetti postulati della ragion pratica, che sono rispettivamente l'anima, il mondo e Dio. Tutto torna. Così come il fatto che lo studio della natura e della cosmologia era strettamente legato al concetto di metafisica, dal momento che lo studio del cielo e dei suoi fenomeni ne costituiva una delle ramificazioni principali da un punto di vista razionale, cioè un'analisi concettuale della fenomenologia celeste in senso stretto.

Lo studio della metafisica risulta importante se si vuole effettivamente concepire quel bisogno di concettualizzazione che la stessa scienza contemporanea sente proprio man mano che la ricerca prosegue e dischiude sempre maggiori orizzonti. Ora, questo non significa affatto, però, che la metafisica deve diventare l'ambito principale di tutto e fagocitare alla maniera di un buco nero la stessa scienza, come se quest'ultima contasse meno o, ancora peggio, non avesse gli strumenti necessari per intraprendere analisi efficaci. Questo è il preciso punto di vista dei cosiddetti metafisici contemporanei, come il filosofo David Armstrong, i quali sono convinti della necessità di sostituire la stessa analisi scientifica con lo studio metafisico e universalistico della realtà; secondo questi studiosi, infatti, la realtà c'è, esiste, risulta essere così com'è, ma non la studiamo adeguatamente, non la spieghiamo con ciò che effettivamente dovremmo usare per comprenderla appieno.

La stessa metafisica al giorno d'oggi è tornata ad essere una disciplina del tutto rispettabile, ma non viene applicata nella giusta maniera e non possiede la rilevanza e il peso che meriterebbe, di fronte alle palesi difficoltà della scienza; nella nostra epoca, secondo la visione di Armstrong, «per i

cosmologi e i fisici quantistici la natura dello spaziotempo (*l'immagine scientifica*, come avrebbe detto Sellars) è a portata di mano, e nelle menti dei teorici l'idea del mondo è completamente diversa dall'immagine manifesta. I filosofi devono qui soltanto seguire la guida delle scienze naturali, e le scienze naturali al momento non hanno ancora prodotto alcuna teoria generalmente condivisa»¹⁶. Le scienze naturali, per Armstrong, non sono in grado di dare una risposta definitiva ai principi fondamentali della nostra realtà come i concetti di classe, qualità, genere, relazione etc., pur avendo ampliato il nostro orizzonte di conoscenza in una maniera tale da aver aperto nuovi e complessi campi di ricerca. Ciò che, però, egli fondamentalemente sostiene concerne il fatto che i problemi di natura generale possono essere risolti solo dalla filosofia, o da quella scienza suprema che è la metafisica, la quale deve avere il coraggio di riprendersi il posto di comando nell'indagine sulla realtà; si tratta di un «dibattito filosofico sulla natura della causalità: la scienza non risolve la questione, anche se, come abbiamo notato, fornisce un grande contributo. Discutere il problema significa impegnarsi in metafisica. La stessa difficile situazione può prodursi per le altre nozioni topiche neutrali sopra citate: l'accordo sulla loro natura e su come siano in relazione le une con le altre è molto difficile da raggiungere»¹⁷.

La visione di Armstrong, dunque, è prevalentemente metafisico-centrica, vale a dire che, di fronte alle difficoltà della scienza e della sua evidente incompletezza deve sorgere la metafisica e riprendersi il posto che merita al centro del dibattito. Ciò che si intende, invece, alla luce di quanto abbiamo detto e in accordo con i propositi di Susskind e di

16. D. M. Armstrong, *op. cit.*, p. 30.

17. Ivi, p. 31.

Greene, non è recuperare la scienza attraverso la metafisica bensì recuperare il discorso metafisico da un punto di vista concettuale e farlo lavorare assieme alla scienza, nel tentativo di entrare nella scienza futura che non ha paura di porsi delle domande relative a ciò che non può effettivamente verificare. Lo studio dell'inaccessibile, le ipotesi relative al nostro universo, tanto vasto e dinamico, deve comprendere un discorso metafisico nel senso di una *scienza metafisica*, ovvero di una scienza che si addentra all'interno dell'inaccessibile senza fossilizzarsi sulla verificabilità e sulla sperimentabilità empirica. Perché questo? Perché il nostro orizzonte di osservazione si espande di giorno in giorno e le scoperte che costantemente ci vengono sottoposte agli occhi non possono essere spiegate con i soli strumenti che possediamo. Non è più sufficiente affidarsi all'esperienza diretta e alla sperimentabilità.

L'esigenza di metafisica e di collaborazione tra la filosofia e la scienza è sempre più avvertita da numerosi scienziati e studiosi, ma questo non significa affatto tornare indietro di duemila anni e rinunciare al progresso; non significa nemmeno sostituire la scienza con la metafisica e rinnegare tutti gli anni di studi e analisi dettagliate nei confronti della realtà dal punto di vista scientifico. Significa, al contrario, il recupero da parte della stessa scienza di una propria dimensione metafisica, nel senso di un approccio concettuale e razionale al di fuori della verificabilità immediata e rassicurante; è la scienza che deve recuperare la metafisica intesa come indagine nei confronti di quello che Greene definisce l'inaccessibile e non viceversa. La crisi della scienza, se così la possiamo chiamare, e il suo senso di smarrimento e incompletezza, va forse rilevato in questa perdita di concettualizzazione filosofica che tanto è servita allo stesso arricchimento scientifico in passato. Come abbiamo visto anche nel primo capitolo, i più grandi

scienziati della storia, anche di quella recente, erano prima di tutto dei grandi intellettuali e vicini al discorso filosofico, consapevoli del fatto che l'indagine scientifica non poteva esimersi dal considerare la storia delle idee e delle loro influenze. Non si tratta di una questione di superiorità disciplinare, ma di un corretto connubio disciplinare, volto a realizzare un'autentica rivoluzione scientifica, senza avere paura di costruire le nostre teorie attraverso ipotesi non direttamente verificabili e sperimentabili. L'universo è troppo grande per poter essere compreso con l'unico ausilio dei nostri strumenti tecnici, e potrebbe persino non essere il solo esistente: come si può pensare anche solo di spiegarlo interamente da un punto di vista empirico, se non abbiamo mai nemmeno viaggiato nel nostro "piccolo" sistema solare (la distanza tra la Terra e Plutone si aggira all'incirca sul miliardo di chilometri...)?

Riguardo l'esigenza di metafisica all'interno della scienza si era espresso lo stesso Heidegger, allievo di Jaspers e assistente dello stesso Husserl, dal quale il suo pensiero è stato inevitabilmente influenzato da un punto di vista fenomenologico e scientifico. Per Heidegger, la scienza «non vuole saperne del niente. Eppure, è altrettanto certo che dove cerca di esprimere la sua propria essenza, essa chiama in aiuto il niente. Ciò che rifiuta è ad un tempo ciò che reclama. Quale duplice essenza si rivela qui?»¹⁸ Un'essenza che rimanda alle domande generali sull'universo e dunque ad una consistenza metafisica della scienza stessa, relativa alla spinta e al bisogno di cercare risposte alle grandi domande che l'uomo si pone da millenni. Il niente di cui parla Heidegger non è altro che la stessa metafisica, che la scienza definisce il niente poiché va al di là di ogni nostra effettiva spiegazione, sta al di fuori della nostra realtà fisi-

18. M. Heidegger, *Segnavia*, Adelphi, Milano, 1987, p. 62.

ca; ma questo niente è in realtà un componente stesso della scienza, di cui essa non può assolutamente fare a meno, lo reclama come sua stessa essenza, ne ha bisogno per sentirsi effettivamente completa e appagata. Ciò si manifesta specialmente nell'angoscia dell'uomo che sopraggiunge quando egli tenta di abbracciare l'ente in tutta la sua totalità, ma la stessa totalità dell'ente è niente, è altro dall'esserci immediatamente, è lo stesso ente che si dissimula: è il niente, la metafisica, che si manifesta ma come assenza, assenza che ritorna presente nel richiamo della scienza. Il significato preciso di questa assenza-presenza consiste nel fatto che, solo sul «fondamento dell'originaria evidenza del niente, l'esserci dell'uomo può dirigersi all'ente e occuparsene. Ma in quanto l'esserci per sua essenza si comporta in rapporto all'ente, all'ente che egli non è e all'ente che egli stesso è, l'esserci, in quanto esserci, già da sempre proviene dall'ente che è manifesto. Esserci significa esser tenuto immerso nel niente»¹⁹.

Questo *niente*, dunque, è assolutamente indispensabile per affacciarsi alla totalità della realtà. La scienza non può combattere contro il suo stesso bisogno di metafisicità, che coincide con il bisogno umano e razionale di porsi domande assolutamente irrisolvibili con effetto immediato: è la stessa essenza di uomo che si rapporta all'ente che avverte questo altro da sé, questo niente, nel quale è immerso e di cui non può inevitabilmente fare a meno. È un'esigenza di metafisica che non riduce la scienza a superstizione, ma la eleva alla sua propria essenza, la completa come ricerca e indagine della realtà totalizzante nel quale siamo abbandonati in cerca di una visione rassicurante che possa finalmente darci soddisfazione. Il nostro stesso esserci, la nostra stessa presenza è legata a questa assenza-manifesta-

19. Ivi, p. 70.

zione del niente e più tentiamo di distoglierci da esso, più ne siamo risospinti contro senza possibilità di resistenza; una resistenza che non può esserci, dal momento che siamo immersi nello stesso niente che rifuggiamo.

La metafisica, infatti, non è altro che il domandarci oltre l'ente, per tornare finalmente a comprenderlo per come si presenta nella sua totalità. Non si tratta di un banale tentativo di chissà quale speculazione arbitraria e slegata dall'indagine relativa alla natura, ma di un metodo che permette alla scienza di recuperare quella sua peculiare parte filosofica che la costituisce sin dalla sua nascita. Il recupero della metafisica è il recupero della filosofia in ambito scientifico, di una filosofia, però, non tiranna e decisionista, bensì disponibile e *ancilla scientiae*, vale a dire consapevole della propria utilità come pensiero e riflessione su tutto ciò che ci circonda da vicino e da lontano, perfino immensamente lontano come possono essere i miliardi di galassie sparse per tutto l'universo. Ciò che Heidegger prescrive è allora il ritorno della scienza al suo stadio primordiale, quello del connubio filosofico e concettuale con l'indagine relativa al tutto e non solo all'immediata esperienza; un ritorno a ciò che, a tutti gli effetti, ha reso la grande la scienza non solo come tecnica, bensì come luogo di pensiero e di analisi approfondita riguardo ai fenomeni del nostro mondo e persino dell'intero universo che quasi inconsapevolmente abitiamo.

Il lavoro comune di scienza e filosofia

Il dovere dello scienziato è duplice, molto più complesso e responsabile di quanto non saremmo disposti a credere. È un obbligo che deve tenere conto della natura intera, compreso quell'inaccessibile che i nostri strumenti al giorno d'oggi non sono in grado di afferrare, dal momento che la stessa valenza di scienziato è messa alla prova dal

coraggio della sua mente di esplorare confini che solo essa può sperare di avvicinare con la forza di voler arrivare a spiegare ciò che non possiamo toccare. Ora, si capisce bene che il compito della scienza non consiste solo nel raccogliere informazioni, ma di indagare l'essenza della realtà assieme alla stessa filosofia, per raggiungere quella propria essenza che le appartiene veramente e in maniera inscindibile. Le parole di Heidegger sono molto forti ed evocative e non possono sicuramente tenere conto dei progressi e delle domande cui è andata incontro la scienza negli ultimi anni; tuttavia, attestano comunque un fattore importante: così come oggi ci chiediamo costantemente dove ci stia portando la scienza e dove debba effettivamente portarci, allo stesso modo, tra la prima e la seconda metà del Novecento, filosofi e scienziati avvertivano fortemente questa necessità di tensione virtuosa tra due discipline separate ingiustamente da troppo tempo, benché strettamente complementari.

Del resto, non è un caso che proprio dalla parte dei fisici e, in particolare, dei fisici quantistici, provenisse lo stesso desiderio di collaborazione e di studio tra la fisica e la filosofia. Allo stesso modo delle sollecitazioni di Einstein, forte dei suoi studi platonici e kantiani, un altro grande autore e protagonista della rivoluzione scientifica novecentesca come Werner Heisenberg ha voluto esprimersi in merito a questo spinoso dilemma storico e dottrinale. I fisici della meccanica quantistica per antonomasia rappresentano ciò che più è lontano da un rigore metafisico e filosofico, se pensiamo anche soltanto alla curva di Schrödinger o al principio di indeterminazione dello stesso Heisenberg; tuttavia, per la maggioranza di questi studiosi, la fisica non potrebbe assolutamente mettere in pratica ciò che riesce a fare senza l'ausilio di una riflessione ponderata e ragionata, al di là di qualsivoglia evidenza empirica o sperimentale.

tale, sia a livello atomico che subatomico. Prima di tutto, la fisica è una questione di idee e di linguaggio e ciò non può venire sacrificato in nome di nessuna aderenza all'evidenza empirica *tout court*; anzi, la meccanica quantistica ci ha rivelato come sia impossibile prevedere con certezza il movimento delle particelle subatomiche e le loro rispettive interazioni, basti pensare anche al paradosso del gatto nella scatola di Schrödinger.

A dire il vero, le nostre tecniche di osservazione e sperimentazione ci stanno mostrando sempre più elementi nuovi che non possono essere spiegati con i concetti standard che la scienza usa da secoli ormai; questo significa non solo che la scienza è un fatto prima di tutto concettuale e mentale, ma che non può mai venire meno la considerazione del linguaggio da utilizzare, prerogativa filosofica dei principali pensatori analitici del nostro tempo. Ancora una volta abbiamo la dimostrazione di come filosofia e scienza debbano lavorare insieme, di comune accordo, per raggiungere quei risultati che qualunque studioso brama, anche segretamente, di raggiungere. Il fisico, secondo Heisenberg, non può dirsi veramente soddisfatto quando dispone solo del panorama matematico ed empirico per mostrare ciò su cui lavora, ma «deve parlare dei risultati raggiunti anche a quelli che fisici non sono e che non saranno soddisfatti se le spiegazioni non vengono fornite nel linguaggio corrente, da tutti comprensibile.

Anche per il fisico la descrizione nel linguaggio comune servirà come criterio per avere una chiara nozione di ciò che si è raggiunto. Entro quali limiti è possibile, una tale descrizione? È possibile addirittura parlare dell'atomo? Si tratta di un problema di linguaggio oltre che di fisica, e sono perciò necessarie alcune osservazioni circa il linguag-

gio in generale ed il linguaggio scientifico in particolare»²⁰. Nell'ottica di Heisenberg, le implicazioni filosofiche nella scienza moderna e in quella inaugurata da Einstein e dai suoi colleghi sono inevitabili e non si possono ignorare; anzi, il futuro della fisica va in direzione di un'unificazione totale di ciò che intendiamo con il termine *comprendere*. Sarà necessario ampliare il nostro concetto stesso di scienza e coinvolgere gli aspetti concettuali e filosofici che nella scienza hanno sempre operato, anche in sordina e senza possedere particolare rilevanza pur possedendola per costituzione. La ricerca futura, in breve, non può più permettersi di escludere a priori la riflessione filosofica volta ad accrescere il nostro legame di indagine con l'universo, dal momento che i campi di azione sono immensi, incomensurabili, per molti aspetti, e la posta in gioco è decisamente troppo alta. Dunque, non possiamo assolutamente permetterci di escludere nulla dalla nostra riflessione, il futuro della scienza è legato alle sue origini primordiali filosofiche, che possono elevarla e portarla verso il livello successivo, quella rivoluzione che i grandi fisici aspettano da almeno sessant'anni.

A questo punto, possiamo ancora considerare la teoria delle stringhe come qualcosa di inutile e di superato? Certamente, come abbiamo anche visto nel secondo capitolo, le sue caratteristiche principali e le soluzioni concrete che essa ha portato con sé la relegano in quel mucchio di teorie dalle grandi speranze ma che hanno miseramente fallito, poiché il suo indice di verificabilità è pressoché inesistente. Se misuriamo la teoria delle stringhe con i requisiti che una teoria scientifica dovrebbe possedere secondo i canoni tecnici e classici della scienza, allora essa è una teoria fan-

20. W. Heisenberg, *Fisica e filosofia*, il Saggiatore, Milano, 2015, p. 168.

tasiosa e senza futuro, controproducente e nemmeno falsificabile, vale a dire non soggetta a verifica empirica diretta. Eppure, perché resiste e ha resistito per così tanto tempo? Perché ci sono ancora fisici che la studiano e tentano di approfondirla in continuazione, aprendo così la strada a nuovi e interessanti campi di indagine? E se provassimo a considerarla secondo quella visione che fisici e filosofi di oggi e dei decenni passati ci raccomandano di utilizzare? La teoria delle stringhe potrebbe essere vista come la risposta a come dobbiamo costruire le nostre idee del futuro, come la fisica dovrebbe rispondere alle domande universali cui risulta impossibile rispondere con una serie di esperimenti.

La filosofia può chiedere alla teoria delle stringhe di essere uno dei simboli di quel connubio tra filosofia e scienza che deve rinascere per garantire il futuro stesso della scienza e di tutto ciò che la caratterizza; un portavoce che si rivolge all'inaccessibile, quello che Greene ritiene da sempre presente all'interno della ricerca scientifica, incarnando una teoria filosofica, più che scientifica. Filosofica, ma nel senso di teoria che abbraccia l'inaccessibile e tenta di spiegarlo con l'ausilio di sistemi matematici e teorie valide da un punto di vista concettuale, in grado di arricchire la nostra visione e il nostro sguardo d'insieme sull'intero universo. La teoria delle stringhe potrebbe essere una *teoria del tutto* perché è la stessa scienza che sente di non potersi più accontentare della tecnica e delle sue possibilità: in palio, c'è la descrizione e la comprensione delle nostre origini primordiali come esseri universali.

IV. Verso l'infinito e oltre

Un problema teorico

Affermare che la fisica è entrata in un vortice di crisi e di incertezza, dovuto principalmente al fatto di non aver saputo produrre un'autentica teoria rivoluzionaria, significa essere consapevoli non solo dei limiti della scienza stessa, ma della necessità di allargare il punto di vista per poter affrontare meglio le sfide cui saremo inevitabilmente sottoposti in futuro. Se fisici come Smolin, Susskind o Greene divergono sulle soluzioni da adottare per far fronte a questo spinoso problema, risultano essere assolutamente d'accordo su un punto: il futuro della fisica è legato ad una diversa consapevolezza degli obiettivi e degli strumenti che possediamo, ovvero ad un allargamento degli orizzonti per capire come funziona realmente la scienza.

Rispettivamente, per Smolin si tratta anche di un problema accademico, che da anni non incoraggia il lavoro di quelli che egli stesso definisce veggenti, ovvero gli studiosi rivoluzionari e visionari che hanno contribuito all'arricchimento della scienza in molti dei suoi campi. Se non saremo capaci di valorizzarli appieno sarà impossibile realizzare compiutamente quella rivoluzione agognata, anche se Smolin è fermamente convinto che questa stessa rivoluzione debba essere cercata al di fuori della teoria delle strin-

ghe e in linea con le possibilità della scienza, per come essa lavora veramente: teorie con background precisi e contesti empirici ben calcolati, senza spazio per teorie al limite della fantascienza come i multiversi o gli universi paralleli legati al concetto delle dimensioni extra. Per Brian Greene, il problema principale è di natura concettuale, vale a dire che non siamo più abituati a rapportarci con l'inaccessibile, cosa che però è risultata decisiva nelle ricerche di scienziati come Faraday, Einstein o Schrödinger; la scienza, in particolare quella a cavallo tra Ottocento e Novecento, ha sentito il bisogno di rapportarsi all'inaccessibile in opposizione a coloro che volevano farne una rigida tecnica sperimentale, senza capacità concettuale e intuitiva, come i teorici della matrice-S, di cui abbiamo parlato.

Tuttavia, la scatola nera della natura deve essere aperta, non c'è niente di sacro o illegittimo, semmai il problema è un altro: potremmo scoprire di non essere mai in grado di venire a capo di tutti i misteri che la natura nel suo nucleo ci pone, ma dobbiamo avere il coraggio di affrontarli con intelligenza, speranza e volontà di conoscenza. Per Susskind, infine, fondatore e ispiratore della teoria delle stringhe, per quanto sia affascinante la prospettiva di avere fiducia nella evoluzione dei nostri strumenti che potrebbero essere in grado di darci le conferme necessarie (prospettiva avanzata da Lisa Randall, propensa a mantenere il concetto classico di scienza in supporto alla fiducia nelle possibilità di strumenti come gli acceleratori di particelle), non può essere sufficiente per affrontare i dilemmi della fisica del futuro e per poter avvicinarsi alla rivoluzione inaugurata da Einstein. Il paesaggio cosmico che egli descrive rischia di diventare un vero e proprio megaverso, pertanto risulta opportuno adeguarsi prontamente ad una nuova visione della scienza, in grado di affrontare il moltiplicarsi di questioni e domande all'interno dell'indagine sull'universo.

A questo punto, non è più tanto una questione di divisione partitica all'interno della scienza, ma una questione di metodologia scientifica e concettuale per gli anni a venire: che cosa dobbiamo e possiamo aspettarci dalla scienza? E come la dobbiamo intendere? Considerando quanto è stato già detto e le applicazioni che abbiamo analizzato, risulta possibile affermare che «la fisica moderna costituisce appunto una parte – assai caratteristica – di un generale processo storico che tende verso un'unificazione ed un ampliamento del nostro mondo attuale. Questo processo dovrebbe di per sé condurre ad una diminuzione di quelle tensioni culturali e politiche che costituiscono il grande pericolo del nostro tempo. [...] Il fatto che grandi masse di gente acquistino coscienza di questo processo di unificazione si traduce in un incitamento a tutte le forze delle comunità culturali esistenti ad assicurarsi per i loro valori tradizionali la parte più larga possibile nello stato finale dell'unificazione»²¹.

Per unificazione, alla luce delle parole di Heisenberg, intendiamo almeno due aspetti: da un lato, la perseveranza in quella ricerca della *teoria del tutto* che abbia l'ambizione di unificare tutte le leggi della fisica e, dall'altra, la riunificazione di scienza e filosofia, di scienza e metafisica come primo grande passo verso l'inaccessibile di Greene. Non risulta essere certo un proponimento di poco conto, specialmente se molti scienziati ancora oggi non ne sono affatto convinti. Di fronte all'insufficienza della tecnica, tuttavia, il percorso nel quale ci troviamo è caratterizzato da ostacoli di natura concettuale e fisica allo stesso tempo: se risulta impossibile spiegare l'universo e le sue sfaccettature con i nostri attuali strumenti, ne consegue che dovremmo abbandonare la ricerca e attendere che i nostri

21. W. Heisenberg, *Fisica e filosofia*, op. cit., pp. 203-204.

strumenti ne siano effettivamente in grado (con il rischio di non vedere mai quel giorno come specie vivente)? Siamo davvero sicuri di poterci permettere questo rischio?

Il dibattito all'interno della scienza, sia degli anni passati che degli ultimi, non costituisce affatto una perdita di risorse; anzi, esso è ciò che maggiormente ha stimolato la ricerca e l'approfondimento di molti campi di studio, dalla meccanica quantistica alla stessa teoria delle stringhe. In fin dei conti, le posizioni che differiscono sui metodi e sulle precise strategie da adottare sono molto meno lontane di quanto si possa pensare, considerando il loro accordo su un punto ben preciso: la scienza come la conosciamo oggi non può essere in grado di affrontare le sfide future, in particolare l'accrescersi degli enigmi che riscontriamo man mano che ci infiliamo più in profondità nel cosmo. La scienza deve rinnovarsi e ricostituirsi, dando spazio a nuove soluzioni prima accantonate e ritenute assolutamente impercorribili; deve essere meno oscurantista e disposta a rischiare, a investire sui giovani ricercatori e ad alimentare le loro speranze e le loro visioni.

Se Smolin, tuttavia, vede e auspica una fisica senza le stringhe e tutte le teorie speculative che possono portare ad un vicolo cieco, Greene vuole realizzare una visione della scienza che si rivolga al concetto dell'inaccessibile e che non si precluda nulla di ciò che questo può conseguentemente implicare, vale a dire la rivoluzione concettuale e filosofica della scienza. In questo senso si inserisce il recupero della filosofia e della metafisica, già auspicato da Heisenberg e Einstein, come servizio per una scienza più ambiziosa e lungimirante, in grado di fronteggiare i quesiti e la variabilità dei fenomeni relativi al nostro universo. Dovremo, cioè, abituarci all'idea che la costruzione delle nostre teorie scientifiche non deve per forza seguire l'esclusivo modello di natura empirica e sperimentale,

improntato sulla verificabilità o falsificabilità immediata e precisa di una serie di ipotesi e costruzioni di impianto. Non possiamo permetterci di escludere nulla e di stabilire a priori quali sono le teorie che hanno una maggiore probabilità di non sfociare in un inesorabile vicolo cieco, al contrario dobbiamo essere in grado di fornire la massima possibilità alle teorie emergenti che possiedano un impianto credibile, argomentato e ricco di nuovi spunti di arricchimento per l'intera scienza.

Questo, d'altra parte, non significa affatto voler creare e favorire una sorta di anarchia generale all'interno della ricerca scientifica, dove qualsiasi tipo di speculazione è ritenuta valida e meritevole di essere perseguita. Al contrario, implica una disponibilità concettuale e l'interesse per lo sviluppo di sempre maggiori teorie che vogliano esplorare la vastità dell'universo senza bloccarsi alla fattualità empirica che inevitabilmente non permetterebbe la realizzazione di quella teoria; cambiare il principio di costruzione di una teoria scientifica non vuole dire accettare tutto in maniera indiscriminata, bensì eliminare quei paletti ideologici e metodologici che non fanno il bene della scienza e favorire la costruzione di teorie scientifiche ambiziose e volenterose.

Il ruolo della teoria

La differenza tra un aspetto scientifico e un altro più speculativo e fantasioso, come può essere l'approccio delle pseudoscienze, deve necessariamente permanere nel corso delle nostre analisi, tuttavia all'interno dello "scientifico" deve entrare la possibilità di una speculazione concettuale in grado di arricchire la stessa visione scientifica con spunti e ipotesi di ricerca che esulano dalla mera verificabilità. Ad esempio, lasciando perdere per un momento la teoria delle stringhe, pensiamo alla teoria dei multiversi portata

avanti da studiosi come Greene; essa risulta possedere un numero preciso di varianti con caratteristiche differenti e background matematici, quantistici e gravitazionali precisi, senza che nulla sia lasciato al caso. Sono tutte proposte di teoria che possiedono un grado di scientificità indiscutibile, dal momento che non lavorano certo sulla fantascienza, ma sui risultati della stessa scienza al fine di realizzare una visione alternativa e rivoluzionaria e lo dimostra il fatto che diversi scienziati stiano lavorando a tante idee differenti di multiverso. Un lavoro simile, pertanto, non può essere definito realmente pseudoscientifico o, ancora peggio, fantascientifico e assolutamente fantasioso, dal momento che si basa sulle conquiste recenti e anche meno recenti della fisica quantistica e della fisica teorica, non andando a minare minimamente il concetto preciso di scientificità. Quello che prescrive, piuttosto, è un modo nuovo di vedere la stessa scienza, più aperto e bisognoso di una speculazione teorica relativa all'inaccessibile, a ciò che non possiamo direttamente spiegare, ma che non possiamo nemmeno permetterci di ignorare.

Considerare a priori una teoria scientifica come elemento fantascientifico e senza alcuna rilevanza scientifica reale può costituire un grande sbaglio e una miopia decisiva all'interno della ricerca. Uno degli esempi più eclatanti è certamente rappresentato dai buchi neri, ritenuti fino al momento della loro effettiva scoperta qualcosa di assolutamente impossibile e fantasioso, pur essendo previsti e descritti dalle equazioni della relatività generale. Volendo rincarare la dose, possiamo anche riferirci ad una situazione ben precisa: il cosiddetto ponte di Einstein-Rosen, meglio conosciuto come tunnel spaziotemporale o wormhole, rappresenterebbe una curvatura nello spaziotempo che permetterebbe di viaggiare nel cosmo eliminando le immense distanze che caratterizzano l'universo. I tunnel spa-

ziotemporali sono stati molto utilizzati dalla fantascienza classica e persino da quella moderna, se consideriamo la sua recente apparizione nel film di Christopher Nolan *Interstellar* del 2014; eppure, esso è il risultato di una serie di equazioni convalidate dallo stesso Einstein e dal matematico Rosen, come applicazione delle leggi stesse della relatività generale. Il fatto che non ne sia mai stato osservato uno non significa che esso non potrebbe esistere in linea teorica, dal momento che lo stesso ragionamento è stato proposto per i buchi neri ed è risultato errato: oggi i buchi neri non sono solo una realtà sconvolgente e inquietante, in un certo senso, ma costituiscono uno dei principali campi di studio dell'intera fisica teorica contemporanea.

Anche per questo motivo, probabilmente, abbiamo bisogno che la fisica e la filosofia ritornino a lavorare insieme, proprio per dare voce a ricerche di questo tipo e a sensibilizzare la mente sulla possibilità di certi fenomeni e di certi risultati che possono sembrare sconvolgenti. Secondo lo stesso Heisenberg, voce simbolica di un dibattito che oggi ancora divide ma che sostanzialmente porta sempre nuovi spunti e risultati, la fisica non può pretendere di essere indipendente dalla filosofia e non può affermare di aver raggiunto la sua piena affermazione proprio avendo rotto con la filosofia: la sua piena realizzazione, infatti, va ricercata nell'adattarsi alle sfide concettuali di oggi e del futuro, che non permettono più una fiducia totale negli strumenti tecnici che possediamo. Per andare oltre, per scrutare nei meandri del nostro universo occorrono strategie nuove e visionarie, teorie metafisico-scientifiche che abbiano la forza e il coraggio di guardare dove non dovrebbero, senza avere la pretesa di fondare sulla base empirica i loro modelli, dal momento che non sarebbe assolutamente possibile; le diverse generazioni di scienziati non possono mai effettivamente sapere «se alla luce della storia

il proprio lavoro sarà considerato come una digressione, come il frutto di un interesse passeggero, come un trampolino di lancio, o se invece si penserà che abbia rivelato idee che resisteranno alla prova del tempo. Questa incertezza locale è bilanciata da una delle caratteristiche più gratificanti della fisica, la stabilità globale, per cui in generale le nuove teorie non cancellano quelle che soppiantano. Come abbiamo visto, una teoria nuova, sebbene possa richiedere di adattarsi a nuove prospettive sulla natura della realtà, non rende quasi mai irrilevanti le scoperte del passato e invece le incorpora e le amplia»²². La scienza, allora, non va avanti per sottrazioni, come vorrebbe l'analisi storico-fenomenologica di Thomas Kuhn, ma procede con approfondimenti, avanzamenti e riflessioni più accurate, senza mai cestinare le idee del passato, mantenendosi fedele a una sua impostazione concettuale e filosofica che sempre rimane presente al suo interno come caratteristica costitutiva. Un aspetto, quest'ultimo, che non deve essere assolutamente ritenuto una delle principali debolezze e limite della scienza stessa, ma un arricchimento sostanziale e un valore superiore di natura intellettuale, ma soprattutto culturale.

Non è un caso, infatti, che un fisico teorico del calibro di Carlo Rovelli sia tornato di recente sulla questione, proprio per evidenziare come la scienza presente e futura debba rifuggire sia il dogmatismo antiscientifico che l'eccessivo purismo tecnico e concentrarsi sulle possibilità che la libertà di pensiero porta inevitabilmente con sé. In uno dei suoi ultimi testi, Rovelli analizza quella che definisce la "rivoluzione scientifica" operata dal filosofo antico Anassimandro, uno dei massimi esponenti della scuola ionica, celebre proprio per la sua tendenza a voler interrogarsi

22. B. Greene, *La realtà nascosta*, op. cit., p. 392.

sul cosmo e sulla sua origine particolare. A differenza di tutte le altre civiltà antiche, quella greca risultava assolutamente convinta che la terra non fosse altro che una sfera di roccia immersa nello spazio eterno, sempre esistito e destinato ad esistere per sempre; un'idea che affascinava e convinceva lo stesso Einstein, ostinato nel voler contrastare la teoria del Big Bang e dell'evoluzione inflazionistica dello stesso universo. E proprio Anassimandro, nella ricostruzione operata da Rovelli, sarebbe uno degli autori di questa visione, già riscontrabile nei suoi colleghi e predecessori come Talete e Anassimene: può essere un caso che la nascita della filosofia occidentale sia strettamente legata all'indagine sull'universo e sulla sua nascita, quella che i greci definivano con il termine polisemico ἀρχή, l'origine di tutte le cose? No, non può essere una semplice coincidenza.

Del resto, dice Rovelli, «sottolineare la rilevanza di un inizio, come ho cercato di fare per quanto riguarda Anassimandro, significa quindi portare l'attenzione su un aspetto del percorso di acquisizione della conoscenza. Cioè mettere a fuoco alcune caratteristiche della scienza, e quindi implicitamente riflettere su che cosa sia e come funzioni la ricerca del sapere»²³. Una rivoluzione scientifica portata avanti da un filosofo antico pare quasi essere un'assurdità, eppure non è molto diverso dall'operazione di Descartes perseguita nel corso del Seicento, di Faraday e Maxwell tra Ottocento e Novecento, o degli stessi Einstein e Heisenberg per quanto riguarda la fisica contemporanea; ciò che risulta essere in comune è l'aspetto concettuale e intellettuale della scienza, il quale storicamente non viene mai meno nonostante vari tentativi di dimenticarlo o di

23. C. Rovelli, *Che cos'è la scienza. La rivoluzione di Anassimandro*, Mondadori, Milano, 2015, p. 106.

lasciarlo passare in secondo piano. La scienza non è né un mero fattore speculativo, né un fattore tecnico ed empirico, ma lavora sulle intersezioni culturali, sulle ambizioni delle idee e la volontà di portarle avanti con la speranza di vederle crescere e sviluppare tra passato, presente e futuro.

Elogio dell'incertezza e cultura dell'inaccessibile

Il connubio annunciato tra filosofia e scienza è quello che rende maggior onore alla stessa storia del percorso scientifico per come esso è progredito nel corso del tempo, non avendo mai rinunciato a lanciare uno sguardo universale su ogni teoria o ipotesi avanzata per spiegare fenomeni terrestri e celesti. Uno dei principali problemi moderni e contemporanei risulta essere decisivo: «questa riduzione della scienza alle predizioni verificabili non rende giustizia né alla pratica della scienza, né al modo in cui realmente la scienza cresce, né soprattutto all'uso effettivo che ne facciamo e al motivo per il quale, alla fine dei conti, ci interessa»²⁴. Ciò non toglie che la questione relativa alla verificabilità sia importante, ma non risulta essere più sufficiente se vogliamo costruire una scienza che abbia la consapevolezza e il coraggio di indagare i misteri dell'universo che abbiamo appena cominciato a scrutare per davvero. Dunque, non è possibile elevare uno degli strumenti a caratteristica fondamentale e primaria dell'intera scienza, poiché, come ha anche dimostrato il percorso storico e politico, gli elementi principali risultano essere di natura concettuale e intellettuale, dal momento che da anni la ricerca scientifica si occupa di fenomeni talmente vasti e difficilmente comprensibili da non poter arrogarsi il diritto di poterli effettivamente ridurre a sensazioni empiriche. Il progresso scientifico, inoltre, non lavora per sottrazione,

24. Ivi, p. 110.

bensì per addizione, come dimostra il lavoro di Einstein o di altri illustri pensatori e teorici. Il fatto che molte teorie ritenute certe siano state sconfessate attraverso i loro limiti nel corso della storia, come il sistema tolemaico, l'universo newtoniano, o l'indivisibilità dell'atomo, non significa che esse non abbiano valore e utilità per il lavoro della scienza, ma che non possiamo mai dare nulla per definitivo e certo in linea assoluta, specialmente ora che sappiamo di muoverci su di un terreno molto instabile, dovendo guardare l'immensità dell'universo nel tentativo di capirci qualcosa. Ne abbiamo osservata solo una piccolissima parte, resta ancora molto da fare.

Se seguiamo da vicino queste riflessioni non potremo giungere che ad un inevitabile elogio dell'incertezza, dove fondiamo il nostro lavorare scientifico sul pensiero, e sulla prospettiva di voler addentrarci sempre di più in quella pericolosa scatola nera della natura, senza porci più alcun limite. Un elogio dell'incertezza che prescrive la rinascita del pensiero filosofico-scientifico attraverso il recupero della metafisica come referente intellettuale relativo a quello che Greene non si stanca di definire l'inaccessibile, il vero futuro della scienza. Infatti, come sostiene lo stesso Stephen Hawking, pur rimanendo perplesso riguardo i metodi che questa nuova scienza dovrebbe effettivamente percorrere, non possiamo fare a meno di andare alla ricerca di una teoria del tutto, una teoria che unifichi davvero tutte le forze, una teoria che concili il modello della relatività generale con quello della meccanica quantistica. Esiste anche un'evidenza storica per questa inesorabile tendenza della natura umana verso un principio primo e unificatore, che non possiamo affatto ignorare: per Anassimandro e gli ioni l'ordine del cosmo nelle sue caratteristiche, per Aristotele il Primo Motore Immobile che è *causa finale* del movimento di tutta la realtà, per Descartes Dio e la me-

tafisica con la sua evidenza *chiara e distinta*, per Newton Dio e il tempo assoluto del suo creare meccanicistico, per Einstein lo spaziotempo e le sue forme. E per noi? La teoria delle stringhe? I multiversi? Oppure gli universi paralleli?

Alla luce di quanto è stato detto, possiamo considerare a tutti gli effetti la teoria delle stringhe una teoria scientifica, ma nel senso di ciò su cui scienza e filosofia potranno riflettere sul proprio futuro. La teoria delle stringhe non è solamente una *congettura esplicativa* e una teoria unificatrice nella maniera che abbiamo visto, ma è anche uno dei maggiori simboli di come la scienza potrebbe lavorare assieme alla filosofia nel tentativo di arricchire la propria visione globale: la teoria delle stringhe è un modello matematico e metafisico-scientifico, poiché indaga nel profondo dell'inaccessibile cercando risposte e trovando nuovi spunti di riflessione dai quali nascono altre ricerche, ulteriori visioni. La teoria delle stringhe è utile, perché ci costringe ad imbatteci nella nostra piccolezza di fronte alla vastità delle leggi del cosmo, oltre che del cosmo stesso; la teoria delle stringhe si regge su principi matematici che sono stati ritenuti la rivoluzione matematica del secolo, meritevole di essere studiata solamente per questo aspetto non secondario.

La teoria delle stringhe ci ricorda della lezione di Anasimandro analizzata da Rovelli e l'importanza del lavoro intersoggettivo e collaborativo con la filosofia e i suoi aspetti culturali. Essa risulta essere una teoria filosofica, scientifica, metafisico-scientifica, una metafisica scientifica rappresentante la volontà e il coraggio dell'umanità di voler spiegare il tutto, tutto ciò che la circonda e che non può veramente afferrare con le mani, poiché stringerebbe solo un pugno di mosche in un oceano di giganti dinosauri. La teoria delle stringhe ci ricorda come i metodi della scienza debbano cambiare per poter rispondere in maniera effica-

ce all'evoluzione della nostra stessa osservazione del cielo e dei suoi fenomeni: non possiamo, cioè, limitarci ad una visione strumentale e tecnicistica, ma dobbiamo avere il coraggio di andare oltre, di creare davvero i presupposti per una scienza universale fondata sull'incertezza proficua e la tolleranza totale relativa alla costruzione delle teorie, nei modi e nei limiti che abbiamo indicato.

L'elogio dell'incertezza e della teoria delle stringhe come teoria scientifica dell'inaccessibile da indagare necessariamente non toglie valore allo strumento empirico e sperimentale che la ricerca scientifica usa da anni e continuerà ad usare, poiché il fatto che le nostre assunzioni di tipo intellettuale possano anche essere sbagliate non mina la consapevolezza riguardo alla nostra ragione, la quale è lo strumento migliore di cui possiamo effettivamente disporre. Difatti, esaltare eccessivamente il progresso della tecnica e attribuirle una superiorità assoluta potrebbe addirittura essere l'origine di tante tragedie, dietro l'angolo quando ci si affida alle doti taumaturgiche della scienza, come si è visto durante la Seconda Guerra Mondiale o con la costruzione della bomba atomica; oggi viviamo con la costante paura che il mondo finisca molto prima di quanto crediamo proprio a causa di un conflitto nucleare su larga scala. Proprio per questo motivo è necessario che il ruolo dello scienziato non sia visto solamente come quello di un tecnico specializzato, bensì un uomo con rilevanti responsabilità morali e politiche: così come la scienza non deve dimenticare il contesto culturale e storico-filosofico nel quale opera, allo stesso tempo lo scienziato non può dimenticarsi del suo ruolo intellettuale e sociale. Del resto, «lo scienziato può fare del suo meglio per promuovere la cooperazione internazionale nel proprio campo. La grande importanza che molti governi annettono al giorno d'oggi alle ricerche di fisica nucleare ed il fatto che il livello di la-

voro scientifico è ancora molto diverso nei diversi paesi favorisce la cooperazione internazionale in questa attività»²⁵.

La teoria delle stringhe non è l'unico modello presente per il futuro della fisica e non sarà nemmeno l'ultimo, come suggeriscono le numerose ricerche degli ultimi anni in merito all'osservazione dell'universo e ai calcoli quantistici e relativistici. Ciò che conta, in quest'ottica, è che essa rappresenti una proposta di metodo per il futuro della scienza, di fronte alla vastità dell'universo e del necessario accordo tra pensiero scientifico e pensiero metafisico, per cercare quella *teoria del tutto* in grado di unificare il nostro sapere o anche solamente di fornirci nuovi spunti di indagine e riflessione, come dimostrano i risultati che abbiamo raggiunto finora e che speriamo di poter raggiungere ancora.

Siamo partiti dai cinque grandi problemi della fisica teorica identificati da Smolin e siamo giunti ad un discorso relativo al futuro prossimo e remoto della stessa scienza. Siamo in grado di dire se questi quesiti saranno risolti in breve tempo o se occorreranno ancora decenni o addirittura secoli? No, non siamo in grado. Se fondiamo il nostro agire sull'impegno e sulla speranza non possiamo avere certezze empiriche, ma solo certezze concettuali riguardo alla costanza della ricerca e dell'analisi che non cesserà mai di voler scrutare fin nel profondo del possibile e, forse, anche dell'impossibile. Per fare questo la scienza non solo deve entrare pienamente nella rivoluzione inaugurata da Einstein e colleghi, ma adeguarsi all'incertezza e all'instabilità, fondando la sua essenza nel concettuale e nell'intellettuale, la sua origine più remota, il suo futuro più garantito e proficuo. Che cosa diventa, allora, la scienza? Anche secondo le parole di un altro celebre ricercatore come Richard Feynman (da alcuni definito addirittura

25. W. Heisenberg, *Fisica e filosofia*, op. cit., p. 191.

l'Indiana Jones della scienza), essa diventa senza dubbio il piacere dello scoprire, dell'esplorare:

Se vi aspettate che la scienza dia tutte le risposte alle meravigliose domande su chi siamo, dove andiamo, qual è il significato dell'universo e così via, rimarrete facilmente delusi, e potreste allora cercare qualche soluzione di tipo mistico a questi problemi. Non capisco come uno scienziato possa cedere ad una tentazione simile, dato che l'intero spirito della scienza si basa sulla retta comprensione; ma non importa. Pensatela come volete, io credo che il nostro compito sia di esplorare, di scoprire quanto più possibile sul mondo. [...] ²⁶

Ovviamente, ciò non significa rinunciare alla *Theory of everything* o all'unificazione generale che anche la teoria delle stringhe persegue, ma significa concepire tali teorie e tale spinta necessaria come volontà di esplorazione, non tanto per trovare una risposta certa e definitiva, ma per poter continuare ad esplorare senza avere paura di fermarsi o rinunciare a correre questa infinita maratona.

E la filosofia? A cosa ci serve, in fin dei conti, la filosofia? Come abbiamo detto, essa deve lavorare di comune accordo con la scienza e dare così valore alla natura umana da un punto di vista concettuale e metafisico, nonché scientifico ed empirico. Si tratta del mondo, della sua spiegazione ed esplorazione, ma si tratta anche di noi:

[...] la filosofia è un'attività che mira innanzitutto alla conoscenza, una conoscenza che non differisce in alcun modo essenziale dalla conoscenza scientifica e non è limitata ad alcun campo del sapere. Come dice Descartes, la filosofia mira alla «conoscenza di tutte le cose che l'uomo può sapere». Perciò gli obiettivi della filosofia non sono essenzialmente differenti da quelli delle scienze, e la filosofia è un'attività che non è

26., R. Feynman, *Il piacere di scoprire*, Adelphi, Milano, 2002, pp. 40-42.

essenzialmente differente dalle scienze. L'unica differenza tra la filosofia e le scienze è che la filosofia si occupa di questioni che vanno al di là dei confini delle scienze esistenti, che queste non sanno trattare, e se ne occupa battendo vie ancora inesplorate. Così facendo, quando ha successo, essa può anche dar origine a nuove scienze.²⁷

Il futuro della scienza è la scienza filosofica della realtà, sia del mondo fisico che dell'universo nel quale siamo immersi. Non possiamo sottrarci, poiché gli *infiniti spazi al di là della siepe che da tanta parte il guardo esclude* sono davvero tanti, e dobbiamo avere il coraggio, la forza, la determinazione di esplorarli uno per uno.

27. C. Cellucci, *Perché ancora la filosofia*, Laterza, Bari, 2008, p. 10.

Bibliografia

Letteratura primaria

STORIA DELLE TEORIE DELLA MATERIA

Kaku Michio, Thompson Jennifer, *La teoria del tutto. Einstein e le nuove vie della fisica*, Castelveccchi, Roma 2015.

Greene, Brian, *L'universo elegante. Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima*, Einaudi, Torino 2015.

La realtà nascosta. Universi paralleli e leggi profonde del cosmo, Einaudi, Torino 2012.

Randall Lisa, *Passaggi curvi. I misteri delle dimensioni nascoste dell'universo*, il Saggiatore, Milano 2008.

Smolin Lee, *L'universo senza stringhe. Fortuna di una teoria e turbamenti della scienza*, Einaudi, Torino 2007.

Susskind Leonard, *Il paesaggio cosmico. Dalla teoria delle stringhe al megaverso*, Adelphi, Milano 2007.

MECCANICA QUANTISTICA E RELATIVITÀ

Bergia Silvio, *Einstein e la relatività*, Laterza, Roma-Bari, 1980.

Bodanis David, *E= mc². Biografia dell'equazione che ha cambiato il mondo*, Mondadori, Milano 2001.

Faus Jesús Navarro, *I grandi scienziati della storia: Heisenberg. Fisica quantistica: il principio di indeterminazione*,

“Storica”, n. 3.

Corbò Guido, *Fisica per non fisici*, Salani editore, Milano 2015.

D’Espagnat Bernard, *Alla ricerca del reale. Fisica e oggettività*, Bollati Boringhieri, Torino 1983.

Friedrich von Weizsacker Carl, *I grandi della fisica. Da Platone a Heisenberg*, Donzelli, Roma 2002.

Halpern Paul, *I dadi di Einstein e il gatto di Schrödinger. Due menti geniali alle prese con gli enigmi della fisica contemporanea*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2016.

Kern Stephen, *Il tempo e lo spazio. La percezione del mondo tra Otto e Novecento*, Il Mulino, Bologna 1988.

AA. VV., *Einstein: cento anni di relatività generale. L’eredità di una teoria che stimola ancora molte ricerche*, «Le Scienze», n. 567, 2015.

Letteratura secondaria

SAGGI DI FISICA TEORICA

Barbour Julian, *La fine del tempo. La rivoluzione fisica prossima ventura*, Einaudi, Torino 2015.

Davies Paul, *I misteri del tempo. L’universo dopo Einstein*, Mondadori, Milano 1996.

Superforza, Mondadori, Milano 1986.

Deutsch David, *La trama della realtà*, Einaudi, Torino 1997.

Feynman Richard, *La legge fisica*, Bollati Boringhieri, Torino 1996.

Sta scherzando, Mr. Feynman!, Zanichelli, Bologna 1992.

Greene Brian, *La trama del cosmo. Spazio, tempo, realtà*, Einaudi, Torino 2014.

Hawking W. Stephen, *Dal Big Bang ai buchi neri*, BUR, Milano 2014.

Hawking W. Stephen, *L'universo in un guscio di noce* Mondadori, Milano, 2014.

La grande storia del tempo, BUR, Milano 2014.

La teoria del tutto. Origine e destino dell'universo, BUR, Milano 2015.

Hawking W. Stephen e Penrose Roger, *La natura dello spazio e del tempo. Come capire l'incomprensibile*, BUR, Milano 2013.

Kaku Michio, *Beyond Einstein*, Anchor, New York, 1987.

Lloyd Seth, *Il programma dell'universo*, Einaudi, Torino 2006.

Rovelli Carlo, *La realtà non è come ci appare. La struttura elementare delle cose*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2014.

Sette brevi lezioni di fisica, Adelphi, Milano 2014.

Scherk Joel, «Reviews of Modern Physics», n. 47, 1975.

Schwarz John, *Superstrings*, «World scientific», voll. 1-2, 1985.

Smolin Lee, *La rinascita del tempo. Dalla crisi della fisica al futuro dell'universo*, Einaudi, Torino 2014.

La vita del cosmo, Einaudi, Torino 1998.

Taylor John, *I buchi neri. Nuovi traguardi per la scienza o la fine dell'universo?*, Longanesi, Milano 1977.

Thorne Kip, *Black Holes and Time Warps*, New York, Norton 1994

Weinberg Stephen, *I primi tre minuti*, Mondadori, Milano 1990.

Il sogno dell'unità dell'universo, Milano, Mondadori 1993.

Wheeler John A., *Gravità e spazio-tempo*, Bologna, Zanichelli 1993.

Wilczek Frank, *Una bellissima domanda. Scoprire il disegno profondo della natura*, Einaudi, Torino 2016.

OPERE FILOSOFICHE

Aristotele, a cura di Reale Giovanni, *Metafisica*, Bompiani, Milano 2010.

Armstrong David M., *Che cos'è la metafisica*, Carocci, Roma 2016.

Cellucci Carlo, *Perché ancora la filosofia*, Laterza, Bari 2008.

Descartes René, a cura di Landucci Sergio, *Meditazioni metafisiche*, Laterza, Bari 2010.

Feyerabend Paul K., *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Feltrinelli, Milano 1979.

Habermas Jurgen, *Il futuro della natura umana. I rischi di una genetica liberale*, Einaudi, Torino 2010).

Heidegger Martin, *Il concetto di tempo*, Adelphi, Milano 1998.

Segnavia, Adelphi, Milano 1987.

Husserl Edmund, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, il Saggiatore, Milano 2015.

Meditazioni cartesiane, Bompiani, Milano 2009.

Jaspers Karl, *Origine e senso della storia*, Mimesis, Milano-Udine 2014.

Kant Immanuel, a cura di Agostini Igor, *Dissertazioni latine*, Bompiani, Milano 2014.

SCIENZA, STORIA E FOTOGRAFIA

Ball Philip, *Al servizio del Reich. Come la fisica vendette l'anima a Hitler*, Einaudi, Torino 2015.

Campaner Raffaella (a cura di) *La spiegazione nelle scienze umane*, Carocci, Roma 2004.

Ciardi Marco, *Galileo & Harry Potter. La magia può aiutare la scienza?*, Carocci, Roma 2014.

Eco Umberto, Fedriga Riccardo, a cura di, *La filosofia e le sue storie. L'età contemporanea*, Laterza, Bari 2015.

Feynman Richard P., *Il piacere di scoprire*, Adelphi, Milano 2012.

Heisenberg Werner, *Fisica e filosofia*, il Saggiatore, Milano 2015.

Fisica e oltre. Incontri con i protagonisti 1920-1965, Bollati Boringhieri, Torino 1999.

Krauss Lawrence M., *La fisica di Star Trek*, TEA, Milano 1995.

Kuhn Thomas S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 1999.

Okasha Samir, *Il primo libro di filosofia della scienza*, Einaudi, Torino 2006.

Rossi Paolo, *I ragni e le formiche. Un'apologia della storia della scienza*, Il Mulino, Bologna 1986.

Storia e filosofia. Saggi sulla storiografia filosofica, Einaudi, Torino 2002.

Rovelli Carlo, *Che cos'è la scienza. La rivoluzione di Anassimandro*, Mondadori, Milano 2015.

Questa parte di albero
è diventata libro sotto i moderni
torchi di NW srl presso LegoDigit srl - Lavis (TN),
nel mese di dicembre 2018.

Possa un giorno,
dopo aver compiuto il suo ciclo
presso gli uomini desiderosi di conoscenza,
ritornare alla terra
e diventare nuovo albero.