



## Teoria delle stringhe, razionalità scientifica e la riflessione filosofica di Franco Selleri

Isabella Tassani  
Università degli Studi di Urbino Carlo Bo  
[isabella.tassani@uniurb.it](mailto:isabella.tassani@uniurb.it)

### Abstract

On the basis of an interesting book written by Lee Smolin on the string theory, we will make some remarks on scientific rationality, as it emerged from the history of modern physics. So, we will put to the test the Thomas Kuhn's methodological criterion, who recognizes the scientific development in alternating of paradigms and revolutions, not yet applying it to the past's science but to the actual one. Our aim is also to show the importance of the foundational and philosophical questions which lie at the heart of science, as Franco Selleri pointed out in several of his works.

La fisica, allo stadio attuale, sembra aver drammaticamente perso la propria strada. La provocatoria sentenza di Lee Smolin, nell'*Introduzione* alla sua brillante opera, *L'universo senza stringhe*, mette in rilievo la *débâcle* di una disciplina che sin dalle origini è stata considerata la scienza fondamentale:

Questa è la storia di una ricerca per arrivare a comprendere la natura a livello più profondo. [...] Il periodo che prenderò in considerazione (all'incirca dal 1975 a oggi) è l'arco di tempo che corrisponde alla mia carriera professionale come fisico teorico. Può darsi che sia anche il periodo più strano e più frustrante della storia della fisica degli ultimi quattrocento anni, da quando Keplero e Galileo iniziarono la pratica della nostra professione.

La storia che narrerò si potrebbe interpretare come una tragedia. Per parlar chiaro – rivelando il finale – abbiamo fallito: abbiamo ereditato una scienza, la fisica,

che aveva continuato a progredire a tale velocità così a lungo che spesso veniva presa a modello per altri generi di scienza. La nostra comprensione delle leggi della natura ha continuato a crescere rapidamente per oltre due secoli, ma oggi, nonostante tutti i nostri sforzi, di queste leggi non sappiamo con certezza più di quanto ne sapessimo nei lontani anni Settanta. È usuale che passino tre decenni senza progressi importanti nella fisica fondamentale?<sup>1</sup>

A sostegno della sua provocazione, Smolin analizza la storia della fisica a partire dal Settecento, annotando le scoperte che si sono succedute circa ogni venticinque anni:

1780 – scoperta di Lavoisier del principio di conservazione della materia;  
 fine Settecento – scoperte importanti sulla natura della luce, della materia, del calore, dell'elettricità e del magnetismo, dell'energia;  
 1830 – 1855 – maggiore comprensione dell'elettricità e del magnetismo;  
 1867 – elettricità, magnetismo, entropia (Maxwell, Clausius);  
 1880 – 1905 – scoperta degli elettroni e raggi X;  
 1905 – 1930 – meccanica quantistica e teorie relativistiche;  
 1930-1955: combinazione di meccanica quantistica e relatività; scoperta di nuove particelle elementari;  
 1955-1980: *modello standard* della fisica delle particelle elementari; estensione della cosmologia.

Nonostante questo passato illustre, alla fine del ventesimo secolo sembra esserci stata una battuta d'arresto:

Si può dire che nel 1981 la fisica aveva alle spalle duecento anni di crescita esplosiva. [...] Poi, all'inizio degli anni Ottanta, tutto si fermò di colpo. Appartengo alla prima generazione di fisici che si sono formati dopo l'enunciazione del modello standard della fisica delle particelle. [...] A volte ci domandiamo di quali scoperte possa andare fiera la nostra generazione. Se si parla di nuove scoperte fondamentali, dimostrate sperimentalmente e spiegate dalla teoria, [...] la risposta, dobbiamo ammettere, è “*Nessuna!*”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Smolin (2006, trad. it. IX-X).

<sup>2</sup> Smolin (2006, trad. it. XII-XIII); Smolin, riconosce che, in verità, si sono ottenuti due risultati sperimentali, ovvero la dimostrazione che i neutrini sono dotati di massa e che esiste l'energia oscura dell'universo. Tuttavia, egli precisa che «non abbiamo la più pallida idea del *perché* i neutrini abbiano una massa», né abbiamo alcuna teoria che spieghi l'energia oscura.

È innegabile che negli ultimi venticinque anni siano stati fatti enormi passi avanti nell'*applicazione* di teorie consolidate (sulle proprietà dei materiali, la fisica molecolare alla base della biologia, la dinamica di vasti ammassi di stelle). Non c'è stato però nessun vero *ampliamento* delle conoscenze delle leggi fondamentali di natura:

La crisi attuale nella fisica delle particelle nasce dal fatto che le teorie che negli ultimi trent'anni sono andate al di là del modello standard appartengono a due categorie: alcune erano falsificabili, e sono state falsificate; le altre non sono state verificate – o perché non formulano previsioni chiare o perché le loro previsioni non sono verificabili con la tecnologia attuale<sup>3</sup>.

Tra le teorie che non offrono previsioni che possano essere verificate con esperimenti oggi né possibili né concepibili rientra la *teoria delle stringhe*, che ha goduto e gode tuttora di grandissima popolarità e che si presenta come la teoria che da sola unifica *tutte* le particelle e *tutte* le forze di natura.

Ci sono infinite versioni della teoria<sup>4</sup> e in questo consiste l'ostacolo principale a una sua possibile verifica, ma anche a qualunque possibile falsificazione; inoltre nessun esperimento oggi concepibile potrà mai dimostrare che essa è vera né falsa, dato, ad esempio, l'elevato numero di dimensioni spaziali che essa prevede<sup>5</sup>.

La situazione è paradossale: la teoria delle stringhe rappresenta una sorta di vera e propria "moda intellettuale", pur non avendo ricevuto ancora alcuna conferma sperimentale e malgrado la sua improbabile confermabilità futura. Possiamo perciò ricavarne numerosi spunti di riflessione.

---

<sup>3</sup> Smolin (2006, trad. it. XV).

<sup>4</sup> Smolin (2006, trad. it. XV) precisa: «Anche restringendo il campo alle teorie in accordo con alcuni fatti fondamentali osservati nel nostro universo, [...] le diverse teorie delle stringhe che rimangono sono ben  $10^{500}$  – che è un 1 seguito da 500 zeri, più degli atomi di tutto l'universo conosciuto. Con un numero così enorme di teorie abbiamo poche speranze di riuscire a identificare il risultato di un esperimento che non potrebbe essere inglobato da una di queste. Quindi, indipendentemente da ciò che risulta dagli esperimenti, la teoria delle stringhe non si può confutare. Tuttavia è vero anche l'opposto: nessun esperimento potrà mai dimostrare che è vera».

<sup>5</sup> Smolin (2006, trad. it. 104) ribadisce: «Dopo qualche anno di duro lavoro, si scoprì che la teoria delle stringhe, come teoria fondamentale, poteva essere coerente con la relatività speciale e con la teoria quantistica solo a patto che venissero soddisfatte numerose condizioni: primo, il mondo doveva avere venticinque dimensioni spaziali [...]. Non sembra che il mondo abbia venticinque dimensioni spaziali. Per quale motivo la teoria non venne immediatamente abbandonata è uno dei grandi misteri della scienza».

In primo luogo, per lo storico e il sociologo della scienza diventa interessante capire perché la teoria abbia attirato su di sé tante attenzioni e ingenti finanziamenti<sup>6</sup>.

Inoltre, la teoria delle stringhe solleva molti quesiti di natura epistemologica, riguardanti ad esempio lo statuto di una teoria scientifica, o le *ragioni* o le *emozioni* su cui si fonda la nostra fiducia nella razionalità scientifica<sup>7</sup>. Tornano ad essere pregnanti le questioni dibattute dall'epistemologia contemporanea: gli scienziati compiono sempre scelte razionali nella costruzione delle loro teorie? Si può assumere la razionalità scientifica come modello di "razionalità" *tout court*? È premiante per la scienza diffidare delle questioni filosofiche o fondazionali?

### 1. Nel mezzo di una rivoluzione scientifica

La teoria delle stringhe nasce in un contesto di tipo "rivoluzionario", per utilizzare il linguaggio di Thomas Kuhn, ovvero nel tentativo di unificare le due principali teorie fisiche del Novecento, meccanica quantistica e relatività.

In tale ambito, i teorici delle stringhe affrontano le tradizionali domande filosofiche sulla natura dello spazio e del tempo. A questo proposito, Smolin valuta lo stadio attuale della storia della fisica e sostiene la necessità di condurre a termine più di una rivoluzione scientifica, spinti soprattutto dalla necessità di conciliare i risultati delle teorie relativistiche con quelli della meccanica quantistica: «Noi siamo ora nel mezzo di una rivoluzione e non una, ma molte nuove idee sullo spazio e il tempo devono essere considerate»<sup>8</sup>. A più riprese, dunque, Smolin ribadisce l'impressione di essere nel mezzo di una rivoluzione da portare a compimento: «Relatività e meccanica quantistica sono perciò la prima tappa di una rivoluzione che ora, un secolo dopo, rimane incompiuta»<sup>9</sup>.

Per portare a termine la rivoluzione, conciliando i risultati delle precedenti teorie, è stata elaborata una nuova teoria, non ancora completa e tuttora non verificata empiricamente, la *teoria quantistica della gravitazione*.

---

<sup>6</sup> L'assai diffuso interesse per la teoria delle stringhe è testimoniato dalla vastissima letteratura, anche di tipo divulgativo, ad essa dedicata. A titolo meramente esemplificativo, rimandiamo a Greene (1999) e a Gubser (2010).

<sup>7</sup> Smolin (2006, trad. it. XVII, XXI).

<sup>8</sup> Smolin (2006, trad. it. 1).

<sup>9</sup> Smolin (2006, trad. it. 4).

In un'opera scritta qualche anno prima, *Three roads to quantum gravity* (2001), Smolin aveva indagato le tre modalità di conciliazione delle teorie: 1) la via derivante dalla meccanica quantistica: idee e metodi sono stati sviluppati prima in altre parti della teoria quantistica (*string theory*); 2) la via derivante dalla relatività generale: si tenta di modificare i principi per includere i fenomeni quantistici (*loop quantum gravity*); 3) la via perseguita da fisici che, considerando incomplete relatività e meccanica quantistica, non esitano a «inventare interamente nuovi universi concettuali e formalismi matematici»<sup>10</sup>.

Ai diversi punti di vista corrispondono precise domande filosofiche sottostanti le teorie, che forniscono il *quadro concettuale* che permetterà di raggiungere la prossima tappa, la teoria quantistica della gravitazione.

Secondariamente, gli scienziati che portano avanti i tre diversi programmi di ricerca formano una comunità “ristretta” (ma che riceve molti finanziamenti), di cui Smolin nel 2001 sembra far parte con entusiasmo e fiducia. Nell'opera successiva il tono dell'autore è meno entusiastico, molto più critico nei confronti della comunità dei sostenitori della teoria delle stringhe; la drammaticità sottesa a ogni controversia scientifica emerge infatti già nella scelta del titolo, *The Trouble with Physics* (2006). Solo l'analisi di una specifica diatriba consente infatti di capire come “funzioni” concretamente la scienza. Dominante diventa il tema della «relazione tra democrazia e scienza», che può essere colta solo nel contesto di una «specifica controversia scientifica»<sup>11</sup>.

L'analisi di Smolin si pone dunque sulla scia delle riflessioni di Thomas Kuhn, ne *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962), per il quale lo storico che voglia comprendere il processo dinamico dell'evoluzione della scienza deve innanzitutto cogliere il momento in cui il *paradigma* dominante viene messo in discussione da una vera e propria rivoluzione. Dopo la fase di sovvertimento dei principi fondamentali che costituiscono il paradigma, osserva Kuhn, gli scienziati *normali* tendono a loro volta a crearne uno nuovo e a mantenerlo intatto, mettendo in secondo piano coloro che esprimono il loro dissenso. La parte predominante dell'impresa scientifica è infatti quella di costruzione della scienza “normale”, ovvero di consolidamento del paradigma. A questo riguardo, Lakatos dirà che per Kuhn la rivoluzione finisce per essere eccezionale, extra-scientifica, una sorta di “conversione mistica”, più che frutto di un processo razionale<sup>12</sup>.

---

<sup>10</sup> Smolin (2001, 9-10).

<sup>11</sup> Smolin (2006, trad. it. XXVII).

<sup>12</sup> Lakatos, Musgrave (1970, trad. it. 166): nonostante le numerose concordanze, una diversa prospettiva epistemologica divide Kuhn dai maggiori epistemologi: «Per Popper il

Nella sua provocatoria opera, *Contro il metodo* (1975), Feyerabend rende radicale la propria critica, sostenendo che la scienza non sempre obbedisce a criteri logico-razionali. Le teorie scientifiche infatti progrediscono spesso non in base a conferme empiriche, e gli scienziati le elaborano non seguendo pedissequamente il metodo scientifico, ma piuttosto grazie anche al contributo di elementi irrazionali (senza escludere il ricorso a immagini del mito o della metafisica). Per questo, secondo Feyerabend, per capire il vero funzionamento della scienza è necessario considerare il contesto della scoperta, non quello della giustificazione razionale, ovvero ricostruire il contesto storico-culturale che spiega la nascita di una teoria. Se gli scienziati seguissero, nella fase della scoperta, la rigida razionalità del metodo ipotetico-deduttivo che dichiarano quando espongono in maniera sistematica le loro teorie ormai consolidate, in realtà non scoprirebbero nulla di innovativo; piuttosto, la scoperta è spesso frutto non di un pensiero logico-razionale, ma divergente.

La critica di Feyerabend è così radicale da rivolgersi non solo al pensiero scientifico, bensì alla razionalità stessa, che a partire dall'età moderna è stata identificata in maniera quasi esclusiva con la razionalità scientifica occidentale, pur non esaurendosi in verità in essa.

Smolin ammette il suo debito intellettuale nei confronti di Feyerabend, dal quale dichiara di avere imparato cinicamente che talvolta il progresso richiede «una profonda riflessione filosofica, ma il più delle volte non ne ha bisogno. Generalmente è promosso da opportunisti che non vanno troppo per il sottile, esagerando le loro conoscenze e i loro successi»<sup>13</sup>. Eppure per entrambi, nonostante le vie tortuose che segue, la scienza è un'impresa che giunge alla fine a risultati razionali.

Smolin trova convincenti le argomentazioni di Feyerabend, secondo cui «nei momenti critici gli scienziati fanno progressi violando le regole. [...] se le regole “del metodo” venissero sempre seguite la scienza si fermerebbe»<sup>14</sup>.

---

mutamento scientifico è razionale [...] e ricade nell'ambito della *logica della scoperta*. Per Kuhn il mutamento scientifico [...] è una conversione mistica [...] e ricade nell'ambito della *psicologia sociale della scoperta*». Per un'analisi del dibattito epistemologico posteriore a quello neopositivista sulla scoperta e la razionalità scientifica, si veda Tassani (2009).

<sup>13</sup> Smolin (2006, trad. it. 290).

<sup>14</sup> Smolin (2006, trad. it. 296); cfr. Feyerabend (1975, trad. it. 21) rileva che molte teorie scientifiche dall'antichità ai giorni nostri, tra le quali il copernicanesimo e la teoria ondulatoria della luce, emersero «solo perché alcuni pensatori o *decisero* di non lasciarsi vincolare da certe norme metodologiche “ovvie” o perché *involontariamente le violarono*». E ancora (1975, trad. it. 126-127): «La ragione concede che le idee che noi introduciamo allo scopo di espandere e migliorare la nostra conoscenza possano *sorgere* in un modo

Un altro aspetto importante che Feyerabend solleva, su cui Smolin concorda, è che «la scienza procede alla massima velocità quando esistono teorie contrastanti»<sup>15</sup>. In altri termini, per far progredire la scienza è assolutamente indispensabile che vi siano teorie rivali contrastanti in accordo con i dati sperimentali; solo così potrà alla fine emergere la spiegazione migliore, meno inficiata da quelle scelte teoriche che portano a preferire gli esperimenti e i risultati empirici che sono più in linea con la teoria largamente accettata: «Quando gli scienziati raggiungono un accordo troppo presto, prima di essere costretti dalle prove, la scienza è in pericolo. Dobbiamo allora domandarci che cosa li abbia spinti a una conclusione prematura»<sup>16</sup>.

## 2. Un po' di sociologia e psicologia della scoperta scientifica

Se tentiamo di capire perché gli scienziati siano disposti a impiegare concordemente le loro risorse intellettuali nell'indagine su una teoria scientifica, ci imbattiamo dunque in primo luogo in questioni di natura sociologica.

A questo riguardo potremmo chiederci perché la teoria delle stringhe abbia attirato su di sé tante attenzioni e ingenti finanziamenti. Smolin calcola che, dal 1984 a oggi, più di 1000 scienziati, tra i più esperti del mondo, abbiano svolto ricerche in questo settore. Su quali *ragioni*, o forse *emozioni*, si fonda la nostra fiducia nella razionalità scientifica?

---

molto disordinato e che l'*origine* di un punto di vista particolare possa dipendere da pregiudizi di classe, passione, idiosincrasie personali, questioni di stile, e anche errori, puri e semplici. Essa richiede però anche che nel *giudicare* tali idee seguiamo regole ben definite: la nostra *valutazione* di idee non deve lasciarsi dominare da elementi irrazionali. Ora, i nostri esempi storici sembrano dimostrare quanto segue: ci sono situazioni in cui i nostri giudizi più liberali e le nostre regole più liberali avrebbero eliminato un'idea o un punto di vista che noi consideriamo essenziale per la scienza e non gli avrebbero consentito di affermarsi. [...] Le idee sopravvissero e *ora* si può dire che erano in accordo con la ragione. Esse sopravvissero perché il pregiudizio, la passione, l'opinione, la mera caparbia, in breve tutti gli elementi che caratterizzano il contesto della scoperta, *si opposero* ai dettami della ragione e perché *si permise a tali elementi irrazionali di agire*. [...] *Il copernicanesimo e altre concezioni "razionali" esistono oggi solo perché in qualche periodo nel loro passato la ragione fu sopraffatta*. [...] È perciò consigliabile, *in qualche circostanza*, lasciare che le nostre inclinazioni vadano contro la ragione, poiché la scienza può trarne profitto».

<sup>15</sup> Smolin (2006, trad. it. 303).

<sup>16</sup> Smolin (2006, trad. it. 303).

Secondo la tradizione neopositivista più rigorosa, il primo passo nella valutazione di una teoria scientifica dovrebbe essere, accanto all'analisi logica e formale della teoria stessa, il confronto con l'esperimento e i dati empirici. Tuttavia, riguardo alla teoria delle stringhe, fino ad ora non c'è stata alcuna verifica né alcuna falsificazione definitiva di «una previsione specifica fatta attraverso un esperimento attualmente realizzabile»<sup>17</sup>. Per questa ragione, opportunamente Smolin si chiede se sia giusto continuare a considerarla il «paradigma dominante della fisica teorica»:

È giusto che le ricerche di questo settore continuino a ricevere la maggior parte delle risorse destinate alla soluzione dei problemi fondamentali della fisica teorica? È giusto continuare ad affossare altri approcci, a favore della teoria delle stringhe? È giusto che solo gli stringhisti possano accedere agli incarichi di ricerca più prestigiosi, come accade oggi? Penso che la risposta a tutte le domande sia un bel “no”: a nessun livello i successi della teoria delle stringhe sono stati tali da giustificare il fatto di concentrarvi tutte le nostre risorse<sup>18</sup>.

La gestione accademica e nei centri di ricerca di risorse economiche non illimitate consente di porre la domanda fondamentale che è sottesa alle precedenti: fino a che punto, nell'ambito della scienza, c'è posto per coltivare il dissenso?

La risposta è di tipo sociologico. Oggi vi è una sovrapproduzione di specializzati e la concorrenza è spietata; negli enti di ricerca e nelle Università, c'è la tendenza a premiare chi segue programmi di ricerca già avviati, che hanno maggiori probabilità di ricevere adeguato riconoscimento e di ottenere nuovi finanziamenti, piuttosto che favorire chi persegue idee nuove. Kuhn stesso aveva rilevato che, una volta che si sia superata la fase di rivoluzione, il paradigma si consolida e tende all'autoconservazione. Analogamente, Smolin rileva che persino nella scienza «le mode intellettuali sono decisamente troppo importanti e chi le ignora ha una carriera accademica rischiosa»<sup>19</sup>.

Il fatto che i teorici delle stringhe sentano di appartenere a una sorta di *clan*, più di altri gruppi di fisici, e facciano comunemente riferimento «all'opinione della comunità», contribuisce ulteriormente a isolare chi propone teorie alternative.

Molti stringhisti «credono sinceramente che per progredire più veloci sia meglio concentrare gli sforzi di una *grande comunità* di persone molto

---

<sup>17</sup> Smolin (2006, trad. it. 180).

<sup>18</sup> Smolin (2006, trad. it. 199).

<sup>19</sup> Smolin (2006, trad. it. 264).



intelligenti piuttosto che incoraggiare i colleghi a pensare in maniera indipendente e a perseguire una grande varietà di direzioni»<sup>20</sup>. In un contesto di risorse limitate, il loro atteggiamento potrebbe apparire ragionevole, se non fosse che gli studi di storia della scienza dimostrano piuttosto che è la presenza di teorie alternative che fa emergere la miglior spiegazione.

Al contrario, essi tendono a mantenere una notevole *uniformità* di opinioni, ovvero a proporre un «approccio monolitico disciplinato»<sup>21</sup>, che trova una garanzia nell'essere approvato da una sorta di "gerarchia" rappresentata da coloro che controllano il piano delle ricerche.

In realtà la scienza per progredire ha bisogno di personalità molto diverse tra loro. Se infatti consideriamo lo stile di ricerca degli scienziati, possiamo ricondurli a due categorie principali: gli *scienziati artigiani*, ovvero coloro che hanno notevoli abilità tecniche nella soluzione di problemi matematici e tendono ad apprezzare anche negli altri il *problem solving*; gli *scienziati visionari*, ovvero coloro che sono sognatori, si interrogano sulla natura dell'esistenza, interessati alle questioni filosofiche o fondazionali della scienza, indipendenti, talvolta lenti nel giungere ai risultati perché devono sviscerare a fondo gli argomenti.

Se consideriamo la storia della scienza, possiamo facilmente ricondurre i grandi scienziati a una di queste due categorie e comprendere che le idee nuove e veramente sconvolgenti tendono a provenire dai visionari, capaci di intuire un principio filosofico profondo, come ad esempio Einstein:

La scienza non è mai stata organizzata in modo favorevole ai veggenti. La storia degli impieghi di Einstein ne è un esempio. Ma cent'anni fa il mondo accademico era più piccolo e gli estranei dotati di buona preparazione erano tutt'altro che rari. Era un'eredità dell'Ottocento, quando a praticare la scienza erano per lo più non professionisti pieni di entusiasmo, abbastanza ricchi da non aver bisogno di lavorare, o abbastanza convincenti da trovare un mecenate<sup>22</sup>.

Pur con qualche approssimazione, anche i teorici della meccanica quantistica possono essere ricondotti a queste due categorie.

Inoltre, la rivoluzione della meccanica quantistica, secondo Smolin, fu realizzata da una generazione di scienziati per lo più orfani, in quanto molti fisici di quella precedente erano stati uccisi nella Prima guerra mondiale. Una simile affermazione è certamente caratterizzata da una certa

---

<sup>20</sup> Smolin (2006, trad. it. 271).

<sup>21</sup> Smolin (2006, trad. it. 271).

<sup>22</sup> Smolin (2006, trad. it. 312).

imprecisione, risulta forse valida per i fisici tedeschi, ma non genericamente per tutti<sup>23</sup>.

Tuttavia, se indebolita, non risulta priva di una qualche suggestione. Infatti, non è improbabile che, per far trionfare la versione nota come “interpretazione di Copenaghen”, anche Bohr e i suoi allievi abbiano a loro volta usato le armi della politica accademica. Rimane comunque valida la considerazione che la scienza ha bisogno di stili diversi di ricerca, che richiede un «equilibrio tra ribellione e rispetto»<sup>24</sup> del paradigma, e che le teorie dominanti spesso si affermano più che altro per motivi legati alla gestione del potere.

Secondo Smolin, la crisi della fisica attuale dipende dal fatto che noi siamo in un periodo *rivoluzionario*, ma stiamo cercando di uscirne usando gli strumenti della scienza *normale*. Questo accade perché il sistema di premi e di finanziamenti ha avvantaggiato i teorici che partecipano a grandi progetti di ricerca, a scapito degli indipendenti, magari portatori di idee originali.

Un punto rilevante al riguardo è il rapporto tra democrazia e scienza. Infatti, essendo le teorie sottoposte al controllo razionale e a un pubblico di esperti, si tende a ritenere che esse vengano giudicate in maniera neutrale e oggettiva. In realtà, la neutralità nel giudicare le verità scientifiche è già stata ampiamente discussa da Kuhn, Feyerabend e dagli epistemologi appartenenti alla cosiddetta “nuova filosofia della scienza”. Smolin ammette di aver scoperto amaramente che la scienza, pur essendo una democrazia, in realtà non funziona in base a una regola di maggioranza, bensì in base al consenso della comunità. Per questo i sostenitori di teorie che dissentono dall’ortodossia tendono a essere relegati in secondo piano, se non apertamente ostacolati<sup>25</sup>.

In sintesi, Smolin condivide il punto di vista di Kuhn e Feyerabend nell’analisi sociologica della comunità scientifica dominante sui seguenti aspetti:

1) La fisica è un’impresa che giunge a conclusioni razionali, ma si dovrebbe attivare un maggior *sensu critico* nella considerazione dei risultati acquisiti, anche di quelli matematici;

<sup>23</sup> Per un’analisi molto accurata rimandiamo ai classici lavori di Jammer (1966 e 1974).

<sup>24</sup> Smolin (2006, trad. it. 346).

<sup>25</sup> Smolin (2006, trad. it. 294); cfr. Smolin (2006, trad. it. 304) ammette la propria ingenuità, riconoscendo che i meccanismi di *soppressione del dissenso* sono arcinoti nelle scienze sociali e nelle discipline umanistiche, mentre tendono a essere poco considerati dagli scienziati.

2) Non è il possesso di notevoli strumenti matematici a generare il progresso, ma la capacità di mantenersi aperti a domande fondamentali e a idee alternative. Per generare una rivoluzione nella scienza si devono far agire liberamente più pensatori indipendenti e portatori di ipotesi teoriche rivali.

Infine, potremmo chiederci se per descrivere l'affermazione della teoria delle stringhe sia valido lo schema paradigma-rivoluzione di Kuhn<sup>26</sup>. Smolin sostiene che in questo particolare ambito della storia della fisica il modello di Kuhn non funziona, perché la teoria non è stata elaborata a partire dall'osservazione di anomalie o dati osservativi che non potessero essere spiegati dal paradigma<sup>27</sup>. Ciò non toglie, tuttavia, che la teoria delle stringhe si autocandidi da subito come una vera e propria rivoluzione scientifica, in quanto teoria unitaria e definitiva capace di spiegare l'universo.

### **3. Per superare la crisi: la riflessione di Franco Selleri**

Che il superamento della crisi attuale della fisica passi per la riscoperta dei fondamenti e delle questioni filosofiche sottostanti le teorie è un'ipotesi certamente minoritaria e probabilmente non condivisa dalla maggioranza dei fisici, tuttavia avanzata da quelli più illuminati.

Nella stessa direzione di ricerca di Smolin si è mossa, già da molti anni, l'attività scientifica di Franco Selleri, che ha sottoposto a un'analisi critica serrata i risultati acquisiti delle principali teorie della fisica contemporanea, in particolare quelle relativistiche e la meccanica quantistica.

Riguardo al rapporto tra la scienza e la società che la produce, sin dal 1982 Selleri non mancava di rilevare l'esigenza, anche per lo sviluppo delle stesse teorie scientifiche, di un elevato livello culturale:

È probabilmente vero che l'uomo ha raggiunto un livello scientifico e tecnologico rispetto al quale il livello di civiltà è assolutamente inadeguato. La scienza ha anche dato molte cose positive all'umanità: disponibilità energetiche, mezzi di calcolo elettronico, farmaci, mezzi di trasporto veloce, e così via.

<sup>26</sup> Per un'analisi del concetto di "rivoluzione" scientifica, rimandiamo a Nickles (2009).

<sup>27</sup> Smolin (2006, trad. it. 116) precisa infatti che nel 1984, quando la teoria delle stringhe fu elaborata, il modello standard della fisica delle particelle e la relatività generale bastavano insieme a spiegare gli esperimenti fino ad allora realizzati.

Manca però ancora una cosa importante: una cultura adeguata all'epoca in cui viviamo<sup>28</sup>.

In secondo luogo, Selleri a più riprese ha ribadito la mancanza di neutralità dei dati sperimentali, che sono sempre interpretati sulla base di presupposti teorici o concezioni filosofiche generali che dovrebbero essere indagate e palesemente riconosciute:

La razionalità scientifica è una cosa complessa. Può essere una luce potente che illumina e rende comprensibile una parte della realtà, ma i suoi esiti possono anche dipendere dalle intenzioni di chi la dirige. Nella fisica moderna dirigono i teorici, per il momento ancora quelli ortodossi. Non voglio dire con questo che i risultati sperimentali siano inutili e che gli esperimenti vengano fatti per compiacere questo o quel teorico. Non è così, ad esempio perché i fisici sperimentali delle particelle *non* hanno confermato quasi nessuna delle novità previste dalle teorie contemporanee (quark, gluoni, bosoni di Higgs, monopolo magnetico, decadimento del protone ...) nonostante il fortissimo pregiudizio favorevole dei teorici. Da questi fatti risulta evidente l'indipendenza *finale* degli sperimentali. Tuttavia non tutti i settori della fisica hanno la professionalità delle alte energie e spesso le convinzioni alla moda possono determinare non solo *cosa* fare, ma anche *come* un risultato sperimentale viene raccontato in una pubblicazione. In qualche caso (raro, per fortuna) può anche accadere che risultati "sgradevoli" siano cestinati, o presentati in modo fuorviante. [...] Il "dato" sperimentale non è mai tale, ma è piuttosto un'informazione raccolta tra molte difficoltà e grondante dei pregiudizi teorici di chi ha fatto l'esperimento<sup>29</sup>.

Il riconoscimento che la scienza sia impregnata di elementi derivanti da propensioni personali degli scienziati, mode culturali e condizionamenti storici non deve però nemmeno condurre a conclusioni del tutto irrazionalistiche, né a credere nella totale arbitrarietà dei risultati scientifici, che sono una delle grandi conquiste della razionalità moderna. Anzi, proprio i buoni esiti delle ricerche e le innumerevoli conferme sperimentali danno alla fisica in generale, e alla microfisica in particolare, una solidità tale da permetterle un sereno esame critico dei suoi successi e dei suoi limiti<sup>30</sup>. L'esistenza di interpretazioni diverse degli stessi eventi fisici ci illumina notevolmente sulla natura stessa della scienza:

La meccanica quantistica non è neutrale dal punto di vista filosofico. [...] se la scienza fosse un puro e semplice riflesso della realtà oggettiva, mancherebbe evidentemente lo spazio per divergenze di questo tipo [...]. Ma se la scienza contiene elementi arbitrari (ad esempio, pregiudizi filosofici catturati nella sua

---

<sup>28</sup> Selleri (1982a, 132).

<sup>29</sup> Selleri (1999, 196).

<sup>30</sup> Selleri (1988, 8-9).

struttura), assieme ovviamente a conquiste cognitive irreversibili, allora lo spazio per i disaccordi esiste e può essere assai ampio<sup>31</sup>.

Tra i limiti della microfisica si possono annoverare l'eccessiva frammentazione delle interpretazioni dei fenomeni e dei paradossi quantistici, che ha condotto a un vero e proprio scontro tra diverse correnti, e un atteggiamento rinunciatario che dall'ambito scientifico si è diffuso anche a livello culturale, in breve alla nascita di quella che Selleri definisce «un'epistemologia della rassegnazione verso i limiti, reali o supposti, della conoscenza scientifica»<sup>32</sup>. Invece, è proprio dallo studio dei fondamenti che possono arrivare nuove e armoniose leggi comprensibili e razionali<sup>33</sup>. Nello stesso ambito si è riconosciuta, ad esempio, l'importanza della ricostruzione *concettuale* della scienza, accanto all'analisi puramente empirica dei dati sperimentali:

Quando nella fisica contemporanea ci si allontana dai contenuti strettamente tecnici (sui quali vi è un largo o totale accordo tra i ricercatori) per spingersi verso i contenuti concettuali, la fisica assomiglia sempre di più a un labirinto di linee divergenti, di asperità concettuali, di filosofie diverse e di conflitti. Questa è dunque la difficoltà che deve affrontare chi voglia pervenire ad una comprensione della scienza adeguata al periodo in cui stiamo entrando ed alle sfide che l'umanità si trova di fronte<sup>34</sup>.

Numerosi sono gli spunti filosoficamente rilevanti che si possono trarre dalla lunga attività scientifica di Selleri. In maniera sintetica vorremmo evidenziare i seguenti:

1) La critica all'interpretazione "ortodossa" della meccanica quantistica, viziata da presupposti impliciti idealistici, che hanno indotto i teorici di Copenaghen persino a rinunciare alla fondamentale concezione della fisica come descrizione di una *realtà* fisica indipendente dall'osservatore (*realismo*);

2) La critica all'abbandono, da parte dei fisici quantistici ortodossi, del principio di *causalità*, fondamento di tutta la scienza moderna<sup>35</sup>;

3) La critica alla perdita di *oggettività* della fisica, insieme alla rinuncia alla *comprensibilità*, ovvero alla convinzione che il mondo fisico sia comprensibile e descrivibile in termini oggettivi e spazio-temporali<sup>36</sup>;

---

<sup>31</sup> Selleri (1987a, 4-5).

<sup>32</sup> Selleri (1988, 13).

<sup>33</sup> In Selleri (1988, 14), l'autore fiduciosamente intravede un «panorama nuovo e armonioso di processi atomici e nucleari, che si sviluppano secondo leggi comprensibili e razionali».

<sup>34</sup> Selleri (1988, 13).

<sup>35</sup> Selleri (1988).

4) La necessità di approfondire la natura del tempo e dello spazio nelle teorie relativistiche<sup>37</sup>;

5) L'aver sottolineato il ruolo ineliminabile dello studio dei fondamenti per fare avanzare la ricerca, come è testimoniato, ad esempio, dai numerosi lavori compiuti da Selleri sulla disuguaglianza di Bell<sup>38</sup>;

6) L'aver rilevato l'importanza della riflessione filosofica sulla scienza, per analizzare i presupposti teorici, i concetti di realtà, oggettività, causalità, e studiare la loro genesi storica.

In particolare, la salvaguardia del principio di causalità si accompagna, nella riflessione di Selleri, alla volontà di mantenere intatta l'idea della fisica come disciplina razionale e capace di descrivere il mondo fisico reale, malgrado le difficoltà che sorgono quando si giunge al livello microfisico. Con buone ragioni, egli rileva che a un'attenta analisi storica non può sfuggire che il principio di causalità ha trionfato come idea-guida dominante almeno fino al 1924, molti anni dopo la scoperta del quanto d'azione di Planck (1900) e le ricerche di Bohr sulla quantizzazione delle orbite atomiche (1913). Non è un caso dunque che i teorici ortodossi siano stati disposti a rinunciare alla causalità in un momento storico preciso:

Comunque fino alla prima guerra mondiale la fisica girava nella direzione della causalità. La situazione cambiò rapidamente a partire dal 1924. La formulazione di Copenaghen della meccanica quantistica rinunciava programmaticamente a ogni spiegazione causale nello spazio e nel tempo, dichiarandola impossibile, ed usava la matematica come forza razionalizzatrice diretta. [...] Il dominio del realismo e del razionalismo veniva interrotto in fisica attorno al 1927. Tutta la tradizione del Rinascimento e del secolo dei lumi veniva dichiarata inadeguata per la nuova fisica, che si basava organicamente sulle idee del positivismo e di altre ideologie affini.

Una specie di rullo compressore ideale passava negli ambienti scientifici omologandoli rapidamente alle nuove idee<sup>39</sup>.

Tra i pochi grandi fisici che ebbero la forza di esprimere il loro dissenso possiamo ricordare senza dubbio Planck, Einstein, Ehrenfest, de Broglie, Schrödinger, senza però che questi siano riusciti a convincere i teorici ortodossi, né a trasmettere loro un senso di insoddisfazione verso una teoria che propone un'immagine della realtà "evaporata", per usare il linguaggio di Heisenberg.

---

<sup>36</sup> Selleri (1988, 17, 47).

<sup>37</sup> Selleri (2002).

<sup>38</sup> Van der Merwe, Selleri, Tarozzi, a cura di, (1992).

<sup>39</sup> Selleri (1990, 291-292); cfr. Jammer (1966 e 1974).

Il punto di vista proposto da Selleri è quello del *realismo locale*, in linea con le idee propugnate da Einstein, Schrödinger e altri grandi fisici considerati “eterodossi”. Il realismo locale consiste nell’affermazione dell’esistenza indipendente degli oggetti fisici, basata sul “criterio di realtà” di Einstein, Podolsky e Rosen (EPR), e sulla “separabilità”. Così egli sintetizza il proprio punto di vista:

Le tre idee precedenti costituiscono assieme il naturale punto di vista del *realismo locale*. Il realismo, applicato secondo il criterio di realtà di EPR, la separabilità nel senso specificato e la freccia del tempo appena discussa *sono* il realismo locale. Questa grande idea può essere enunciata globalmente dicendo che per il realista è altrettanto naturale che le cose del mondo esistano indipendentemente dagli esseri umani e dalle loro osservazioni, che dire che esse esistono indipendentemente le une dalle altre<sup>40</sup>.

In altri termini, per Selleri al realismo locale corrisponde non solo una precisa posizione realistica nell’interpretazione della meccanica quantistica, ma più in generale una filosofia razionalistica fiduciosa nelle possibilità dei nostri strumenti conoscitivi e nell’esistenza di processi fisici causali che si sviluppano dal passato al futuro e nello spazio tridimensionale<sup>41</sup>.

Il medesimo approccio razionalistico allo studio delle teorie ha dunque guidato tutta l’attività scientifica di Selleri, soprattutto per rilevare le numerose incompatibilità della teoria quantistica con i principi del realismo. È inoltre servito da guida per studiare la genesi concettuale dei principali paradossi quantistici e per districare la questione del dualismo onda-corpuscolo, che è forse l’argomento più scottante e problematico.

L’atteggiamento rinunciatario dei fisici ortodossi si rivela infatti in primo luogo proprio nell’affrontare tale nodo teorico. Innanzitutto occorre una precisazione di tipo terminologico, in quanto Selleri ritiene che sia opportuno parlare non più di “dualismo onda-corpuscolo”, quanto piuttosto di “dualità”; come è noto, infatti, mentre nella fisica classica i concetti di onda e di corpuscolo erano considerati irriducibili l’uno all’altro, nella meccanica quantistica essi diventano entrambi necessari, sebbene reciprocamente escludentesi, per descrivere sia la luce che la materia. È il fisico Louis de Broglie il primo a estendere l’idea di “onda fantasma” proposta da Einstein<sup>42</sup> e a ipotizzare che l’elettrone consista in un corpuscolo materiale

<sup>40</sup> Selleri (1992, 38).

<sup>41</sup> Selleri (1992, 49); cfr. Selleri, Tarozzi (1981).

<sup>42</sup> Selleri (1999, 139): «L’onda quantistica è stata chiamata “vuota” perché priva in larga o totale misura di quei fondamentali attributi energetici che fanno definire reale un oggetto

*più* un pacchetto d'onde che circonda la particella: «Anche in questo caso una deformazione dell'onda fa sì che quest'ultima eserciti un'azione sul corpuscolo deviandone la traiettoria»<sup>43</sup>.

In linea con la soluzione avanzata da Einstein-de Broglie, sarebbe dunque possibile superare il “paradosso” del dualismo onda-corpuscolo attraverso una diversa interpretazione di fenomeni noti; e questa soluzione rappresenterebbe per Selleri «una prova luminosa della superabilità degli ostacoli ideologici con cui i fisici della scuola di Copenaghen hanno voluto bloccare la strada di una piena comprensione fisica dei fenomeni atomici»<sup>44</sup>. I teorici ortodossi, infatti, pur essendo a conoscenza della possibilità logica di una soluzione come quella proposta da Einstein e da de Broglie, la avrebbero rifiutata *più* per ragioni ideologiche che scientifiche.

Selleri, ponendosi dunque nella prospettiva indicata da Einstein e de Broglie, discute persino proposte di esperimenti concretamente realizzabili, con lo scopo di rendere possibile l'osservabilità diretta delle onde quantistiche così concepite<sup>45</sup>.

Indipendentemente dalla fattibilità delle verifiche sperimentali, ne ricaviamo un buon suggerimento epistemologico: un approccio aperto e razionale dovrebbe guidare gli scienziati in tutti gli ambiti della ricerca. Numerosi sono infatti gli esempi, che Selleri individua, di trionfo di un gruppo dominante che impone la propria interpretazione, non solo in fisica ma anche in settori importanti dell'astrofisica e della cosmologia<sup>46</sup>.

Le ragioni risiedono non solo nell'attaccamento psicologico al paradigma dominante e nei vantaggi in termini di prestigio, di carriera accademica e di finanziamenti che il trionfo della propria interpretazione comporta, ma soprattutto nel disconoscimento delle reali motivazioni che portano uno scienziato a optare per una determinata soluzione:

I fisici dunque non sembrano in grado di chiarire soddisfacentemente il rapporto tra le loro teorie e il mondo materiale. D'altronde essi hanno in genere scarsa coscienza delle loro stesse scelte filosofiche di fondo personali, e addirittura talvolta credono che la loro scienza nulla abbia a che fare con la filosofia<sup>47</sup>.

---

ordinario. [...] Einstein chiamava scherzosamente “campi fantasma” le sue onde quantistiche».

<sup>43</sup> Selleri (1989, 111).

<sup>44</sup> Selleri (1989, 112).

<sup>45</sup> Selleri (1982b, 1987b).

<sup>46</sup> Selleri (1989, 211-231).

<sup>47</sup> Selleri (1989, 235).



Risiede dunque principalmente in un adeguato riconoscimento di tali essenziali componenti il primo passo verso una possibile soluzione di quella *crisi* della fisica che è stata denunciata in ambiti teorici diversi sia da Selleri che da Smolin.

## Bibliografia

- Feyerabend, P., 1975, *Against Method. Outline of anarchistic theory of knowledge*, London, New Left Books (*Contro il metodo*, Milano, Feltrinelli 1997).
- Greene, B., 1999, *The Elegant Universe. Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*, London, Jonathan Cape (*L'universo elegante. Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima*, Torino, Einaudi 2000).
- Gubser, S. S., 2010, *The Little Book of String Theory*, Princeton, Princeton University Press (*Il piccolo libro delle stringhe*, Milano, Raffaello Cortina 2010).
- Jammer, M., 1966, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, Mc Graw Hill.
- Jammer, M., 1974, *The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*, New York-London, John Wiley and Sons.
- Kuhn, T., 1962, *The structure of scientific revolutions*, Chicago, The University of Chicago Press (*La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi 1999).
- Lakatos, I., Musgrave, A., 1970, *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press (*Critica e crescita della conoscenza*, Milano, Feltrinelli 1976).
- Nickles, T., 2009, «Scientific Revolutions», in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/scientific-revolutions/>
- Selleri, F., 1982a, *Che cos'è l'energia?*, Roma, Editori Riuniti.
- Selleri, F., 1982b, «On the direct observability of quantum waves», *Foundations of Physics*, 12, 1087-1112.
- Selleri, F., 1987a, *Paradossi e realtà*, Roma-Bari, Laterza.
- Selleri, F., 1987b, «Coherence properties of photon amplifiers», *Foundations of Physics*, 17, 739-757.

- Selleri, F., 1988, *La causalità impossibile*, Milano, Jacka Book.
- Selleri, F., 1989, *Fisica senza dogma. La conoscenza scientifica tra sviluppo e regressione*, Bari, Dedalo.
- Selleri, F., 1990, «I due modelli della realtà», in *Dove va la scienza. La questione del realismo*, a cura di F. Selleri e V. Tonini, Bari, Dedalo, pp. 283-311.
- Selleri, F., 1992, *Fondamenti della fisica moderna*, Milano, Jacka Book.
- Selleri, F., 1999, *La fisica del Novecento. Per un bilancio critico*, Bari, Progedit.
- Selleri, F., 2002, «È possibile inviare messaggi verso il passato?», in *La natura del tempo*, a cura di F. Selleri, Bari, Dedalo, pp. 329-347.
- Selleri, F., Tarozzi, G., 1981, «Quantum Mechanics Reality and Separability», *Rivista del Nuovo Cimento*, vol. 4, 3, n. 2, pp. 1-53.
- Smolin, L., 2001, *Three Roads to Quantum Gravity*, New York, Basic Books.
- Smolin, L., 2006, *The Trouble with Physics. The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*, Boston, Houghton Mifflin (*L'universo senza stringhe. Fortuna di una teoria e turbamenti della scienza*, Torino, Einaudi 2007).
- Tassani, I., 2009, «Dalla fisica alla nuova filosofia della scienza e ritorno. Metafisiche influenti e meccanica quantistica», in *Fisica e metafisica*, a cura di M. Alai, volume monografico del *Giornale di Fisica*, L, 1, pp. 139-147.
- Van der Merwe, A., Selleri, F., Tarozzi, G., a cura di, 1992, *Bell's Theorem and the Foundations of Modern Physics*, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, World Scientific.