

# Indeterminismo e metafisica naturale

MARIANI MASSIMO\*

... dovremmo tener sempre presente che nella tragedia o nella commedia ciò che conta non sono le lettere dell'alfabeto, bensì il contenuto, e lo stesso si può dire anche per il mondo”

W. HEISENBERG

## Abstract

La dicotomia *determinismo–indeterminismo* rientra nei temi più scottanti del nostro tempo con importanti conseguenze filosofiche, scientifiche, etiche, giuridiche, in particolare sul problema mente–corpo e sul libero arbitrio. L'indeterminismo esordisce come problema della misura evolvendo, poi, come problema ontologico, le cui ricadute hanno influenzato ampie categorie della cultura contemporanea. Tuttavia, essendo un problema che coinvolge la realtà globale dell'uomo, si rischia di trattare in modo generico temi e protagonisti di un dibattito che, per vastità e profondità, può affrontarsi solo da un punto di vista specifico. Al di là delle inevitabili note introduttive di carattere generale, quindi l'attenzione si concentrerà nell'ambito della filosofia naturale e dell'epistemologia dell'indeterminismo fisico.

*Keywords: principio di incertezza, causalità, determinismo, empirismo costruttivo.*

## Abstract

*Physical indeterminism and natural metaphysics* — The determinism–indeterminism dichotomy is part of the most burning issues of our time with important philosophical, scientific, ethical and juridical consequences, in particular on the mind–body problem and on free will. Indeterminism begins as a problem of measurement evolving, then, as an ontological problem, whose repercussions have influenced large categories of contemporary culture. However, being a problem that involves the global reality of man, there is the risk of dealing in a generic way with issues and protagonists of a debate that, due to its vastness and depth, can only be tackled from a specific point of view. Beyond the inevitable introductory notes of a general nature, therefore, attention will focus on the field of natural philosophy and the epistemology of physical indeterminism.

*Keywords: uncertainty principle, causality, determinism, Constructive Empiricism.*

\* mas.mariani@inail.it

## 1. Crisi del determinismo

Uno tra i temi più dibattuti dalla cultura contemporanea è la conflittualità ontologica tra due visioni del mondo: il determinismo (o *necessitarismo*) e il casualismo (o *contingentismo*). Due categorie fondamentali le cui logiche confliggono senza soluzione di continuità, influenzando ogni nostro costrutto mentale su ogni possibile concezione unitaria della realtà. Il primo risolve nel modello causalistico la struttura nomologica del mondo fenomenico; il secondo si riconosce nel post-modernismo, nel conflittuale e anti-metafisico rapporto tra regolarità e casualità. La cultura contemporanea si sviluppa su tale confronto tentandone l'ardua conciliazione o, altrimenti, schierandosi o con l'uno o con l'altro fronte; uu ingenui approcci a una realtà più grande di noi e sempre pronta a sfuggire a vani tentativi di conformarla ai nostri modelli.

\*\*\*

Il problema semantico del “determinismo” è stato oggetto di molteplici interpretazioni, dalle tesi che escludono ogni relazione con il “libero arbitrio”, relegandolo a mera illusione, ad altre che ne asseriscono la coesistenza, finanche una coerenza necessaria. Leucippo e Democrito affermano un determinismo meccanico a fondamento dell'atomismo da essi avanzato, secondo cui « nulla si fa a caso, ma tutto avviene per ragione e necessità »<sup>1</sup>, così « tutte le cose passate presenti o future sono governate dalla necessità »<sup>2</sup>. Con Anassimandro esordisce il *principio di relatività* e i prodromi del *principio di ragione sufficiente*<sup>3</sup> (elaborato più tardi da Archimede e, nel pensiero moderno, da G. Leibniz). Con Platone, attraverso *l'intelligibilità delle Idee*, e al di là del mutevole, generabile e corruttibile, si ha una conoscenza probabile (*doxa*). Pur sostenendo che « tutto ciò che diviene ha una causa »<sup>4</sup>, l'esigenza della connessione delle idee nella mente umana, non porta per necessità a un ordine determinato delle cose, per cui Platone apre a due ordini di cause: *finali* proprie della volontà umana e di *necessità meccanica*<sup>5</sup>. Aristotele, da questi ordini di cause, distingue le cause *finali* da quelle *efficienti*; così, dal razionalismo democriteo, assume l'idea di relazione *logica* tra causa ed

1. Leucippo Diels, « Fragments der Vorsokratiker », fr. 2.
2. Plutarco Strom 7. Diels A 39.
3. Aristotele, *De Coelo*, II, 13 (19).
4. Platone, *Filebo*, 26 E.
5. Platone, *Timeo* 48 e segg.

effetto come derivazione dai principi<sup>6</sup>. Tra le ricadute del determinismo le problematiche di ordine morale hanno caratterizzato le speculazioni ellenistiche come quelle del pensiero medievale. Gli ellenisti, confrontando il determinismo e il libero arbitrio, hanno tentato una conciliazione tra cause efficienti e cause finali, una sintesi tra determinismo naturale e la proiezione di un bene finale; al contrario, gli epicurei risovono il compromesso tra il determinismo democriteo e il *clinamen*, una variante epicurea che giustificerebbe in qualche modo una morale individualistica.

In senso più largo, il determinismo si fa più problematico con l'avvento del Cristianesimo, nelle ricadute teologiche sull'incongruità tra pre-scienza divina e azione umana, nel tentativo di stabilire una coerenza logico-dialettica tra una presunta pre-destinazione divina su un'anima e la sua libertà. La difficoltà giunge all'estremo con l'assoluto teologico, attribuendo infatti a Dio ogni qualità eminente (onnipotenza, pre-scienza, bontà infinita, ecc.), ciò riesce incompatibile con l'ordine delle cose di cui le azioni umane sono parte e frutto del libero arbitrio. Tuttavia, c'è da osservare che la pre-scienza divina non infirma la libertà delle scelte umane; semplicemente Dio sapeva da sempre che quell'individuo avrebbe agito in quel modo o in quell'altro modo; infatti, Dio ha presente l'intero ventaglio di universi — e quindi eventi — possibili. Sapere nella pre-scienza come andranno le cose non è di ostacolo alla libertà dell'uomo; sono rispettivamente gradi ontologici tra loro incommensurabili.

La crisi del determinismo scientifico sancisce il passaggio dalla scienza newtoniana, come ordine deterministico (*kosmos*) lineare e reversibile, ad un universo caotico e complesso. La nascita della scienza moderna e il determinismo scientifico classico è il prodotto della rivoluzione scientifica (secc. XVI–XVII) che mutò conoscenza umana, quanto l'oggetto del suo sapere: la natura. Il padre della fenomenologia, E. Husserl (*La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, 1936) sostiene che la scienza moderna sia originata dalla matematizzazione della natura concepita da G. Galilei, il quale, nel noto passo del *Saggiatore*, afferma che:

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro, che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'Universo), ma non si può intendere se prima non si impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri né quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto<sup>7</sup>.

6. Aristotele, *Analitici posteriori* (I, 2 (6)): « segue necessariamente che la scienza dimostrativa procede da principi veri, da principi immediati, più noti delle conclusioni, di cui sono la causa e a cui precedono ».

7. G. Galilei, *Il Saggiatore*, Feltrinelli, Universale economica. I classici, 2015, p. 45.

La matematica è dunque il “filo di Arianna” che guiderà l’uomo nell’“oscuro labirinto” dei fenomeni della natura, decrittandone il linguaggio. A questa prospettiva fa eco Husserl:

La filosofia, dal tempo della sua origine, nell’Antichità, voleva essere “scienza”, conoscenza universale dell’universo di ciò che è; non conoscenza quotidiana, vaga e relativa (*doxa*), bensì conoscenza razionale (*episteme*). Ma l’antica filosofia non raggiunge ancora la vera idea della razionalità e quindi la vera idea della scienza universale — era questa almeno la convinzione dei fondatori dell’epoca moderna. Il nuovo ideale era possibile soltanto sull’esempio della nuova matematica e delle nuove scienze naturali<sup>8</sup>

Nel progetto husserliano di elevare la filosofia al rango di scienza, il dialogo tra filosofia della natura e matematica è riconosciuto come la chiave di volta per interpretare in modo rigoroso e oggettivo il mondo fenomenico, per cui l’impronta sulla quale offrire e riconoscere la possibilità alla filosofia — quindi della filosofia naturale — quel ruolo ‘scientifico’, egli oggi valuta idonee le condizioni per poterlo realizzare, Annuncia:

Conoscere il mondo “filosoficamente”, in modo seriamente scientifico: ciò ha senso ed è possibile soltanto se si riesce a trovare un metodo per costruire sistematicamente, in certo modo preliminarmente, il mondo, l’infinità delle sue causalità<sup>9</sup>. [in altri termini, la natura sarà dominata dalla] legge causale, la “forma a priori” del “vero” mondo (idealizzato e matematico), la “legge delle legalità esatta”, secondo la quale qualsiasi accadimento della “natura” — della natura idealizzata — deve sottostare a leggi esatte<sup>10</sup>

Il progetto galileiano della natura, come rete complessa di relazioni causali è pertanto a compimento da I. Newton, (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 1687), ponendo le basi della scienza moderna e della concezione deterministica dell’universo. L’implicita accoglienza del determinismo fisico, della comunità scientifica del sec. XVII, tuttavia, fin da subito, mise in discussione lo spirito meccanicistico; se tra i fondatori del pensiero scientifico moderno (G. Galilei, G. Bruno, R. Descartes, I. Newton, W. Leibniz, ecc.) vi furono divergenze e, finanche, conflitti, d’altra parte unanime fu il consenso sulla linea programmatica da seguire per la nuova scienza: la matematica e l’esperienza. La realizzazione di tale progetto sarà caratterizzata da due fattori importanti: da un lato, dovrà scontrarsi con lo scolio dell’“azione a distanza”, senza alcuna possibile spiegazione; dall’altro lato il sussistere del modello paradigmatico dell’idea di “meccanica”, pur non nella versione radicale del positivismo meccanista, di cui sopra. Il paradigma, come noto,

8. E. Husserl, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, EST, 1997, pp. 93–94.

9. Ivi, p. 61.

10. Ivi, pp. 81–82.

egemonizzò il pensiero scientifico per ben tre secoli; fu la relatività generale ad offrire le nuove ricette, mediante la curvatura spazio-temporale<sup>11</sup>.

Il concetto di “meccanico” implica nella scienza l’idea di un determinismo che può limitarsi da problemi di carattere teologico o problemi di tipo etico e morale circa la responsabilità e la libertà del volere. Il fatto che il determinismo fisico sia stato accolto anche da coloro che si discostarono dalla metafisica meccanicista, prova che tale paradigma, da un lato, possa essere confinato negli strati, come dire, ‘superficiali’ dalla scienza dei fenomeni naturali; basta confrontarsi con le nuove logiche della quantizzazione e del pensiero complesso. Da un altro lato, la distinzione, già evidenziata, tra determinismo e principio di causalità, il quale è in perenne rivisitazione e che rimane un caposaldo ontologico della realtà.

Nel dibattito contemporaneo, con l’interagire tra le discipline e lo sviluppo delle nuove scienze biologiche e cognitive, si confrontano tesi contrastanti: alcune sostengono l’incompatibilità tra determinismo e libero arbitrio in quanto quest’ultimo sarebbe un’illusione; altre, compatibiliste, ne affermano la coesistenza. Ad inasprire le controversie è l’assenza di univocità nelle rispettive definizioni. Alcune scuole di pensiero ritengono, infatti, che il libero arbitrio riguardi il contenuto metafisico dell’agire autonomo; altre assumono gli stati mentali quali fattori differenzianti tra la percezione di agire o meno consapevolmente. Per D. Hume, l’uomo non può sviluppare certezze e aspirazioni indipendentemente dalla comunità, tuttavia l’unica forma di “libertà” è volerle in atti volontari. Il cuore della conflittualità tra il libero arbitrio e il determinismo è la questione della “causa prima”.

La tesi deista (sec. XVII) afferma che nella creazione e pre-determinazione dell’universo, il Dio metafisico, sua causa prima, se ne sia sempre separato senza intervenire nella successione deterministica degli eventi. Il deismo assume il principio causale nella sua purezza ontologica: l’incommensurabile rapporto tra la dimensione immanente delle cose e l’ineffabile trascendenza metafisica del divino. Pur entro gli schemi descrittivi del determinismo, il deismo elude il contenuto logico-ontologico che risolve la catena causale nell’immanente, escludendo ogni riferimento trascendente. Su tali presupposti ideologici, la comparsa dello *spazio-tempo-materia* lo assume come entità priva di causa antecedente (*radix causa*), una realtà da sempre esistita. Tuttavia, la tesi contrasta con l’idea stessa di “determinismo” non offrendo una giustificazione al problema della progressione all’infinito. La situazione implica una reinterpretazione dell’idea di necessità assoluta (*Divina Volontà*) la quale è legata al concetto trascendente di “necessità”<sup>12</sup>. Altro aspetto parallelo che contribuisce fortemente a confondere i gradi onto-

11. Cfr. F. Enriques e G. De Santillana. *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Bologna, 1938.

12. Il Dio-Necessità, come fondamento teorico del determinismo stoico, spinoziano ed hegeliano.

logici del concetto di “essere” e l’idealismo hegeliano e sue conseguenze, in quanto teoretica della contraddizione, in cui s’identifica erroneamente «l’essere (*reale*) col pensiero (*concetto*), confondendo l’essere con la nozione dell’essere»; ovvero una cosa è *esistere da sé*, altra *l’esistere da sempre*<sup>13</sup>.

Tornando al tema di fondo, il determinismo trovò terreno fertile nel positivismo, implicandone la crisi con il proprio declino. Lo status determinista estese a ogni esperienza di conoscenza, dalla teologia all’antropologia e alla scienza, dalla filosofia del diritto alle scienze sociali e politiche. Il determinismo fu essenziale nell’interpretazione marxiana dell’economia capitalista. Con il *determinismo storico* verrà configurata la natura evolucionistica della storia umana, come *epifenomenologia* delle strutture politiche rispetto a quelle economico–produttive, implicando la necessità di *rivoluzionare* le sovrastrutture non in grado di rispondere all’evoluzione economica del mondo sociale. Una risonanza al modello evolucionistico darwiniano. Così il *determinismo psichico* della psicoanalisi freudiana, che ripensa i processi inconsci come i fattori responsabili delle azioni umane, le cui conseguenze sono, tuttavia, la privazione di una vera libertà delle azioni umane e dell’identità di coscienza.

\*\*\*

All’interno di questa crisi del determinismo si afferma la figura di C. S. Peirce, le cui riflessioni anticipano i presupposti teorici dell’indeterminismo; è infatti il primo a esprimere i limiti del rigorismo deterministico, evidenziandone le contraddizioni, pur senza descrlo matematicamente (bisognerà attendere la teoria quantistica con la relazione d’indeterminazione). Il filosofo americano interpreta l’indeterminismo come un’evoluzione di sguardi sul mondo, un tentativo di spiegazioni simultanee su una realtà complessa; le singole scienze non sono soltanto distinte descrizioni del mondo naturale, ma spiegazioni contemporanee di una medesima cosa. Secondo Peirce, la descrizione di una realtà complessa è costituita da una nomicità differenziata ma non rimandabile ad un’unica forma legale. Tuttavia, il metodo scientifico si orienta verso l’unicità nei risultati, pur con le opportune distinzioni disciplinari di ciascuna scienza, altrimenti la realtà stessa non sarebbe spiegabile secondo gli schemi della razionalità e dell’oggettività scientifica; il punto è che non è possibile assumere la scienza naturale come emergente rispetto alle altre forme di sapere, esiste cioè un’unica realtà, strutturata di eventi distinti e osservati da distinti punti di vista. In altri termini, l’indeterminismo peirceano è un’*indeterminismo evolucionistico–epistemologico*.

13. L’*esistere da sempre* riguarda *l'immanente* che deve avere per sua necessità un sostrato deterministico–causale riferito ad altro da se stesso: il *trascendente*.

Nel contesto della riflessione filosofica e logico-semiotica del pensiero scientifico, Peirce anticipa quella di Wittgenstein distanziandosi sia dall'empirismo sia dal razionalismo, nella prospettiva dell'epistemologia fallibilista — non in senso limitativo ma produttivo di conoscenza — sulla genesi dei concetti. L'idea di azione rende effettivo e tangibile il molteplice operare umano. Il pensiero, che nell'ottica pragmatista è agire (*mental action*), è decisivo per stabilire la veridicità o meno delle nostre credenze, cogliendo il carattere evolutivo, fallibile e socio-culturale delle nostre conoscenze, nonché la dinamica interattiva delle nostre esperienze. I fondamenti del nostro sapere non precedono il processo conoscitivo, ma conseguono dall'analisi degli effetti che il nostro conoscere produce nell'effettività e concretezza dell'azione. Se quindi è impossibile fondare su basi assolute i concetti di 'vero' e 'oggettivo', è altrettanto vero che le nostre azioni sono ispirate a un ordine intrinseco al mondo fenomenico, nonostante l'impossibilità di una dimostrazione empirica.

Gli echi del pensiero peirceano si fanno espliciti con l'epistemologia popperiana, convergendo sul dilemma *razionalità/libertà* dell'uomo. Popper concepisce i sistemi fisici come « altamente irregolari, disordinati e più o meno imprevedibili; [l'asserto] tutte le nuvole sono orologi, anche la più irregolare delle nuvole »<sup>14</sup>, esprime un riduzionismo intransigente a cui fa eco la teoria di Newton che pretende descrivere l'intera meccanica del mondo allora conosciuto, dalla caduta dei gravi al moto dei proiettili, dagli orologi a pendolo alle maree. Ma se la rivoluzione newtoniana giustificava, mediante presupposti fisico-matematici, la concezione più radicale del determinismo fisico, Peirce, pur riconoscendo valida in se stessa l'architettura newtoniana, espresse dubbi sull'addurre ragioni plausibili a sostegno della tesi che le nuvole possano identificarsi con orologi perfetti, tanto che

respinse la credenza che questo o qualsiasi altro orologio fosse perfetto fin nel più piccolo dettaglio. E, ad ogni buon conto, egli mise in evidenza che in nessun modo noi potremmo affermare di conoscere dall'esperienza qualcosa che pur vagamente si avvicini a quella perfezione assoluta pretesa dal determinismo fisico<sup>15</sup>

Peirce assume l'uniformità e il legiforme nella natura come proprie condizioni esistenziali (*par excellence*), espressioni di un'evoluzione priva di assolutezza e implicanti stati di indeterminatezza, incertezza e casualità nella natura. Il tentativo di "verificare" le leggi fisiche fallisce in quanto esse non sono soddisfatte dalle misure empiriche, nonché da fatto di attribuire la discrepanza a errori d'osservazione e difetti di "necessitazione della legge

14. K. R. Popper, *Nuvole e orologi. Il determinismo, la libertà e la razionalità*, (rif. to a Peirce), Armando, 2005, p. 52.

15. Ivi, (rif. to a Peirce) p. 72.

stessa”; le osservazioni, considerate dipendenti da “causazione meccanica”, provano invece i segni di una regolarità intrinseca nella natura, non incidendo né sulla sua qualità né sulla sua universalità. Egli raccomanda di

verificare una legge qualsiasi della natura, e troverete che più le vostre osservazioni sono precise, più sicuramente esse mostreranno trasgressioni irregolari della legge. [In altri termini] non possiamo dar conto di tali errori in maniera antecedentemente probabile. Se rintracciate abbastanza accuratamente le loro cause, sarete costretti ad ammettere che sono sempre dovute ad una determinazione arbitraria, o al caso<sup>16</sup>.

Viene negata qualsiasi “precisa e universale conformità dei fatti alla legge”, provata o probabile da ogni possibile esperienza, tanto da indurre alla rinuncia a sostenere a priori la presunta esatta regolarità, e aprendo all’idea « che la specificità, la diversificazione e la irregolarità delle cose siano dovute al caso »<sup>17</sup>. Per il filosofo americano, lo scienziato è consapevole che qualsiasi strumentazione, anche la più raffinata, descrive la realtà non oltre la « accuratezza di un conto in banca, e sa che le determinazioni delle costanti fisiche sono pressappoco al pari delle misurazioni che un tappezziere fa di tappeti e di tende »<sup>18</sup>. Pertanto, l’imprecisione, l’incertezza, il caso e il disordine sono i parametri che configurano un mondo nel quale qualsiasi orologio, la cui regolarità, presunta perfetta, mostrerà sempre e comunque un qualche grado di irregolarità. Nel passaggio dalla fisica classica alla teoria dei quanti, che indusse all’abbandono del determinismo fisico, Peirce fu il grande precursore. Come al positivismo scienziato imperante, il lungimirante pensatore opponeva l’imprescindibile “contrito fallibilismo” proprio di ogni sapere umano. Prova storica si riscontra nel

carattere ipotetico di tutte le teorie scientifiche [che] appariva chiaramente come conseguenza del tutto naturale soltanto all’indomani della rivoluzione einsteiniana, la quale aveva dimostrato che nemmeno una teoria dimostrata col massimo successo come la teoria di Newton, poteva essere considerata più che un’ipotesi, un’approssimazione alla verità<sup>19</sup>.

L’indeterminismo peirceano si fonda, in primo luogo, sull’osservare ed esplicitare la realtà sotto molteplici aspetti in cui il semplice se è riassumibile al complesso non lo è, tuttavia, viceversa<sup>20</sup>. Secondo Peirce, i saperi non descrivono semplicemente la realtà da punti di vista differenti, bensì

16. C. S. Peirce *Raccolta di scritti di Ch. S. Peirce (Collected Papers of Ch. S. Peirce)*, CP 6.44.

17. Ivi, 6.44.

18. Ivi, 6.44.

19. K. R. Popper, *La ricerca non ha fine. Autobiografia intellettuale*, Armando, 1997, a cura di D. Antiseri, pag. 85).

20. Ad esempio, la biologia non si spiega solo mediante processi chimici né questi sono integrabili nella fisica.

assurgono a “spiegazioni simultanee” della medesima realtà; le scienze mostrano che la realtà è complessa le cui differenti leggi non sono riducibili le une alle altre. Tuttavia, con il metodo scientifico, si raggiungono esiti univoci, pur distinti per discipline, condizione di eterogeneità che, non potendo circoscriversi nella descrizione individuale del mondo, reclama un riferimento con la realtà dei fatti; altrimenti i risultati dei diversi sguardi sul mondo risulterebbero diversi rispetto ad ogni disciplina. La realtà non può essere spiegabile dal solo linguaggio scientifico, per cui la scienza non può considerarsi più fondamentale rispetto alle altre; pertanto, l’esistenza di un’unica realtà strutturata da fatti differenti, implica lo studio da sguardi disciplinari differenti<sup>21</sup>.

## 2. Contenuti metafisici dell’indeterminismo

Originata da esigenze di ordine fisico–filosofico (teoria quantistica e principio d’indeterminazione), la conflittualità tra determinismo e indeterminismo ha egemonizzato con il proprio contenuto problematico l’intera visione della realtà. Attraverso il contributo essenziale della scienza moderna se ne è data una versione epistemologica coinvolgendo vari punti di vista: fisico, antropologico, biologico, etico, morale, giuridico, ecc. Tra i problemi filosofici più ardui e pressanti del pensiero filosofico e scientifico di ogni tempo è, come si visto, quello di definire il concetto di “libero arbitrio” nel suo contenuto semantico come nella sua possibilità esistenziale. Il problema di coniugare l’idea di *libertà* e la *necessità* della catena causale emerge in tutta la sua salienza; tuttavia, postulare il principio di *causa–effetto* implica incongruenze con l’idea di *libertà* in quanto la restrittività del principio causale, nella sua *necessitazione*, non concede spazi di scelta all’agire dell’uomo. Emergono pertanto due punti di vista, sostanzialmente simili: a) *antropologico*, che vede nel libero arbitrio la capacità di auto–determinazione dell’uomo; b) *teologico* come libero esercizio della propria volontà di scelta tra il bene e il male. Tuttavia, dal panteismo spinoziano in poi, in particolare con il razionalismo illuministico che ne esaspera il contenuto immanentistico, si è sviluppata tra le due posizioni una forte conflittualità contrapponendo al libero arbitrio un determinismo radicale, in vista della necessità di eliminare qualsiasi apriorismo fideistico predicato dal Cristianesimo.

Il problema del libero arbitrio si è imposto nel dibattito filosofico contemporaneo, in particolare con l’apporto delle esperienze neuro–scientifiche

21. Non alla stessa stregua del fallibilismo vs il falsificazionismo, così per i prolegomeni dell’indeterminismo, tuttavia si scorge in Peirce, forse inconsapevolmente, qualche timido presupposto al futuro pensiero complesso.

sulla volontà (B. Libet), e s’inserisce epistemologicamente come rapporto tra filosofia della mente e scienze cognitive. Le condizioni per concepire di un’azione libera sono le possibilità alternative e l’autodeterminazione, considerando come antitetica la relazione tra libertà e determinismo, rappresentate dalle teorie della famiglia libertaria, il compatibilismo, lo scetticismo. L’indagine conclude nell’incoerenza tra l’idea di “libero arbitrio” e le posizioni deterministica e indeterministica della realtà. L’indagine delle neuro-scienze agli aspetti fenomenici sulle azioni libere dei soggetti è concentrato sul rapporto il decidere di compiere un’azione motoria e il preparare l’azione nelle aree corticali. Sviluppando le ricerche di Libet, si è mostrato che la decisione consapevole di agire nel soggetto comparrebbe in ritardo rispetto all’attivarsi nella corteccia in preparazione del movimento. Tale ritardo permetterebbe di prevedere la scelta del soggetto, anticipando l’esito dell’azione<sup>22</sup>. Le azioni perderebbero quindi di senso causale, riducendo all’epifenomenismo. Tuttavia, per il pensiero filosofico esiste una stretta connessione con la responsabilità morale (Kant). Da studi recenti, la fede nel libero arbitrio sembra abbia implicazioni positive sul complesso psico-fisico dell’uomo (Dweck, Molden 2008). Soggetti, sottoposti agli esperimenti sul controllo della coscienza, che hanno dubitato dell’esistenza del libero arbitrio assumevano, di conseguenza, comportamenti aggressivi, iniziando a perdere la percezione di se stessi come agenti responsabili. Una riduzione della sicurezza ontologica che ledeva il loro equilibrio psichico.

D’altra parte, il concetto di “libertà dell’individuo” oscilla da sempre tra: 1) *libertà incondizionata* come autodeterminazione priva di limiti all’azione; dall’*Etica Nicomachea* (III, 5, 1113 b) di Aristotele, che vede l’uomo “principio dei suoi atti”, a quella di Alessandro di Afrodisia ed Epicuro, il quale vede nella contingenza del *clinamen* una precondizione dell’autonomia umana. Lucrezio (*De Rerum Natura* II, 260) il quale sostiene che la “volontà è libertà d’agire”, Cicerone (*De Fato* II), per il quale l’uomo è libero “per sua natura”. Sant’Agostino d’Ippona, secondo cui “l’uomo è volontà”; Duns Scoto e Pico della Mirandola per i quali “l’uomo è il miracolo della creazione”, così P. Pomponazzi, secondo il quale la scelta consegue alla volontà come primo motore, in quanto *causa sui*. 2) L’idea di libertà condizionata limita le possibilità di scelta di un’azione; per J. Locke (*Saggio sull’intelligenza umana* II, 21, 27, 1689) la libertà è “possibilità di scelta” e M. Heidegger (*Essere e Tempo*, 1927) che la concepisce come conflittualità ontologica: se la trascendenza umana sulla realtà è libertà d’azione, tuttavia è un limite alla stessa libertà.

22. Nell’analisi di alcuni stati psicopatologici rilevanti (come la depersonalizzazione) il senso dell’*agency* è compromesso. L’ipotesi (D. Wegner e D. Dennett) che la volontà non rivesta un ruolo causale nel determinare le azioni, ma sia una sensazione frutto di un’auto-attribuzione a posteriori del soggetto stesso, sarebbe il prodotto di un’inferenza a posteriori rispetto ai correlati neuronali delle decisioni ed un meccanismo di attribuzione i cui deficit provocano una perdita del senso dell’*agency*.

Alla visione aristotelica si contrappone il problema dell'esistenza di Dio con le sue implicazioni etiche ed esistenziali dell'uomo, e da un altro lato il pensiero scientifico moderno con la visione deterministica del mondo e le sue ricadute sul problema del libero arbitrio.

Risalendo al dibattito contemporaneo, esso si impronta su quattro linee direttive: *libertarismo* e *compatibilismo*, come interpretazioni positive sulla possibilità della libertà umana; *agnosticismo* e *illusionismo*, come interpretazioni problematiche. Nella versione moderna il determinismo classico causale del legiforme è visto come elemento condizionante, in opposizione alla possibile libertà di scelta con l'indeterminismo. Lo sviluppo secolarizzato della definizione di "libero arbitrio" si è articolato sul piano *concettuale*, se riguarda la scelta o la volontà; sul piano *empirico*, se e in quali casi l'uomo è libero; sulla *compatibilità* tra determinismo e indeterminismo o meno; sul piano *metodologico* come l'analisi concettuale e l'indagine scientifica possano coniugarsi in un quadro unitario; su quello *morale* che considera la libertà presupposto della responsabilità.

Il *libertarismo* asserisce che la libertà umana è fondata su presupposti indeterministici. Esso s'incentra su quattro tesi: *a*) in condizioni normali l'uomo gode della libertà; *b*) essa estende dall'azione alla volontà e alla scelta (l'uomo come *agente*); *c*) è incompatibile con il determinismo; *d*) compatibile con l'indeterminismo. La scienza e filosofia moderna maturano in senso laico il libertarismo come nesso tra l'agire umano e le leggi naturali. Se il dualismo ontologico cartesiano considera *res cogitans* (mente e volontà liberi) e *res extensa* (legiforme naturale) sostanze inconciliabili, tuttavia, nel dualismo *ontologico-indeterminismo* di Popper e Eccles, si integrano le quattro tesi del libertarismo: *a*) in quanto *mente* l'uomo ha il libero arbitrio; *b*) quindi la libertà di agire e di volere; *c*) presuppone quindi l'indeterminismo; *d*) tuttavia, vige il determinismo del legiforme con la *res extensa*.

Il *dualismo trascendentale* di Kant concepisce la libertà come realizzazione spontanea e autonoma del soggetto. Per Kant è incompatibile (*antinomia*) idea di "libertà" del soggetto come ente autonomo e "fondamento dell'imputabilità dell'azione" (*morale*), con il determinismo delle leggi naturali (*necessità*). Il dualismo trascendentale supera quello ontologico: la prospettiva trascendentale sottrae l'uomo dalle condizioni spaziotemporali (al di là che in esse sia data ogni esperienza) e dalla necessità causale del legiforme, aprendogli la possibilità di iniziare catene causali spontaneamente. Nelle interazioni nei processi cerebrali, con la catena causa-effetto interferiscono processi indeterministici nel cervello (R. Nozick, R. Penrose, R. Kane) per cui il compiere una certa azione deriva da un momento indeterministico (*fase deliberativa*). Nell'indeterminismo *simpliciter* (Aristotele, Cicerone, *clinamen* epicureo, produzione spontanea di processi infinitesimi indeterministici della materia di C. S. Peirce), un'asserzione è vera se essa è *vera*

in tutte le storie possibili future; al contrario, un'asserzione è falsa se essa è *falsa* in tutte le storie possibili future; così un'asserzione è né vera né falsa se essa è *vera* in alcune possibili storie future e *falsa* in alcune altre.

Il *compatibilismo* coniuga metafisicamente la libertà con la necessità teologica o con la visione naturalistica, e con il determinismo del legiforme. Dal punto di vista teologico (S. Boezio, San Tommaso d'Aquino), Dio esiste fuori del tempo, quindi testimone degli accadimenti; nella scena del mondo vi è solo previsione, senza intervento sugli eventi, in quanto a Dio passato, presente, futuro è sempre presente. Per W. Ockham, la prescienza divina delle nostre azioni si determina da ciò che noi decidiamo di fare in futuro. Il punto di vista secolare di Hobbes entra in polemica anti-liberalista in quanto definisce la libertà come capacità di agire senza impedimenti o costrizioni esterne. È la compatibilità tra libertà e necessità causale della *reductio ad absurdum*: l'acqua che ha libertà e necessità di scorrere sul letto del fiume. Leibniz identifica la libertà con la spontaneità volitiva delle azioni, ma concorda con Hobbes che la volontà non può che essere determinista.

Una distinzione importante: la *determinazione* e la *necessità* non coincidono. La necessità del determinismo nelle leggi naturali riguarda il *nesso tra causa ed effetti*, non gli effetti come tali (*ventaglio di possibilità*). L'esistenza dei mondi possibili implica la determinazione di *n*-possibilità; le nostre azioni non sono compiute in tutti i mondi possibili, per cui, pur necessitate da eventi passati per le leggi di natura, esse non sono necessarie. Per Locke, nonostante il potere di agire (non) secondo il comando mentale (volontà), tuttavia, l'auto-determinazione non estende alla volontà che è sempre etero-determinata.

Per l'*agnosticismo*, il libero arbitrio non può essere né dimostrato né negato. Ciò implica una insolubilità tra la visione pre-filosofica dell'innegabilità della libertà umana e la visione metafisica dell'impossibilità della stessa libertà. Infine, l'*illusionismo* che vede l'idea di libertà come puramente illusoria, al di là dell'essere radicata nell'uomo. Essi differiscono sostanzialmente nella rispettiva valutazione pre-filosofica della libertà. Il vero determinismo implica una libertà impossibile in quanto per gli agnostici è impossibile cessare di credere nella verità di intuizione, anche se indimostrabile; per gli illusionisti l'intuizione della libertà è falsa, quindi abbandonata. Tuttavia, L. Valla, E. Du Bois-Reymond, W. James, N. Chomsky, T. Nagel e J. McGinn<sup>23</sup> dichiarano l'insolubilità della questione della libertà umana. Tali reazioni derivano da obiezioni contro il *libertarismo*, per il quale radicare la libertà nell'indeterminismo ridurrebbe tutto al caso; per il *compatibilismo*, d'altra

23. L. Valla: «ben difficile e arduo [...] e non so se risolto da alcuno» (*De libero arbitrio*, in *Opera omnia*, Basel, 1540, p. 529.); D. Hume la «più controversa delle questioni metafisiche» (*Ricerca sui principi della morale*, Roma-Bari, Laterza, 1996, p. 145-147.). Per il contemporaneo R. Nozick, è «il più frustrante e ostinato dei problemi» (*Spiegazioni filosofiche*, Milano, il Saggiatore, 1987).

parte, il legame libertà–determinismo non giustificherebbe la possibilità di fare altrimenti.

Accanto all'analisi filosofico–antropologica sul problema del libero arbitrio, come si pronunciano le neuroscienze e la genetica? In prospettiva dell'evoluzionismo darwiniano, l'indeterminismo genetico di J. Monod, considera che le alterazioni nel DNA

sono accidentali, avvengono a caso. E poiché esse rappresentano la sola fonte possibile di modificazione del testo genetico, a sua volta unico depositario delle strutture ereditarie dell'organismo, ne consegue necessariamente che soltanto il caso è all'origine di ogni novità, di ogni creazione nella biosfera. Il caso puro, il solo caso, libertà assoluta ma cieca, alla radice stessa del prodigioso edificio dell'evoluzione: oggi questa nozione centrale della biologia non è più un'ipotesi fra le molte possibili o perlomeno concepibili, ma è la sola concepibile in quanto è l'unica compatibile con la realtà quale ce la mostrano l'osservazione e l'esperienza<sup>24</sup>.

Secondo D. J. Linden, (*The Accidental Mind: How Brain Evolution Has Given Us Love, Memory, Dreams, and God* 2007), il cervello, per la fitta rete di circuiti neurali, non è altro che un prodotto mutevole dell'evoluzione. Il cervello non è una “macchina perfetta”, non è la “macchina di Turing” vincolata ad una specifica interpretazione di regole sintattico–semantiche, ma un “agglomerato di soluzioni ad hoc” dell'evoluzione. M. Kimura sulla base dell'evoluzione utilizza la casualità per farne opportunità e il caso è motore dell'evoluzione già a livello di molecole (*The Neutral Theory of Molecular Evolution*) afferma che « a livello molecolare la maggior parte dei cambiamenti evolutivi è provocata dalla “deriva casuale” di geni mutanti che sono equivalenti di fronte alla selezione »<sup>25</sup>. Nell'attuale dibattito, si distinguono due orientamenti principali: il *compatibilismo* e l'*incompatibilismo*. Il primo afferma che libertà e determinismo sono coniugabili. Si accettano i dettami della scienza moderna circa l'universalità e la rigidità della catena causale senza negare la libertà umana. Il secondo nega questa possibilità: se tutto è determinato da regole, allora è impossibile compier l'azione libera; la libertà necessita di un grado di indeterminatezza. Un'ulteriore distinzione vi è all'interno delle tesi incompatibiliste: a) anti–libertaria, che negano la libertà sulla base del rigido determinismo; b) libertaria, sostiene il libero arbitrio e l'indeterminismo causale; c) scettica, per la quale è impossibile la libertà, sia in versione deterministica sia in quella indeterministica. La tesi di R. Kane, ad esempio, non vede conflittualità tra il processo causale e

24. J. Monod, *Il caso e la necessità*, Mondadori, Milano, 1974, pag. 113. Le acquisizioni di Monod circa il caso (non–linearità casuale) da allora hanno ricevuto continue conferme in biologia molecolare.

25. M. Kimura, *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, p. 48. Sulla base dell'evoluzione utilizza la casualità per farne opportunità e il caso è motore dell'evoluzione a livello di molecole.

l'affermazione della libertà, in quanto l'indeterminismo non nega l'agente un grado sufficiente di responsabilità. Non esiste a tutt'oggi una teoria unitaria e risolutiva del libero arbitrio.

Tuttavia nella totalità del reale coesistono e interagiscono ontologie diversificate e incommensurabili tra loro, in apparenza, che necessitano per la loro prevedibilità di una definita *collocazione* che il determinismo e l'indeterminismo, secondo i rispettivi ambiti, presumono circoscrivere e interpretare. Il problema della collocazione pretende ricondurre temi e concetti normativi, astratti, etici, fenomenologici, trattati dalla filosofia come dalla scienza nei regimi del nomologico naturale. C'è da considerare che tutto ciò che è analizzabile e argomentabile dalla letteratura scientifica riguarda enti definibili entro dimensioni spazio-temporali all'interno del legiforme, il quale non tratta categorie di concetti come moralità, giustizia, principi etici, ecc. Sorge allora la questione su quale sia lo status ontologico di tali tematiche, se sia direttamente o indirettamente possibile qualche legame tra i rispettivi statuti in quanto tutto ciò che viene considerato dalla scienza è quantificabile e descrittivo, filtrando l'intera realtà attraverso precondizioni interpretative legate al criterio analitico. Ogni informazione offerta dalla scienza non può essere unica e definitiva, ma valutarsi all'interno di un contesto culturale nel quale sono coinvolti aspetti ed elementi ad essi paralleli non interpretabili mediante precondizioni scientifiche.

Ciò che è affidabile ai processi deterministici come interazioni biomolecolari, sinaptiche, epifenomeniche, ecc., rientra nei meccanismi cerebro-funzionali, e non può interpretare condizioni e processi che ad essi non competono; le logiche procedurali della scienza interpreteranno certi fatti e questioni (libertà, responsabilità, valori, problema mente-corpo, ecc.) dal proprio punto di osservazione, dall'interno del proprio ambito epistemologico daranno sempre il medesimo risultato senza risolvere definitivamente l'intera realtà che presumono ridurre ai propri schemi concettuali. In altri termini, la realtà che essi pretendono interpretare attraverso i concetti della ricerca scientifica, offriranno soluzioni di tipo analitico, esempio: l'analisi critica alla psicologia ingenua produrrà un concetto dell'"io" necessariamente frammentato senza soluzione di continuità. Tuttavia, non per questo infirmeranno l'unità dell'io ontologico. I due punti di vista, nei loro rispettivi contenuti di verità, procedono parallelamente a definire sempre più dettagliatamente la realtà della persona umana.

Il problema etico ha infatti una propria dimensione ontologica i cui concetti come responsabilità, valori, principi, ecc., esulano dalla prevedibilità evolucionistica e riduzionistica del legiforme naturale; è allora illecito estremizzare le posizioni deterministica e indeterministica in quanto entrambe, considerate nella giusta alchimia di relazione, costituiscono la struttura del libero arbitrio. Se la prima informa sulla determinatezza dell'agente

mediante cui egli definisce una certa scelta, e quindi una certa azione, la seconda ne contestualizza gli spazi e le alternative possibili per realizzarla; il problema è coniugarne i rispettivi ambiti (condizione aporetica). Tale prospettiva apre ad una condizione problematica del legame tra ‘mente’ e ‘corpo’, rispetto alla tesi monista che chiude in un contraddittorio di un “monismo anomalo” senza soluzione di continuità, negando a priori qualsiasi alternativa al legiforme (D. Davidson, *Eventi mentali*, 1980). È illecito estendere il determinismo alle dimensioni delle attività umane rispetto alle quali esse sono incompatibili; ad esempio, ‘misurare’ un’azione umana con il metro deterministico legiforme è come pretendere di quantificare il disagio di un popolo in rivolta con i gradi Fahrenheit. Un’incompatibilità ontologica. Altrettanto ingiustificato estendere oltremodo l’indeterminismo ai processi delle nostre scelte; ad esempio, per essere coerenti e rispettosi dell’ideale di “libertà”, sostenere contemporaneamente due o più tesi tra loro conflittuali, finanche contraddittorie.

Nella struttura ontologica di un’azione la determinabilità come l’indeterminabilità sono essenziali e non contraddittorie. La prima non pregiudica la libertà dell’azione tanto nel suo originarsi, quanto nella sua conduzione, poiché per realizzarsi deve necessariamente esser *determinata* dalla volontà dell’agente, come *atto intenzionale*: « io scelgo di agire in un determinato modo ». Nello stesso tempo, nell’indeterminabile si apre la possibilità nella quale l’agente compie quella azione rispetto ad altre possibili: « io pongo in essere questa azione tra altre possibili ». Si può pensare che la determinabilità di un’azione sia in uno ‘spazio’ interno all’agente, determinando mediante la propria volontà la scelta di compierla o meno; l’indeterminabilità di un’azione trova, a sua volta, la sua realizzazione in uno ‘spazio’ esterno all’agente, la scelta tra un ampio ventaglio di alternative possibili, ponendole in atto. La determinabilità e l’indeterminabilità di un’azione sono manifestazioni che noi agenti separiamo concettualmente, ma che coesistono nella natura delle nostre azioni. Punti di vista distinti ma non separati, resi tra loro incommensurabili dalla struttura della nostra mente che, attraverso le nostre categorie, ne disseziona l’unità ontologica.

\*\*\*

Per il determinismo qualsiasi evento è legato da rapporti di necessità causale e teleologici connessi razionalmente a fenomeni naturali. In un tale universo, afferma W. James, « il futuro è già interamente contenuto nel passato; [ovvero, le] leggi che governano l’universo (o un suo sottosistema), unitamente alle condizioni iniziali, sono tali da determinare univocamente tutta la sua evoluzione temporale ». Nel pensiero moderno, D. Hume e gli empiristi negano il nesso causale tra eventi ritenendolo un puro stato

mentale, piuttosto che legge di natura. Tra due eventi in successione è “logico” pensare che l’evento A sia causa dell’evento B. Tuttavia, su quali basi si può desumere “B dato l’evento A”? Sul principio di causalità si fondano procedimenti di “previsione” con cui a un evento se ne fa seguire un altro teoricamente collegato al precedente. Hume esclude il ragionamento a priori; per un’inferenza necessaria che ad A fa seguire B, è impossibile ricavare una qualsiasi relazione necessaria. Allo stesso modo egli respinge il punto di vista empiristico, in quanto, a posteriori, può effettuarsi solo successivamente ai due eventi. Anche in questo caso non esistono conferme che B sia la conseguenza di A poiché il rapporto fra A e B è di consequenzialità e non produttivo. Con Hume la ragione non può dimostrare la connessione necessaria delle cose ma solo asserire per mezzo dell’immaginazione. Il problema sarebbe superabile solo mediante un improbabile principio di uniformità della natura che ne fissi invariabilmente la legalità.

Altri pensatori hanno assunto il dato dell’esperienza come riferimento oggettivo per la coesistenza dei concetti di “causalità” e di “libertà”, riconoscendo loro piena realtà metafisica. Il tentativo ha portato all’introduzione di un elemento “casuale” associato a quello “causale”, un *clinamen* epicureo come devianza *casuale non prevedibile* degli atomi democritei, dal loro percorso *causalmente determinato*. Una tesi apparentemente meno radicale (*compatibilista*) prevede una sorta di libertà condizionata; l’agente *decide* entro l’ambito concesso dalle leggi naturali; se egli agisce in un determinato modo, vuole ad esempio andare questa sera a cena con gli amici, lo *vuole* in quanto lo implica la biochimica del proprio organismo.

Tesi opposte le propongono l’indeterminismo e la metafisica. Il primo rompe il *continuum passato-presente-futuro*, non viola lo spazio della scelta ma preclude alla prevedibilità degli eventi, implicando questioni di ordine etico e coinvolgendo il problema della conoscenza in quanto tale. Per la metafisica il problema della libertà è il fatto distintivo dell’essere umano; l’agente *decide* in piena coscienza e autonomia (*condizione necessaria*), responsabile e consapevole delle proprie scelte (*condizione sufficiente*). Una tesi notevolmente articolata tenta di coniugare determinismo e indeterminismo intorno al concetto di “persona”, distinguendo, con opportune limitazioni, tra nomologico e libertà di scelta.

Il pensiero scientifico contemporaneo ha concepito la possibilità della libertà ispirandosi al principio d’indeterminazione. Secondo alcuni, tale accostamento è frutto di trasposizioni ontologiche di teorie fisiche, riducendo la dimensione metafisica alle categorie della “quantità” e della “relazione”, proprie della scienza fisico-matematica. La nozione di “causalità” risulta restrittiva e circoscritta alla pura interazione “meccanica” sulla base delle attuali conoscenze sulle forze fondamentali (*gravitazionale, elettromagnetica, nucleare forte e nucleare debole*). La “radicalizzazione metafisica” del principio

di indeterminazione — principio originato dalla fisica — si esprime come versione speculare del determinismo in quanto, pur opposto, concepisce il concetto di “causa” nella sua univoca realtà. Nell’indeterminismo estremo, nel quale l’arbitrio assoluto non permette scelte definibili e coerenti, sarebbe infatti impossibile conoscere il mondo e noi stessi.

Estremizzare quindi le posizioni, da un lato, accogliendo *in toto* la tesi indeterministica (negando il principio di causalità) o, dall’altro lato, abbracciando il determinismo in senso assoluto e radicale (negando responsabilità e possibilità di scelta), non porterebbe a soluzioni possibili ma a contraddizioni. L’indeterminismo evidenzia la necessità di un riferimento intelligibile nei fenomeni, e pertanto interpretato come limite strutturale imposto alla pretesa di una esclusiva lettura empirica della realtà fisica. Alla domanda: “esiste il determinismo?” si dovrà rispondere in senso affermativo, così alla domanda: “esiste l’indeterminismo?” rispondere altrettanto. Si è da sempre guardato al problema mente–corpo raccogliendo un certo numero di prove inconfutabili che confortano la tesi determinista, ma altrettante comprovanti quella indeterministica, parteggiando per l’una o per l’altra, costruendo teorie mentalistiche all’occasione e sorrette da pre–condizioni interpretative e presupposti ideologici. Al contrario, è necessario valutare il problema nella sua interezza, non discriminando l’una o l’altra tesi in quanto entrambe costituiscono l’unitaria e complessa struttura del mondo e degli eventi, e il cui contenuto di verità sussiste in tutta la sua evidenza. Il problema non è decidere l’esistenza o meno dell’una o dell’altra tesi, isolatamente, in quanto l’una scalzerà l’altra indefinitamente senza soluzione di continuità; piuttosto, sulla base della loro l’incontrovertibile esistenza e funzione, se ne definiscano gli statuti ontologici e i contorni con sempre maggiore definizione.

Il carico esperienziale delle informazioni offerto dalla scienza naturale non potrà né avallare né contrapporsi ad altri tipi d’informazione propri dell’etica, della morale e della religione, se non predisponendo i rispettivi contenuti di conoscenza e interagendo con le altre forme di sapere (*epistemologia della complessità*). C’è da chiedersi se la “frammentazione dell’io” riguardi l’*ego* nella sua oggettualità o, piuttosto, l’effetto parcellizzante proprio della metodologia delle scienze cognitive e delle neuroscienze, favorendo la sola visione analitica degli stati mentali. L’informazione scientifica interpreta le strutture biologiche sulle quali si implementano le “percezioni” di unitarietà dell’io; d’altra parte, se la strumentazione scientifica offre informazioni di tipo analitico, filtrando attraverso le logiche del proprio metodo, essa contribuisce a comporre un quadro d’insieme sui processi mentali, pur non fornendo mai concetti conclusivi. L’informazione scientifica, priva di valenze interpretative intrinseche, non coincide con la struttura della realtà nella sua essenza e completezza, pertanto non l’interpreta in

senso definitivo, ma trasversale e collaborativo con altri saperi. Le analisi scientifiche sulla fenomenologia dell'io, in quanto *analisi*, offrono una visione *quantificata e descrittiva*; l'unità dell'io, non percepibile secondo le interpretazioni della "psicologia ingenua" ma concepita nella sua dimensione etica, non potrà essere interpretata dal solo linguaggio della scienza, se non come serie di riscontri fenomenologici che si compendiano in senso problematico.

L'etica, la morale e la responsabilità possiedono dei propri status riconciliabili all'interno di un contesto, per cui è opportuno optare per una posizione aperta come l'ipotesi dualistica con una capacità critica più ampia, la quale, se da un lato si sospende in una condizione aporetica, dall'altro lato esclude condizioni restrittive e riduzionistiche, finanche contraddittorie, proprie delle tesi monistiche. Allo stesso modo, il "naturalismo interazionista" converge in una contraddizione in quanto pretende coniugare due orientamenti tra loro inconciliabili: "soggetti auto-coscienti, intenzionali e razionali" e le "macchine computazionali implementate su un sostrato biochimico". Dal punto di vista epistemologico, la posizione in sé è certamente condivisibile in quanto evita riduzionismi e apre all'interazione tra distinte forme di sapere; tuttavia sul piano ontologico l'impianto interazionista stringe nella contraddizione in quanto fondato sul monismo naturalistico.

\*\*\*

La conoscenza umana è una dicotomia tra l'approccio cosmologico attraverso l'esperienza con ciò che è al di fuori dell'uomo e l'approccio antropologico all'interno di se stesso (pensiero, emozioni, percezione della libertà, coscienza di sé, ecc.). Al di là se l'origine della conoscenza sia l'esperienza sensibile (*nihil est in intellectu quod prius non fuerit in sensu* — Aristotele e S. Tommaso d'Acquino) e solo con la riflessione l'"io" abbia esperienza interiore di sé; o se la conoscenza tragga dalle idee innate (Platone, Cartesio) o dall'intuizione (H. Bergson), o da un'illuminazione interiore (S. Agostino d'Ippona, S. Bonaventura da Bagnoregio), il problema della necessità o contingenza degli enti e degli eventi si lega, comunque, al problema della libertà umana. Spinoza (e razionalisti), risolvendo nell'immanenza l'unità causale del sistema del mondo, immolò l'idea di "libertà", considerando le esperienze interiori mere illusioni. Così Hume per il quale l'uomo non è libero ma condizionato da leggi naturali prevedibili e prestabilite atemporalmente. Se quindi dato ogni tipo di causa seguisse necessariamente un effetto determinato *ad unum*, non vi sarebbe possibilità di libera scelta, in quanto tutto sarebbe determinato. Tuttavia l'uomo esperisce la propria libertà, pertanto il problema è coniugare l'esperienza della libertà interiore con una corretta descrizione del mondo esterno.

Nel pensiero scientifico contemporaneo si tende a giustificare il concetto di “libertà” sul principio di indeterminazione; ad esempio le “rotture indeterministiche” del libertarismo (R. Kane, J. Searle), come la dimensione *concettuale* della libertà umana rispetto al grado di causalità nei gradi di libertà dei fenomeni (Mc Dowell, Beltrami) si interiscono in questo quadro. La tesi non è accettabile: in primo luogo, è proprio di un problema *metafisico*; in secondo luogo, facendo eco ad una critica condivisibile, questo è un ingenuo tentativo di trasporre elementi ontologici in una teoria fisica la quale ridurrebbe l’orizzonte metafisico alle categorie della “quantità” e della “relazione” proprie delle scienze matematizzate. La nozione di causalità ridurrebbe a pura interazione “meccanica”, implicando una radicalizzazione metafisica del principio di indeterminazione speculari al determinismo in quanto univoca sul concetto di causa, senza differirne in senso qualitativo. Ne deriverebbero, comunque, paradossi sia in senso antropologico, in quanto la “libertà” di scelta risulterebbe intrinseca alle entità microcosmiche (*quark*, particelle elementari), similmente alle scelte umane; sia in senso teologico poiché equivarrebbe a sostenere che a Dio stesso sarebbero sconosciuti i “futuri contingenti”. Tuttavia,

Dio, naturalmente, conosce al massimo grado ciò che si può conoscere e cioè le *probabilità* del verificarsi di certe situazioni, le varie possibili traiettorie dei sistemi, [e d’altra parte lo stesso] ‘caso’ è lo pseudonimo usato da Dio quando non vuole firmare col proprio nome<sup>26</sup>.

Questi sono paradossi rimovibili ricorrendo all’idea “analogica” della causalità, in luogo di quella univocamente meccanica — il pensiero medievale con S. Tommaso d’Aquino mostrerà come l’intelletto divino conosce i singoli, gli infiniti e i futuri contingenti (*l’intero ventaglio dei mondi possibili*)<sup>27</sup>. Per ciò che concerne il sostrato fisico necessario alle funzioni intellettive e volontarie, l’idea analogica della causalità si colloca al di là di un confronto tra determinismo e indeterminismo, per cui individuabile nell’organizzazione complessa del vivente più evoluto, l’uomo. Ma come agisce una volontà libera attraverso i processi nomologici? L’indagine non si circoscrive nel solo ambito del legiforme, ma estende inevitabilmente alla psicologia, alle scienze cognitive e alle neuroscienze. Una linea di orientamento apre alle scienze della complessità le quali, superando il riduzionismo, reinterpretano la razionalità scientifica e il criterio dell’analogia. J. Polkinghorne considera,

la causalità che più facilmente la fisica è in grado di descrivere è una causalità *bottom-up* generata dall’interazione energetica tra le parti che costituiscono un sistema.

26. A. France *Il giardino di Epicuro* Feltrinelli, Milano, p. 281.

27. S. T. d’Aquino cfr. *Contra Gentiles*, I, cc. 65–69.

L'esperienza dell'azione umana sembra essere totalmente diversa. È l'azione della persona nella sua totalità e come tale sembrerebbe descritta in modo più appropriato come una causalità *top-down*, come l'influsso del tutto che comporta l'attività coerente delle parti. Non è possibile trovare simili forme di causalità *top-down* anche altrove, comprendendo anche l'influsso di Dio sul tutto della creazione?<sup>28</sup>

Il problema della causalità è affrontato da Aristotele e S. Tommaso d'Aquino con la dottrina delle quattro cause. Essa richiede che si tengano presenti le due teorie metafisiche ad essa presupposte, la teoria "ilemorfica" e la teoria della "potenza-atto". Secondo la prospettiva, il rapporto causa-effetto non è riducibile alla semplice interazione meccanica, o elettromagnetica, o fisica in senso moderno. La causa in senso metafisico è piuttosto quella che fa essere qualcosa e in un certo modo, e non semplicemente quella che lo "muove" localmente. La causalità viene così concepita in senso "analogico". Dio, come Causa Prima, può avere fra i suoi effetti anche l'uomo, dotato di una volontà "libera" e non univocamente determinata<sup>29</sup>. Per una concezione non meccanicista della causalità, c'è quindi spazio per una "causa" i cui effetti sono liberi atti della volontà di un soggetto razionale, che Dio conosce singolarmente rendendone possibile ogni libera scelta<sup>30</sup>. Dal breve sorvolo sul senso metafisico ed esistenziale dell'indeterminismo, si vira sulle implicazioni nella scienza e nell'interdisciplinarietà.

### 3. Indeterminismo e filosofia della natura

Nelle scienze fisiche, le nozioni di determinismo e indeterminismo hanno una più esplicita definizione; è in questi ambiti che le due concezioni sul mondo videro il loro esordio e sviluppo. Il determinismo concepisce la natura come una realtà in cui *nulla* avviene per caso e *tutto* accade secondo ragione e necessità. Nell'ontologia deterministica si concepisce la necessità causale al grado estremo, negando l'esistenza del caso e fonda sulla teoria della causalità. Il determinismo, negando la casualità nelle cose e negli eventi, risolve la totalità dei fenomeni nel fisicalismo, riconducendo le strutture al principio di causalità, pertanto ogni accadimento nel futuro sarà determinato dal legiforme universale. Essa è una proiezione teorica in quanto, dal punto di vista della conoscenza, e quindi della pre-determinazione, non è possibile né conoscere né pre-determinare gli eventi; tuttavia, della loro conoscenza e prevedibilità, le perturbazioni degli strumenti di misura

28. J. Polkinghorne, *The Metaphysics of Divine Action*, in R. Russell et al., 1995, p. 151.

29. cfr. *Summa theologiae*, I, q. 83, a. 1, ad 3<sup>um</sup>; *De Veritate*, q. 24, a. 1, ad 3<sup>um</sup>.

30. cfr. Basti, 1991. L'interpretazione aristotelico-tomista, le indagini sulla complessità e sul problema mente-corpo sembrano convergere.

alteranti la struttura del fenomeno, come lo stesso osservatore come parte integrante del sistema di misurazione, ne implicherebbero necessariamente l'indeterminazione.

Nell'analisi di un sistema dinamico, date le sue condizioni iniziali, ogni evento futuro viene determinato da leggi fisiche. Tuttavia è impossibile pre-determinarli in quanto implicherebbe la precisa conoscenza dello *stato* di ogni ente dell'universo in un dato istante e tutte le leggi che lo governano. Pur ammettendone la possibilità, l'atto di misura, perturbando il sistema, ne altera i valori in quanto parte di esso, implicando un'incompatibilità tra determinismo e probabilità nei sistemi fisici; al contrario, indeterminismo e probabilismo convergono sulla base della casualità e dell'imprevedibilità degli eventi<sup>31</sup>. Decrivendo gli stati fisici, si ha per il determinismo che, *se a uno stato fisico presente totalmente definito corrisponde compatibilmente un solo stato futuro, altrettanto definito; a due o più stati presenti simili corrispondono due o più stati futuri simili*. Il contenuto epistemologico è espresso in modo esplicito nel sec. XVIII dal filosofo e scienziato italo-dalmata R. G. Boscovich:

Se la legge delle forze fosse conosciuta, così come la posizione, velocità e direzione di tutti i punti in un dato istante, sarebbe possibile per una tale mente prevedere tutti i movimenti successivi che dovranno necessariamente avvenire, e predire tutti i fenomeni che necessariamente seguono da essi<sup>32</sup>.

Al contrario, per l'indeterminismo, *se lo stato presente del sistema fisico non è totalmente definibile o a uno stesso stato presente totalmente definito possono corrispondere molti stati futuri possibili, di cui uno solo si realizzerà*. Ciò è espresso da M. Gell-Mann:

Se non siamo in grado di fare previsioni sul comportamento di un nucleo atomico, immaginiamo quanto più fondamentalmente imprevedibile sia il comportamento dell'intero universo, anche disponendo della teoria unificata delle particelle elementari e conoscendo la condizione iniziale dell'universo stesso<sup>33</sup>.

Se la teoria classica immaginava un universo causativo e prevedibile, la teoria dei quanti lo ripensa come un sistema non prevedibile e dove la causalità è reinterpretata non più nella sua univocità e consequenzialità dirette, ma inserita in una strutturistica ontologica complessa e al nuovo linguaggio della probabilità. La natura discreta della realtà quantistica, interpretabile

31. Democrito, Epicuro, Lucrezio, O. Khayyam, T. Hobbes, R. Cartesio, B. Spinoza, D. Hume, P. H. T. d'Holbach, I. Kant, A. Schopenhauer, P. S. Laplace, P. de Blache, J. Searle.

32. P. Tucci, *Boscovich, Ruggero Giuseppe*, su *Il Contributo italiano alla storia del Pensiero e delle Scienze*, Istituto dell'Enciclopedia italiana Treccani, 2013, p. 73. R. G. Boscovich (*Ragusa 1711–Milano 1787*).

33. M. Gell-Mann *Il quarck e il giaguaro*, Bollati-Boringhieri, Torino, 1996, p. 160.

dalla sola relazione d'indeterminazione, si apre sull'intero scibile con decisive ricadute. A parte le implicazioni di ordine etico, giuridico, mentalistico, ecc., rimanendo nell'ambito scientifico, lo scoglio tra le due teorie fondamentali, relatività e meccanica dei quanti, sta nel tentativo di conciliare le rispettive strutture ontologiche: deterministica e indeterministica.

L'indeterminismo venne introdotto e formalizzato compiutamente dalle disequazioni di W. Heisenberg:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2\pi} \text{ o } \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$$

pone in evidenza la natura dualistica introducendo questioni fondamentali sull'analisi critica del determinismo, implicando l'idea di struttura discreta della realtà come base teoria *indeterministico-quantistica*. Dalla misura effettuata con alta precisione di una coordinata non è possibile ottenere contemporaneamente un altrettanto preciso valore dell'altra; se  $p$  tende a zero,  $x$  tenderebbe teoricamente a infinito, per cui il prodotto delle indeterminazioni  $(\Delta px)^2$  o  $(\Delta Et)^2$  è sempre  $\geq h/2\pi$ . C'è da osservare, tuttavia, che le disuguaglianze di Heisenberg coinvolgono la misura con gli effetti perturbativi da essa prodotti sull'osservabile, pertanto è un indeterminismo di tipo *operazionale*; al contrario, le disuguaglianze di E. H. Kennard e di H. P. Robertson offrono un'interpretazione estensiva dell'indeterminazione quantistica coinvolgendo le proprietà intrinseche dei sistemi quantistici (*indeterminismo intrinseco*):

$$\sigma_x \sigma_p \geq \frac{h}{2\pi}$$

L'indeterminazione eleva la propria significanza passando da fenomeno legato a strumenti e misure, all'espressione di una nuova ontologia fisica della quantizzazione. In particolare, secondo gli orientamenti ideologici — che tratteremo più avanti — il *realismo strutturale* vede nel formalismo matematico (spazi di Hilbert a infinite dimensioni, matrici di Heisenberg, l'equazione di Schrödinger<sup>34</sup>) a dare quei caratteri indeterministici alla fisica quantistica; mentre, per il *realismo scientifico* è una caratteristica intrinseca agli enti quantistici (fotoni e particelle), un *indeterminismo intrinseco* che si differenzia in senso ontologico dalla fisica classica<sup>35</sup>. Tuttavia, il concetto base formulato si traduce *nell'impossibilità di conoscere contemporaneamente*

34. L'equazione di Schrödinger, a differenza, è semi-classica in quanto coniuga il contenuto propriamente quantistico ad un formalismo classico per una descrizione il più possibile accessibile ai nostri modelli mentali.

35. M. Ozawa e K. Fujikawa hanno proposto una versione universale della disuguaglianza, includendo sia l'indeterminismo operazionale sia l'indeterminismo intrinseco.

la posizione e la quantità di moto — oppure l'energia e il tempo — di un ente microfisico.

Dal rifiuto della rigidità di un determinismo assoluto mediante continue reinterpretazioni della legge di causalità, come dagli aspetti critici dell'indeterminismo sui limiti della nostra conoscenza del mondo naturale, emergono questioni d'ordine metafisico che implicano un recupero dell'idea di "filosofia naturale". Nelle scienze fisiche e biologiche, la conflittualità determinismo-indeterminismo si è storicamente manifestata sia dal punto di vista classico sia da quello quantistico. I tentativi di soluzione hanno indotto allo studio del fenomeno in termini statistici attraverso il controllo sul "comportamento medio" delle singole particelle. La meccanica statistica classica offre informazioni esatte sulla "probabilità" che una particella si trovi in una certa regione, con velocità compresa entro precisi valori. Nella meccanica classica e deterministica, l'"indeterminazione" è di natura meramente statistica originata da un'impossibilità operativa di lettura esaustiva in un sistema dinamico. Un "indeterminismo statistico" attraverso il quale è possibile una *conoscenza probabile* (ma pur sempre teoricamente prevedibile) che una certa entità microcosmica si trovi in una determinata porzione di spazio e dotata di una velocità compresa in un certo intervallo. L'indeterminazione emerge a livello macroscopico, ma non presente in quello microscopico. Nell'indeterminazione statistica v'è una meccanica deterministica, un indeterminismo non insito nel legiforme classico, ma è la semplice espressione dei limiti intrinseci alla conoscenza dell'osservatore. Un indeterminismo "soggettivo" e non "oggettivo", un indeterminismo formale non sostanziale.

La conclusione sembra paradossale: sostenere il carattere *indeterministico* della meccanica classica ravvisando un carattere *deterministico* della teoria dei quanti<sup>36</sup>. La teoria classica risulterebbe deterministica rispetto alla descrizione meccanica di stato; allo stesso modo la teoria quantistica risulterebbe deterministica riguardo alla descrizione quantistica di stato, mediante la funzione d'onda di E. Schrödinger:

$$i \delta \Psi(r, t) \delta t = \frac{\hbar}{2m} \nabla^2 \Psi(r, t) + U(r, t) \Psi(r, t)$$

Interpretare in senso probabilistico l'occupazione dello spazio dei costituenti elementari il sistema, induce a considerare le relazioni come "determinismo della probabilità". La teoria dei quanti *non-deterministica* riconduce all'impossibilità di analizzare le variabili di stato in termini non esclusivamente probabilistici; J. von Neumann dimostrò che l'*indeterminatezza* non può colmarsi introducendo "variabili nascoste" (addizionali) recuperando la

36. È quanto sostiene la "teoria del caos ordinato" che vedremo più avanti.

*determinabilità* di un sistema<sup>37</sup>. Ma ciò implicherebbe disaccordi tra la teoria e i dati sperimentali; L. De Broglie commentava con rassegnazione che

non ci pare personalmente molto probabile che si giunga a ristabilire interamente l'antico determinismo. I danni che gli ha fatto la nuova meccanica sembrano troppo gravi perché possano venir riparati — ed aggiunge — la sola via che pareva restare aperta a una restaurazione del determinismo alla scala atomica sembra chiudersi davanti a noi<sup>38</sup>.

Termini come “previsione”, “determinazione del futuro”, considerati generalmente di significato univoco e determinato, sono stati occasione di ampi dibattiti; B. Russell, ad esempio, riduce ogni affermazione deterministica del futuro a tautologia, cioè al fine di esorcizzare il fantasma laplaciano. Il mondo è *uno* e irripetibile nella sua evoluzione, implicando un linguaggio matematico che, per la sua vertiginosa complessità, non è in grado di descrivere il succedersi degli eventi. Il futuro è determinabile, per cui qualsiasi affermazione sulla sua determinazione logica è pura tautologia.

\*\*\*

Per *determinismo fisico* si designano due o più sistemi fisici isolati e identici da ogni punto di vista i quali, se possiedono condizioni uguali, si evolvono in modo equivalente. Tuttavia, le sue implicazioni filosofiche, specialmente il nesso con la causalità, dissolvono nell'ambiguo la sua formulazione. Il determinismo concepisce l'universo nel suo stato presente, *effetto* dello stato immediatamente precedente e *causa* di quello immediatamente successivo. Il principio di causalità, instaurando una continuità tra cause ed effetti, sarebbe un “supporto temporale” di connessioni tra eventi, implicando altrettanti nessi tra questi e la prevedibilità del futuro. Esso trova in P. S. de Laplace la sua nota celebrazione:

una intelligenza la quale conoscesse tutte le forze da cui la natura è animata e la situazione corrispondente dei suoi componenti, e ciò in corrispondenza ad un dato istante, e inoltre così comprensiva da poter trattare tutti i suddetti dati con l'analisi matematica, abbraccerebbe in una sola formula i movimenti tanto dei corpi maggiori dell'universo quanto dell'atomo più piccolo. Nulla sarebbe per essa incerto e tanto l'avvenire quanto il passato sarebbero presenti ai suoi occhi<sup>39</sup>.

37. La prova di J. von Neumann conforta la tesi che l'indeterminatezza dei fenomeni quantistici è intrinseca alla struttura della realtà o, quantomeno, dall'inadeguatezza dei linguaggi e dalle logiche semi-classiche in nostro possesso.

38. L. de Broglie *Sui sentieri della scienza* Bollati-Boringhieri, Torino, 1962, p. 61.

39. P. S. de Laplace, *Saggio filosofico sulla probabilità* (tr. it. S. Oliva) intr. di F. Albergamo, Bari, Laterza, 1951 p. 17.

Questo fa eco alla meno nota, ma precedente, affermazione di R. G. Boscovich:

Anche se un tal problema sorpassa il potere dell'intelletto umano, qualsiasi matematico può vedere che il problema è ben definito [...] e che una mente che avesse le capacità necessarie per trattare tale problema in forma appropriata e fosse abbastanza brillante da percepirne le soluzioni [...] tale mente, dico, a partire da un arco continuo descritto in un intervallo di tempo, non importa quanto piccolo, da tutti i punti della materia, potrebbe derivare le leggi della forza<sup>40</sup>.

Ciò derivò dalla matematizzazione delle scienze fisiche, pertanto si postulò un sistema all'interno del quale configurare i processi fenomenici fondamentali secondo i paradigmi della controllabilità e della prevedibilità. L'ambito degli eventi prevedibili è, in realtà, ristretto. Ciò è ammesso da S. de Laplace in senso fattuale e non di principio. L'uomo, perfezionando sempre più le procedure di osservazione e formulando leggi sempre più esatte, aumenterebbe indefinitamente la sua capacità predittiva. Dato infatti un sistema isolato di entità microfisiche le cui mutue interazioni siano soltanto di tipo meccanico, è teoricamente possibile ricavare l'intero stato del sistema. E' possibile identificare il determinismo con l'esistenza di un certo insieme di leggi che consentono di operare in linea di principio previsioni prive di qualsiasi incertezza. Una teoria deterministica è tale solo per quanto concerne proprietà e stati del sistema fisico descrivibili secondo i criteri della stessa teoria. La meccanica classica, infatti, è *deterministica* quanto al moto dei punti massa, non rispetto alle proprietà termiche ed elettromagnetiche del sistema fisico di appartenenza. Il senso del passo laplaciano che "nulla sarebbe incerto" a quella intelligenza conoscente lo stato meccanico di un sistema ad un certo istante è del tutto errato. Sarebbe possibile se la capacità di quell'"intelligenza" fosse in grado di analizzare *tutte* le proprietà, ottiche, termiche, chimiche, elettromagnetiche, nucleari, subnucleari, ecc. di un sistema fisico come variabili meccaniche; ma pur ammettendo tale possibilità, ciò è ingenuo e arbitrario. La meccanica classica è, comunque, il paradigma generalmente riconosciuto proprio di una teoria deterministica.

L'identificazione determinismo-meccanicismo è, però, insostenibile. Una teoria fisica può essere rigorosamente deterministica pur usando termini non meccanici come nella teoria elettromagnetica di J. C. Maxwell; non ha senso affermare che una teoria è deterministica senza riferirsi al modo in cui è specificato lo stato di un sistema. La meccanica statistica classica, infatti, riguardo al proprio modo di specificare lo stato di un sistema è strettamente deterministica, ma non rispetto al concetto ordinario di

40. P. Tucci, *Boscovich, Ruggiero Giuseppe*, su *Il Contributo italiano alla storia del Pensiero e delle Scienze*, Istituto dell'Enciclopedia italiana Treccani, 2013, p. 52.

“meccanica”. Definire una teoria “deterministica” significa riferirsi alla sua struttura interna, e non rispetto al fatto empirico della limitata precisione degli esperimenti, ovvero la sua definizione *teorica* di ‘stato di un sistema meccanico’. L’idea deterministica, specialmente per la meccanica celeste, si fonda sulle regolarità causali rispetto al macrocosmo, non affermando nulla sulla struttura del microcosmo, per cui ogni ipotesi deterministica e di “causalità” riferita al mondo dei quanti non possiede giustificazione empirica. Le leggi causali possono considerarsi enunciati di natura statistica applicati a macro-insiemi di micro-fenomeni. Per la teoria quantistica le leggi del microcosmo non sono casuali, ma probabilistiche; il principio di causalità, privo del suo stato di necessità, assicura al limite l’esistenza di regolarità statistica rispetto a un gran numero di elementi. Tali elementi non corrispondono a micro-oggetti trattati dalla meccanica statistica classica; data l’intrinseca discontinuità dei processi atomici, l’interazione *osservatore-oggetto osservato* implica mutamenti incontrollabili nel sistema d’osservazione. Ogni esperimento predisposto alla determinazione quantitativa d’una certa grandezza presuppone l’illusoria conoscenza di altre quantità componenti.

\*\*\*

L’indeterminismo segna la demarcazione tra fisica classica e moderna. Teoria newtoniana e relatività limitano nella visione deterministica del mondo; la relatività generale, in particolare, concepisce il cosmo un insieme di eventi predeterminati nello spazio-tempo. L’interpretazione indeterministico-quantistica prevede, al contrario, il permanente divenire delle cose e stati possibili di accadimenti. La distanza ontologica tra tali visioni del mondo rappresenta uno dei maggiori ostacoli per la loro unificazione. È noto che il principio d’indeterminazione implica l’abbandono del rapporto causale diretto e nuove relazioni tra fisica matematica ed empiria a causa, e non solo, di perturbazioni introdotte da sistemi e strumenti di misura, per cui l’esatta determinazione di un parametro implica la crescente indeterminazione dell’altra, e viceversa. Si rende necessaria la riformulazione del concetto di *causalità* il quale non può respingersi *in toto* in quanto, non prevedendo un certo grado di regolarità e determinatezza causale, renderebbe impossibile la conoscenza in generale. Heisenberg afferma:

Se si accetta che l’interpretazione della meccanica quantistica qui proposta sia corretta già in alcuni punti essenziali, allora dovrebbe essere permesso di affrontare in poche parole le conseguenze di principio. [...] nella formulazione netta del principio di causalità: “se conosciamo in modo preciso il presente, possiamo prevedere il futuro”, non è falsa la conclusione, bensì la premessa. In linea di principio noi non

possiamo conoscere il presente in tutti i suoi dettagli. [...] siccome tutti gli esperimenti sono soggetti alle leggi della meccanica quantistica e quindi all'equazione, mediante la meccanica quantistica viene stabilita definitivamente la non validità del principio di causalità<sup>41</sup>.

La relazione d'indeterminazione infatti invalida il *determinismo*, non il principio di *causalità*. M. Born, similmente ad Heisenberg, espresse un erroneo giudizio sulle implicazioni dell'indeterminismo la causalità:

L'impossibilità di misurare esattamente tutti i dati di uno stato impedisce la pre-determinazione dello svolgimento successivo. Di conseguenza, il principio di causalità perde, nella sua comune formulazione, ogni senso. Infatti, se è impossibile per principio conoscere tutte le condizioni (cause) di un processo, diventa un modo di dire vuoto che ogni evento ha una causa<sup>42</sup>.

Ma lo stesso Born corresse l'idea, affermando che « non è la causalità propriamente detta ad essere eliminata, ma soltanto una sua interpretazione tradizionale che la identifica con il determinismo »<sup>43</sup>. La fisica contemporanea, in particolare, che ha sviluppato il metodo statistico e il concetto di "caso", tenta di riformulare il principio di causalità il quale, se non venisse riconosciuto, almeno per quel "certo grado e regolarità", la scienza diverrebbe impossibile. La legge di causalità deve quindi reinterpretarsi secondo le esigenze della ricerca contemporanea; il problema più avvertito non è ragionare sul significato di "causa", ma piuttosto sul senso in cui vengono riconosciute *deterministiche* le teorie classiche e dal fatto che la teoria dei quanti possiede una struttura indeterministica pur conservando un proprio schema causale.

Il principio di causalità è per lo più distinto dalle varie teorie e leggi causali particolari, come la stessa meccanica newtoniana. Inesistente una formulazione generale del principio, al di là dell'attuale concezione. D'altra parte, oltre il campo proprio di ogni legge causale particolare, molteplici sono le interpretazioni intorno al significato di "causalità"; tuttavia, non esistendo un unitario fondamentale concetto, la sua definizione ha degenerato in una sorta di "fallimento". Interessanti alcune formulazioni sugli indiretti rapporti con le inferenze induttive, le sue implicazioni sulla refutazione di alcuni aspetti della causalità e le nuove prospettive sulla fenomenologia quantistica.

41. W. Heisenberg *Indeterminazione e realtà*, (a cura di G. Gembillo e G. Gregorio), Napoli, Guida Editore, 2002, 86.

42. M. Born, *Filosofia naturale della causalità e del caso*, Boringhii, Torino 1982, p.129.

43. E. H. KENNARD, Zur Quantenmechanik einfacher Bewegungstypen [Sulla meccanica quantistica di tipi semplici di moto], in *Zeitschrift für Physik*, vol. 44, n° 4, 1927, pp. 326-352.

Circa la nozione di “legge causale”, secondo Born, « non è la causalità propriamente intesa a venire eliminata, ma soltanto una interpretazione tradizionale di essa che la identifica con il determinismo »<sup>44</sup>. Molti scienziati hanno tentato di ‘salvare’, a parte i successi e gli insuccessi del determinismo laplaciano, l’idea di un *principio causale* operante nell’intima struttura del mondo naturale, tentativi che affondano radici in una millenaria eredità speculativa. Russell avversa tale tendenza identificandola come « relitto di un’epoca passata, che sopravvive [...] solo perché si crede erroneamente che non faccia alcun male »<sup>45</sup>. Il principio di causalità nell’epoca contemporanea ha comunque perso molto del carattere metafisico proprio del pensiero antico. Nella fisica moderna esso si lega a due elementi di fondo: l’impossibilità di agire sul passato e l’esistenza della velocità  $c$  limite luminale di propagazione delle azioni e delle comunicazioni. Se concetti come “causalità” in senso generale, nei limiti assunti dal pensiero scientifico contemporaneo, e l’impossibilità di alterazioni temporali (immaginando una velocità infinita delle nostre azioni), essi conducono a considerare l’indeterminismo speculare al determinismo rispetto a situazioni di dissonanza tra conoscenza attuale e mondo fenomenico reale. La fisica classica ammette *a priori* l’esistenza di un nesso causale tra evento e osservazione, effettuando misure non alterando le condizioni iniziali; tuttavia, è noto che il ragionamento non corrisponde alla logica dei domini microfisici che possiedono quel minimo valore imposto dal quanto d’azione  $h$ , al di sotto del quale è impossibile spingersi. Ne consegue l’impossibilità di ridurre indefinitamente l’errore non solo per le cause perturbative sul fenomeno osservato, coinvolgendo la stessa ontologia fisica.

Ma quale effettivo statuto ontologico possiede il principio di causalità? Fondamentale distinguere la legge in senso generale dalle leggi *causali* specifiche, esempio le leggi newtoniane. Per vari aspetti il determinismo procede secondo il paradigma della teoria classica che definisce, mediante equazioni, relazioni tra proprietà fisiche di enti naturali. Definire “causale” la teoria classica sulla base di tali definizioni è del tutto insufficiente, specialmente rispetto a ciò per cui si concepisce non causale la teoria dei quanti; infatti, in base alle considerazioni suesposte, anche la teoria quantistica può definirsi *causale*. La definizione è giustificata dal fattore ontologico come sistema complesso di relazioni tra eventi, quindi da quello epistemologico in quanto tali sistemi di relazioni sono resi conoscibili. Ciò che invece costituisce la meccanica classica una teoria deterministica è la *prevedibilità* mediante

44. M. Born, *La sintesi einsteiniana*, Bollati-Boringhieri, Torino, 1962, p. 86. La precisazione ‘salva’ la stessa possibilità di fare scienza, altrimenti si incorre nella violazione non solo del principio di causalità ma del principio di non-contaddizione.

45. B. Russell *La conoscenza del mondo esterno (Our Knowledge of the External World as a Field for Scientific Method in Philosophy)*, Longanesi, 1914, p. 81

le variabili di stato (posizione e momento) nell'evoluzione di un sistema meccanico; il *dogma* deterministico ne riduce idealmente la descrizione in 'sistema meccanico di particelle', per cui nella teoria classica *determinismo* e *causalità* si identificano.

Identificare il principio di causalità con il determinismo è certamente errato. Nel pensiero contemporaneo, l'idea di causalità ha un duplice significato: in senso *ristretto*, essa coincide con ogni sistema deterministico, ma tutti i sistemi causali non sempre risultano deterministici; in senso *ampio* la causalità è sinonimo di determinismo, per cui qualsiasi sistema deterministico è descrivibile causalmente. Discernere gli statuti della causalità equivale a penetrare i contenuti ontologici ed epistemologici dei due massimi sistemi della fisica moderna: relatività e teoria quantistica. Per l'idea quantistica di causalità, l'equazione d'onda  $\psi$  relaziona lo stato fisico di un sistema al suo stato evoluto nel tempo. Nella funzione di Schrödinger, pur sussistendo residui di evoluzione temporale di tipo deterministico, tuttavia l'equazione è indeterministica nel contenuto fisico-matematico in quanto vi sono contenute solo informazioni sulla probabilità di trovare un sistema in un certo stato.

Per la tesi humeana, che nega legami di necessità tra stato precedente e stato successivo, la successione temporale è l'unico legame necessario individuabile. Sarebbe possibile conservare l'idea di "causalità" per ogni costrutto teorico (compresa l'ipotesi probabilistica) che interpreti correttamente i fenomeni, deducendoli unicamente per conseguenza teorica. Ma ciò non risulta del tutto "scientifico". Secondo Born, non può indentificarsi "causalità" e "determinismo"; nella meccanica quantistica « non è la causalità propriamente detta ad essere eliminata, ma soltanto una sua interpretazione tradizionale che la identifica con il determinismo »<sup>46</sup>. Aggiungendo che:

l'affermazione frequentemente ripetuta, secondo la quale la fisica moderna ha abbandonato la causalità, è del tutto priva di fondamento. È vero che la fisica moderna ha abbandonato e modificato molti concetti tradizionali; tuttavia cesserebbe di essere una scienza se avesse rinunciato a ricercare le cause dei fenomeni<sup>47</sup>.

Una seconda condizione riconosce la relazione di necessità in un sistema tra istanti diversi solo se è noto lo stato futuro la cui conoscenza è determinata dalla sua realizzazione. Nella causalità teleologica le evoluzioni temporali del sistema fisico sono funzione delle sue condizioni finali; esempio, la connessione di necessità tra una crisalide in un certo periodo di tempo e una farfalla nel successivo periodo di tempo, è il fatto che la crisalide generi una farfalla e non un'altra entità naturale. Ma tale necessità è limitata dal fatto

46. M. Born *Filosofia naturale della causalità e del caso*, 1982, Bollati-Boringhieri, p. 129.

47. *Ivi*, p. 14.

che è altamente improbabile che la conoscenza si spinga fino a dedurre *tutte* le proprietà biochimiche della crisalide che *determineranno* le condizioni *necessarie e sufficienti* affinché essa sia divenuta farfalla.

Con la terza vi è un legame di necessità tra stati distinti di sistemi, note le condizioni iniziali da cui dedurre lo stato futuro, e descritta mediante soluzione dell'equazione temporale con valori determinati da più ampi intervalli futuri. Essa apre a due possibilità: l'una descrive lo stato fisico del sistema mediante la probabilità, l'altra lo esclude. Nel primo caso è previsto il tipo più ampio di causalità: non v'è alcuna variabile indipendente riferibile alla probabilità nella funzione di stato. Per la seconda, il tipo più ristretto di causalità: appaiono nella funzione di stato variabili indipendenti riferite alla probabilità, emergendo l'idea quantistica di "causalità".

Tanto dalla teoria classica in senso esteso (newtoniana e relativistica), quanto dalla teoria dei quanti emerge una causalità di tipo *meccanico*, e non teleologico. Il discriminante sta nel fatto che nella teoria classica la causalità è intesa in senso più ampio, tanto meccanico quanto deterministico; la teoria dei quanti, concepita in senso ristretto, non è deterministica ma soltanto meccanica. Il significato filosofico di "causazione meccanica" in senso ristretto è pregnante nella teoria quantistica. La concezione causale accorda l'ontologia aristotelica con l'idea di "causazione meccanica" del pensiero scientifico contemporaneo. È impensabile infatti che la teoria quantistica restituisca la fisica contemporanea alla fisica aristotelica, o presumere un mancato contributo nel definire il concetto di "causalità" della teoria dei quanti con la "causazione meccanica"; al contrario, essa ne coniuga i contenuti causali e ontologici fondamentali. Tuttavia, con la nota affermazione «Dio non gioca a dadi con il mondo», A. Einstein contesta l'idea che la struttura del mondo potesse fondarsi sul puro caso. La limitativa opinione einsteiniana ricava da una concezione deterministica; per altri, l'incertezza nella previsione dei fenomeni non implica affatto la loro determinabilità.

Per la scuola di Copenhagen, come affermato, l'indeterminismo quantistico non si deve all'impossibilità di accedere alla conoscenza deterministica del moto delle particelle, ma a una *legge di natura* che ne implica l'impossibilità teorica, un'impossibilità di principio. Afferma Schrödinger:

“Allora” il superamento del determinismo era per così dire “pratico”, “adesso” si ammette che sia teorico. L'opinione di allora era: se conoscessimo esattamente la posizione e la velocità iniziale di ogni singola molecola, e trovassimo il tempo per tenere dietro con un calcolo preciso a tutti gli urti, sarebbe possibile prevedere esattamente tutto ciò che deve accadere. Solo l'impossibilità pratica: 1° di determinare esattamente le condizioni iniziali delle molecole; 2° di seguire col calcolo i fatti molecolari singoli, ci ha indotti a contentarci di “leggi medie” (senza provarne dispiacere, perché esse rappresentano proprio ciò che possiamo realmente osservare coi nostri sensi grossolani, e perché tali leggi hanno ancora una precisione tale da

renderci capaci di fare previsioni sufficientemente sicure). Dunque: si continuava a immaginare i fenomeni determinati per via strettamente causale nell'ambito degli atomi e delle molecole prese singolarmente. Ciò costituiva in certo qual modo lo sfondo o base delle leggi statistiche di massa, le uniche, in realtà, accessibili all'esperienza. La massima parte dei fisici riteneva indispensabile, per il mondo fisico, una base strettamente deterministica. Essi erano convinti che il contrario non fosse nemmeno "pensabile"; ammettevano senz'altro che, almeno nel processo elementare, per esempio nell'urto di due atomi, il "risultato finale" fosse contenuto implicitamente, con precisione e piena sicurezza, nelle condizioni iniziali. Si disse e si dice talvolta ancor oggi che una scienza naturale esatta non sarebbe possibile, in alcun caso, su un'altra base; che senza una base strettamente deterministica tutto diventerebbe inconsistente. La nostra "immagine" della natura degenererebbe in un caos e non corrisponderebbe dunque alla natura effettivamente "esistente", perché questa, tutto sommato, non è un perfetto caos. Tutto ciò è indubbiamente "falso". È senza alcun dubbio lecito modificare l'immagine di quanto avviene secondo la teoria cinetica in un gas: si può pensare che, nell'incontro di due molecole, la traiettoria sia determinata "non dalle note leggi sull'urto", ma da un adatto "giuoco di dadi"<sup>48</sup>.

Una situazione nella quale si presentano indeterminazioni è il *determinismo e l'indeterminismo nei sistemi non lineari, o caos deterministico* – osservato da Poincaré nella "meccanica classica non lineare". Il fatto che la maggior parte delle equazioni differenziali che descrivono sistemi meccanici siano equazioni "non lineari" fa sì che la somma delle soluzioni non costituisca una nuova soluzione, per cui presentano un carattere di "instabilità". Un minimo errore nella conoscenza delle condizioni iniziali, rispetto alle condizioni teoricamente volute, devia la traiettoria teoricamente prevista la quale tende a crescere esponenzialmente. Per l'impossibilità di conoscere le condizioni iniziali con precisione assoluta, non si può prevedere se non entro intervalli relativamente brevi. In tali condizioni si crea, attraverso gli "attrattori strani" (*strange attractors*), il "caos deterministico"<sup>49</sup>. Le condizioni di stabilità sono riconoscibili solo per un irrisorio numero di sistemi, l'errore sulle condizioni iniziali tende a contenersi o dissiparsi, per cui la traiettoria reale tende asintoticamente a quella teorica<sup>50</sup>.

La meccanica deterministica è alla base di una "indeterminazione" di tipo non statistico (per una singola particella e non solo in presenza di grandi numeri), dipendendo da un'alta sensibilità rispetto alle condizioni iniziali. L'indeterminazione si lega ad una limitazione intrinseca di uno strumento matematico, l'equazione non lineare, la quale non è una legge fisica come il principio d'indeterminazione. La matematica restringe le proprie capacità di

48. E. Schrödinger, *Che cos'è la vita?: la cellula vivente dal punto di vista fisico*. Adelphi, Milano, 1987, p. 19.

49. cfr. Gleick, 1989; Devaney, 1990.

50. cfr. F.T. e I. Arecchi 1990 pp. 23–24.

prevedibilità quando si applica a problemi di natura fisica, in quanto non è possibile conoscere, né sperimentalmente, né teoricamente, con precisione assoluta i valori che costituiscono le condizioni iniziali di un sistema meccanico. La natura mostra di non essere totalmente rappresentabile da un approccio matematico; il noto “sistema meccanico di tre corpi interagenti” risulta infatti matematicamente imprevedibile. Allo stesso modo risultano le strutture complesse dell’auto-organizzazione dei sistemi biologici. Teorie e metodi matematici che quindi sono adattabili ad una concezione della scienza nella quale non è esclusivo l’uso della matematica, pur mantenendo una metodologia logico-dimostrativa<sup>51</sup>.

#### 4. Realismo dialettico e realismo-antirealismo vs indeterminismo

Il principio di *ragion sufficiente* di G. Leibniz stabilisce sia una legge universale della natura, sia la sua condizione d’intelligibilità, come presupposto di un’armonia prestabilita fra mente e totalità di cui è parte; in ciò si identifica la dimensione oggettiva e soggettiva della realtà e il *consilium regula eius* del costruire scientifico. Visione anticipata nei secoli da Democrito, affermando che «l’uomo è un microcosmo»<sup>52</sup>. Platone stesso esprimeva mediante la teoria delle *idee innate* il possesso nell’uomo delle verità matematiche, prescindendo dall’esperienza; tesi trasmessa agli Stoici i quali postulano le *nozioni naturali* come innate. Tali nozioni sono riprese da Cartesio e Leibniz e i filosofi matematici, per i quali le conoscenze matematiche, nella loro evidenza, necessità intuitiva e rigore, le stimano superiori alle conoscenze empiriche. Il presupposto, proprio del razionalismo metafisico, al di là di garantire un rapporto di equivalenza tra l’ordine delle idee nella mente e l’ordine della natura, sarà contestato dall’empirismo.

La relazione di successione necessaria presunta esistente tra enti, eventi e fenomeni pensati come cause ed effetti, si risolve nella connessione logica per cui il concetto di effetto si deduce da quello di causa. È il *realismo dialettico* della metafisica spinozana secondo cui «L’ordine e la connessione delle idee è la stessa come l’ordine e la connessione delle cose è lo stesso»<sup>53</sup>.

51. Nella prima direzione si orientano varie ricerche di matematica e di logica (De Giorgi, 1995-96; Basti e Perrone, 1996) e di nuove formulazioni della teoria dell’analogia. Nell’altra direzione le scienze naturali (biologia e chimica).

52. Democrito, Fr. 34.

53. B. Spinoza, *Ethica* II parte, prop. VII: «Ordo et connexio idearum idem est ac ordo et connexio rerum». Nelle dimostrazioni di due proposizioni successive (Prop. 19 e 20) viene sostituita la «connexio rerum» con la «connexio causarum». E del resto il realismo dialettico appare già dagli assiomi III e IV della prima Parte (di cui il IV viene richiamato appunto per dimostrare la detta prop. VII della P. II): «Ex data causa determinata necessario sequitur effectus, et contra, si nulla detur determinata causa, impossibile est ut effectus sequatur». «Effectus cognitio a cognitione causae

È evidente il presupposto l'idealistico in nuce del filoafo nolano — base teoretica di quel panteismo deistico che identifica l'« in se est » con il « per se concipitur », rispecchiando un parallelismo fra l'ordine della mente e l'ordine della natura. Lo spinozismo, in altri termini, è la più cristallina giustificazione metafisica del determinismo, un determinismo assoluto nel quale ogni ingrediente concettuale — dal prevedibile al controllabile, dal misurabile al conoscibile — è inserito sistemicamente, e che troverà risonanze più o meno alte, fino a culminare con determinismo laplaciano.

\*\*\*

Ma gli assunti del realismo come s'interpretano all'interno del discorso scientifico nell'era contemporanea? Quali relazioni sussistono rispetto all'anti-realismo, in particolare nei domini della micro-fisica? Il rapporto tra realismo e antirealismo nella scienza ha una duplice valenza problematica, sia come argomento metafisico, sia in relazione con l'indeterminismo. Nell'attuale dibattito sul realismo scientifico, il *realismo* e l'*antirealismo* assumono significato solo

internamente ad un linguaggio e ad uno schema concettuale (per esempio, sull'esistenza degli atomi si è realisti in uno schema daltoniano e, viceversa, antirealisti in uno schema machiano); mentre non avrebbe senso, e cederebbe a una vuota questione metafisica, prendere posizione al di fuori di un quadro di riferimento linguistico accettato. Ciò fa apparire il neoempirista carnapiano come un *realista interno* (Putnam)<sup>54</sup> circa gli enti postulati dalla fisica e, insieme, come una sorta di pragmatista e convenzionalista relativamente alla scelta di un linguaggio in cui descrivere il mondo; oppure, alla luce di una più attenta analisi dei testi di Carnap, egli potrebbe anche apparire come un realista *ontico* (accezione sull'uso empirico-scientifico di « realtà », e non metafisico) e, insieme, come uno che rifiuta qualsiasi impegno *ontologico* (« realtà » in senso metafisico)<sup>55</sup>.

Il problema se entità, stati e processi descritti dalle teorie scientifiche di frontiera esistano realmente o siano pure costruzioni intellettuali al fine di predire e produrre eventi secondo le nostre esigenze (economiche, sociali, ideologiche, antropologiche, ecc.), costituisce l'ontologia della scienza contemporanea. Gli enti microfisici (quark, leptoni, stringhe, ecc.) il senso comune li considera oggetti reali della consistenza ontologica delle scarpe ai miei piedi o dell'analcoolico che sto sorseggiando. Ma al di là del realismo

dependet, et eandem involvit ».

54. Secondo la proposta di Putnam, al "realismo metafisico" si aprono alternative come "realismo interno" (d'ispirazione kantiana), "realismo dal volto umano", "realismo pragmatico".

55. A.A.Vv., *Realismo/antirealismo. Aspetti del dibattito epistemologico contemporaneo* a cura di A. Pagnini 1995, p. 14.

*tout court* che individua oggetti e fatti attraverso i sensi, il problema scottante è affrontato dal *realismo teorico*: distinguere tra

predicazione della verità [e] predicazione dell'esistenza — che gli asserti che la scienza fa su di essi siano veri o falsi in virtù di come il mondo è. [Ad esso si allinea la critica al *realismo cumulativo*, a] quell'ottimismo che abbaglia i fruitori profani della scienza al pari di molti filosofi, [...] che la scienza progredisca di verità in verità, e che le teorie successive spieghino i successi e gli insuccessi delle precedenti allargando sempre più l'ambito della loro applicazione e aumentando il loro potere predittivo, ma lasciando sostanzialmente invariati gli "oggetti" su cui vertono<sup>56</sup>.

Così la conflittualità sul dualismo onda-particella e sull'indeterminazione tale da vanificare ogni tentativo di decifrare la realtà fisica, negando qualsiasi presupposto ontologico su cui poter costruire una teoria scientifica coerente; non ultime alcune critiche mosse dalla filosofia alla valenza euristica della scienza, considerandola un insieme di puri costrutti teorici alieni dalla "vera realtà". Tuttavia, la filosofia, la scienza e la storia del pensiero scientifico hanno fortemente ridimensionato la fiducia nel senso comune: in filosofia, con la sostituzione del concetto di "scoperta", nell'attività scientifica, con quello di 'costruzione'. In particolare nella scienza, con il principio di complementarità di N. Bohr, si apre il dibattito sulla possibilità o meno di inferire sull'ordine fisico del mondo. Il realismo ha opposto assunti di tipo abduktivo per rivendicare riscontri oggettivi e significativi tra scienza e realtà o, altrimenti, mediante criteri teorici di corrispondenza e/o di verisimiglianza. Tuttavia, almeno in parte, il realismo scientifico ingenuo ne ha risentito. Rispetto al realismo costruttivo, R. Giere distingue criticamente tra obiezioni concettuali ed epistemologiche. Le prime pongono il problema semantico sui *contenuti di verità* delle proposizioni teoriche:

se il realismo può essere formulato come una tesi coerente che non sia né vuota di significato né banalmente falsa. [Le seconde muovono obiezioni sul *sensu* di tali proposizioni] se, in generale, potrebbe esserci una giustificazione adeguata per le affermazioni realiste<sup>57</sup>.

I concetti di "verità", "corrispondenza", "isomorfismo" non costituiscono le vere relazioni tra modelli teorici e realtà fisica, ma quello di similarità circoscritto entro particolari livelli del mondo fisico. I gradi di similarità tra modello e sistema reale si distinguono in base a certe differenze, modulandosi su aspetti colti dal modello e caratterizzanti il sistema reale stesso. I modelli costituirebbero schemi descrittivi un certo numero di aspetti di un certo sistema reale, segnando la differenza tra realisti e antirealisti.

56. Ivi, p. 20.

57. R. N. Giere *Spiegare la scienza. Un approccio cognitivista* ed. il Mulino, Bologna 1996, p. 89.

Secondo il realismo scientifico ingenuo, le teorie, per essere considerate valide, debbono avere un contenuto veridico corrispondente ai fatti. La scienza descriverebbe fedelmente la realtà fisica, sostenendo corrispondenze tra proposizioni ed eventi, e descrivendo il mondo com'è veramente strutturato. Sono state avanzate osservazioni. In primo luogo la fallibilità delle teorie scientifiche i cui contenuti di "verità" risulterebbero approssimati; a ciò il realismo scientifico opporrebbe un andamento asintotico delle teorie rispetto alla teoria definitiva. Ma la tesi è, a sua volta, contestata dalle kuhniiane 'rivoluzioni scientifiche': il succedersi delle teorie avverrebbe attraverso mutamenti in fasi critiche di carattere ontologico profondo. I radicali mutamenti dei quadri teorici per il raggiungimento di una teoria fondamentale ("storia letteralmente vera di ciò che è il mondo"), inducono alla "meta-induzione pessimista".

La posizione del realismo scientifico ne esce lesa. Il problema si incentra nell'idea di "verità scientifica" la quale, per dribblare lo strumentalismo scientifico verso cui scivolerebbe, oscilla intorno a due possibili scelte: *a*) porre in discussione l'idea di "verità" interna delle teorie, ovvero il rapporto tra realismo scientifico e problema della verità nelle teorie; oppure *b*) reinterpretare l'oggetto a cui si riferiscono le teorie scientifiche e i rispettivi contenuti di verità. Per l'empirismo costruttivo (*Constructive Empiricism*) di B. van Fraassen, rispetto al punto *a*), va respinto il nesso tra semantica (*verità*) ed episteme (contenuto scientifico); non è la verità come tale ad assumere la funzione epistemica in una teoria scientifica, ma l'idea di "adeguatezza empirica". Per l'epistemologia critica di van Fraassen,

«la scienza mira a fornirci teorie che sono empiricamente adeguate, e l'accettazione di una teoria scientifica implica solo la credenza che essa sia empiricamente adeguata, [come sistema teorico che] salva i fenomeni [in cui] trovano posto tutti i fenomeni attuali [e che] ciò che dice la teoria sulle cose osservabili è vero»<sup>58</sup>.

Una concezione semantica da cui riemerge, ristretta ai soli osservabili, l'idea di "verità" la quale, connessa al criterio di *modello*, sarà rivisitata dalla semantica di A. Tarski. Al realismo scientifico si contrappone il realismo strutturale secondo il quale, nella successione delle teorie, a parte "salvare i fenomeni", esse si relazionano con le "strutture rilevanti" della realtà, al di là della mutevolezza delle entità fisiche. Il richiamo di J. Worrall (*J. Worrall Structural realism: the best of both worlds* 1989; *Structural Realism: the Best of Both Worlds* in D. Papineau, *The Philosophy of Science* Oxford 1996) sul mutamento dalla teoria sulla propagazione ondosa attraverso l'etere alla teoria maxwelliana del campo elettromagnetico, indica come le strutture formali (equazioni) del fenomeno di propagazione si conservino pur mutando nei

58. B. van Fraassen *L'immagine scientifica* tr. it. di R. Festa, Bologna, CLUEB, 1985, p. 45.

contenuti ontologici dei sistemi teorici, e che ciò che resti inalterato possa considerarsi *reale*. Sul piano epistemologico, il realismo strutturale concepisce le teorie come sistemi rappresentativi sulla *nostra* capacità di conoscere la verità scientifica; dalla prospettiva ontologica, le teorie si pensano come sistemi descrittivi la dimensione esistenziale del mondo naturale.

Il problema della *verità* delle teorie scientifiche costituisce un limite del loro contenuto di verità e stabilisce se una teoria scientifica è vera o se essa sia la “vera teoria”; una distinzione tra teorie scientifiche e teorie della verità, tra epistemologia e ontologia. Va distinta l’analisi *sintattica* da quella *semantica* delle teorie più idonea per il linguaggio scientifico, e quali conseguenze implicano più interpretazioni di uno stesso modello matematico rispetto alla verità di una teoria. Quale rilevanza esplicativa emergerebbe per una spiegazione efficace, più vicina alla realtà (*verità*) fisica? Quanto di fisicamente vero sussiste nei modelli teorici affinché descrivano oggettivamente i fenomeni? Sulla corrispondenza tra verità e rappresentazione, la funzione delle teorie restringe all’interpretazione e al grado di realtà entro cui esse si esplicano. Dato l’indebolimento dell’idea di “verità” in una teoria scientifica, è possibile recuperarla con quella di “oggettività”; con il criterio quantistico di simmetria il riferimento all’oggettivo è risolutivo rispetto al riferimento di verità in quanto prescinde dal tipo di riferimento e dall’opzione realista o antirealista. In altri termini, si conserva la relazione ontologica tra realtà e riferimento variando la natura di quest’ultimo.

La semantica delle teorie si pone in alternativa alla sintassi la quale, originata dalle riflessioni del neoempirismo, concepisce le teorie scientifiche come sistemi assiomatici e teoremi che descrivono la realtà mediante regole di corrispondenza. Nella sintassi il linguaggio di una teoria scientifica corrisponde a un sistema di assiomi, teoremi e a un vocabolario aggiuntivo che relaziona tale sistema alle osservazioni dei fenomeni. Una visione logica del mondo diviso tra termini teorici e termini osservativi che W. V. O. Quine contesterà nella critica ai due dogmi dell’empirismo. Con la prospettiva semantica, al contrario, la formalizzazione di una teoria scientifica non si riduce a una costruzione puramente linguistica. Per E. Beth, van Fraassen e altri, le teorie non sono solo sistemi proposizionali (teoremi), ma *complessi* extralinguistici esprimibili mediante varie espressioni linguistiche. La semantica è lo strumento più idoneo a descrivere le teorie scientifiche di ultima generazione, ai cui modelli configurano con maggiore aderenza le strutture di « *mondi possibili* permessi dalle teorie; uno di questi mondi possibili intende rappresentare il mondo reale »<sup>59</sup>. Il criterio della “rilevanza” ha un ruolo determinante in quanto: *a*) una teoria scientifica corrisponde a un sistema strutturale i cui parametri rilevanti possono soddisfarne gli assiomi;

59. Ivi, p. 89.

b) la condizione deve valere per versioni o “sottostrutture” empiriche della teoria in diretta corrispondenza ai fenomeni osservabili.

Il passaggio dalla sintassi alla semantica tra le teorie scientifiche e la realtà fisica, implica l’abbandono del contenuto di verità come oggetto di conoscenza sul mondo. L’“adeguatezza empirica” dell’empirismo costruttivo imporrebbe l’occasionale aderenza di un certo modello teorico ai dati sperimentali. La “rilevanza strutturale”, nella nuova interpretazione realistica, non solo *salva i fenomeni* ma individua una continuità strutturale in accordo col modello teorico proposto. L’empirismo costruttivo di van Fraassen e il realismo strutturale di Salmon (*Statement Empiricism*) non esprimono certo la stessa tesi in quanto il passaggio dalla sintassi alla semantica nel linguaggio scientifico implicherebbe il fatto che ciò che chiameremmo “adeguatezza empirica di un modello ai dati sperimentali”, da una prospettiva empirica, potrebbe tradursi dal punto di vista realistico come “rilevanza di una continuità strutturale”.

L’analisi semantica delle teorie scientifiche deve quindi affrontarsi nel contesto della *teoria semantica* elaborata da Tarski la quale interpreta i significati degli enunciati e delle proposizioni, ovvero « cosa vuol dire che una proposizione è vera rispetto a una data interpretazione e che un’interpretazione verifica gli assiomi di una teoria? »<sup>60</sup>. L’analisi oscillerebbe su tre parametri fondamentali: *interpretazione*, *verità* e *modello*. Tentano una mediazione le riflessioni di I. Putnam, sull’epistemologia e la nozione di verità (*Reason, Truth and History* del 1981) tra un realismo della verità come corrispondenza e le “tesi deflazioniste”, offrendo un’idea di “verità” *ermeneutica*, “non oggettivistico-naturalistica”, pur conservando un giudizio di oggettività sul riferimento diretto.

## 5. Sostrati ideologici nell’indeterminismo fisico

Il dibattito contemporaneo intorno al significato epistemologico dell’indeterminismo — con le sue ricadute sul piano etico ed antropologico — è motivato e ispirato da orientamenti di pensiero e sostrati ideologici; non v’è infatti sistema teorico o costruzione intellettuale che non ne sia una diretta o indiretta espressione. Heisenberg afferma che

è nella teoria dei quanta che hanno avuto luogo i cambiamenti più radicali riguardo al concetto di realtà [...] il mutamento che si manifesta [...] non è una semplice

60. A. Tarski *Il concetto di verità nei linguaggi formalizzati*, Vita e pensiero, 1963, p. 59.

continuazione del passato; esso appare come una vera rottura nella struttura della scienza moderna »<sup>61</sup>.

Restringiamo l'attenzione sulle correnti filosofiche che hanno sostenuto e sostengono attualmente le comunità scientifiche. Per l'interpretazione danese, i concetti classici sono *sostrati linguistici* mediante cui descrivere esperienze, che, pur intrinseche alla nostra struttura mentale, sono inadeguate. La relazione d'indeterminazione permette una lettura probabilistica dei risultati osservativi nella quale viene descritto sia un *dato di fatto*, definendo la probabilità uguale a 1 (*assoluta*) rispetto alle condizioni iniziali (*certezza*) nella determinazione dell'ente in moto; sia la *conoscenza* del dato di fatto, in quanto un'osservazione migliore potrebbe effettuarsi sul fenomeno. L'errore di misura non è intrinseco alla micro-entità, ma all'incompleta conoscenza sulla sua dinamica, ed è proprio della funzione probabilistica: il principio d'indeterminazione può definirsi principio *aperto* poiché coinvolge l'osservatore allo stesso modo dell'oggetto osservato. Ciò che distingue la teoria classica da quella quantistica, non è che la prima prospetti la possibilità di calcolare l'errore osservativo come 'distribuzione di probabilità' per posizioni e velocità iniziali, ma la differenza tra *incertezza ontologica* e *determinismo classico*. La funzione probabilità è uno stato di prevedibilità di un ente microfisico in una certa porzione spaziale che non può intendersi come un succedersi temporale di eventi, ma "una tendenza per gli eventi e per la nostra conoscenza di essi".

L'interpretazione di Schrödinger, ortodossa, sposta l'idea di *oggettività reale* dai corpuscoli alle onde, considerandole non più onde di probabilità. Negando i salti quantici, egli trascura il fatto che solo le onde spaziali di configurazione sono onde probabilistiche, secondo l'interpretazione *tout court*, al contrario delle onde materiali o di radiazione strutturate tridimensionalmente, quindi fisicamente reali. A questo punto, sorge un problema squisitamente filosofico: *il paradosso del "gatto di Schrödinger"*. Esso investe i contenuti del principio di causalità, ma in alternativa a quella affrontata dal principio indeterministico, caratterizzando orientamenti di pensiero tra loro divergenti. Un gatto viene chiuso in una scatola. In essa v'è una fiala di veleno che un martelletto può rompere cadendovi sopra, sorretto da un dispositivo azionato da un protone. Su tale dispositivo si invia un protone di *spin* indeterminato e, dopo un certo tempo, si guarda da un piccolo foro all'interno della scatola. Il gatto è certamente *vivo* o *morto*. Questo secondo la logica classica. Se l'insieme *protone-dispositivo* sarà descritto da una funzione d'onda di elevata complessità verrà rappresentata una sovrapposizione

61. W. Heisenberg *Fisica e filosofia. Come la scienza contemporanea ha modificato il pensiero dell'uomo* ed. NET p. 11.

degli stati *dispositivo funzionante* e *dispositivo non funzionante*; di conseguenza avverrà anche al sistema *martello-fiala-gatto*, il quale si troverebbe in due condizioni sovrapposte: *gatto vivo* e *gatto morto*.

Il paradosso pone in modo esplicito il problema quantistico della misura; d'altra parte è necessaria una riduzione del pacchetto d'onde passando dalla sovrapposizione di tali stati a uno solo. Vi sono due soluzioni: idealistica (E. Wigner) e materialistica. Per la prima, un osservatore, guardando dal forellino, vede il gatto e la sovrapposizione degli stati si annulla mediante un atto trascendente della propria coscienza, determinando una 'soluzione' all'equazione d'onda  $\psi$ . L'interpretazione possiede alcune incoerenze — che tralasciamo — sulla *decidibilità* della 'vita' o della 'morte' del gatto. La soluzione materialistica si pone in due versioni. Secondo la prima, il sistema riduce istantaneamente il pacchetto d'onde per il fatto che dall'entità microcosmica (protone indeterminato) a quella macrocosmica (sistema) elide gli effetti propriamente quantistici. Per la seconda non v'è riduzione del pacchetto d'onde, il sistema è concepito in modo che l'equazione di Schrödinger  $\psi$  evolva al punto da far scomparire tutti gli stati possibili all'infuori di uno determinato. Una distinzione tra *reale* deterministico e *possibilità* quantistica di eventi fisici, prestandosi a varie obiezioni.

Emergono due opposte interpretazioni: *l'idealismo quantistico*, secondo cui la coscienza dell'osservatore determinerebbe ontologicamente la realtà fisica: senza osservatore non esiste fenomeno. Nella estremizzazione hegeliana, secondo Wigner, « quando un'impressione entra nella nostra coscienza, essa altera la funzione d'onda perché modifica la nostra valutazione delle probabilità per quanto riguarda le altre impressioni che ci aspettiamo di ricevere in futuro. È in questo momento che la nostra coscienza entra in modo inevitabile e inalterabile nella teoria. Se si parla in termini di funzione d'onda, i suoi cambiamenti sono accoppiati all'entrata delle impressioni nella nostra coscienza ». Com'è noto, W. Heisenberg appartiene a tale corrente di pensiero che configge con il realismo di K. Popper. Vi sono, a loro volta, due distinte versioni della posizione idealistica: la prima ammette l'esistenza di un'entità immateriale, lo spirito. Essa è certa solo dell'esistenza dei nostri pensieri e delle nostre sensazioni, e può respingere l'esistenza del mondo materiale a noi esterno, ponendo in discussione l'esistenza stessa della materia (idealismo di G. Berkeley); o, nella seconda versione, la tesi dell'idealismo trascendentale kantiano. All'idealismo dogmatico berkeleiano, I. Kant oppone l'idealismo formale: le forme spazio-temporali non possiedono un'esistenza indipendente dalla mente umana. Tuttavia Kant non nega l'esistenza della "cosa in sé", pur inconoscibile al pensiero. L'idealismo trascendentale si coniuga pertanto con il realismo empirico: la derivazione del mondo esterno dai contenuti dell'esperienza, mediante la sensazione.

La seconda interpretazione: il *materialismo* o *realismo quantistico*, che esclude la funzione della mente: il mondo esiste *al di là* della nostra presenza. Essa considera esistente unicamente la materia, e lo spirito un epifenomeno con alto livello di complessità. Il linguaggio quotidiano con cui si definiscono gli oggetti macroscopici sono gli unici strumenti concettuali mediante cui il ricercatore *describe* gli eventi microfisici; concetti come “realtà”, “traiettoria”, “spazio” e “tempo”, sono *modi* di rappresentare i fatti di quel mondo, altrimenti incomprensibile. Heisenberg osserva che la *descrizione degli eventi* nel

processo teoretico quantico fra due successive osservazioni è una contraddizione *in adiecto*, giacché la parola ‘descrivere’ si riferisce all’uso dei concetti classici, mentre questi concetti non possono venire applicati nello spazio che intercorre fra le osservazioni; possono soltanto venire applicati nei punti d’osservazione<sup>62</sup>.

La scuola danese si discosta dal positivismo, considerando fondamentali i processi classicamente descrivibili secondo la natura stessa delle cose; l’ontologia materialistica, secondo Heisenberg, traspone indebitamente i parametri esistenziali del quotidiano alle strutture quantistiche. Ciò è insensato. Popper nega il ruolo della coscienza nella teoria quantistica come forma di conoscenza della realtà non riducibile a un fatto puramente coscientiale, e, in opposizione all’idealismo di Copenhagen, egli considera che

ciò che cerchiamo nella scienza non è tanto l’utilità quanto la verità [...]. La prospettiva secondo la quale le teorie non sono altro che strumenti o artifici per calcolare è divenuta di moda tra gli scienziati quantistici, a causa della tesi di Copenhagen sull’intrinseca inintelligibilità della teoria quantistica. Io credo che questa sia una dottrina sbagliata anzi perversa<sup>63</sup>.

Sull’interpretazione propensionale delle dispersioni probabilistiche della relazione di Heisenberg, Popper, nel *Poscritto*, riassume la sua peculiare versione della meccanica quantistica; i problemi affrontati dalla fisica quantistica sono essenzialmente probabilistici e statistici, e non vanno ricondotti ad una carenza conoscitiva o ad un’interazione tra osservatore e gli sperimenti. Le relazioni di Heisenberg si riferiscono a popolazioni di particelle aventi velocità e posizione, specificando relazioni statistiche di dispersione e limitando il valore predittivo. Le relazioni sono proprietà fisiche reali di situazioni sperimentali; il segno “ $\Delta$ ” non deve intendersi come “margine di incertezza nella misurazione”, ma “ampiezza oggettiva”: le equazioni

62. W. Heisenberg *Mutamenti nelle basi della scienza*, Universale Bollati-Boringhieri, 1978, p. 18.

63. K. R. Popper *Poscritto alla logica della scoperta scientifica* vol. I, parte II (1956), Milano, Il Saggiatore 1984, p. 64.

quantistiche esprimono leggi statistiche del mondo naturale, non incertezze. Non vi è pertanto un dualismo tra onde e particelle, ma rispettivi *campi di propensione* non inerenti alle particelle, ma come proprietà relazionali dell'*entourage* sperimentale, mutevole secondo le varie interazioni.

L'estensione cosmica del sistema quantistico di H. Everett (*many worlds*) contiene e attua in essa *tutte* le possibilità dinamiche della funzione d'onda  $\Psi$ ; ma gli atti osservativi specifici dissolverebbero costantemente i mondi paralleli, non comunicanti tra loro. Nell'atto osservativo il ricercatore selezionerebbe un ramo del ventaglio di mondi possibili; per cui in una di queste ramificazioni C. G. Cesare attraverserà il Rubicone, ma non in un'altra, o l'Accademia di Belle Arti di Vienna non ammetterà A. Hitler ai propri corsi, ma non in un'altra. Dalla prospettiva realistica della teoria dei quanti, Popper considera che l'introduzione del soggettivismo (implicata dal positivismo di E. Mach) aprì una crisi nella fisica contemporanea:

La questione centrale qui è il realismo. Vale a dire, la realtà del mondo in cui viviamo: il fatto che questo mondo esiste indipendentemente da noi [tuttavia] le teorie sono invenzioni nostre: questo l'hanno visto con chiarezza gli idealisti epistemologi. Ma alcune di quelle teorie sono talmente rischiose che possono urtare con la realtà: sono le teorie contrastabili della scienza. E quando urtano, allora sappiamo che c'è una realtà: qualcosa che può indicarci l'errore delle nostre idee. E perciò, il realista ha ragione<sup>64</sup>.

Popper inquadra i programmi metafisici di ricerca all'interno del concetto di "propensione", individuando la loro funzione nella coincidenza tra lo sviluppo della scienza e quello dei suoi problemi. Tale sviluppo risente della scoperta di incongruenze logiche e di conflittualità tra teoria ed esperienza, in particolare la guida dei programmi metafisici di ricerca, a cui si è ispirato Lakatos. Come già osservato, questi programmi sono impliciti nelle teorie e nell'approccio degli scienziati al mondo naturale. Sono taciuti e si esplicitano mediante i mutamenti nella storia della scienza, aprendo nuovi orizzonti di ricerca. I loro contenuti "metafisici" emergono dalle concezioni sulla struttura del mondo, la loro attività "di ricerca" si esprime attraverso i problemi rilevanti delle scienze, indicando urgenze e soluzioni soddisfacenti. Scienza e filosofia, secondo Popper, sono solidali nell'impegno per la conoscenza della verità: « ormai non credo, come in un tempo, che vi sia una differenza tra la scienza e la filosofia in questo punto così importante »<sup>65</sup>. Il programma metafisico popperiano s'incentra sull'idea delle propensioni, strumento interpretativo del mutamento. Lo stato reale di un sistema fisico è l'interazione delle sue disposizioni o potenzialità, il

64. Ivi, p. 51.

65. Ivi, p. 55

cui mutamento è l'attualizzazione delle propensioni, che genera, a sua volta, nuove propensioni:

le propensioni sono, da una parte, delle potenzialità, e dall'altra sono propensioni o potenzialità di realizzare qualcosa. [Le interazioni provocano l'attualizzazione non determinista di alcune propensioni; il passaggio dalla *potenzialità* allo stato *attuale* può dipendere o meno dal nostro stesso intervento:] il mondo cambia senza riguardo verso di noi<sup>66</sup>.

[Ogni stato del mondo può intendersi come] attualizzazione o realizzazione di certe potenzialità o propensioni dei suoi stati precedenti, e insieme come un campo di disposizioni o di propensioni verso l'attuazione del seguente stato. [Il mondo fisico è un mutamento di propensioni:] essere significa essere l'attualità di una propensione che precede il divenire, e insieme indica una propensione verso il divenire<sup>67</sup>.

Le propensioni, tuttavia, devono considerarsi non solo qualità intrinseche in ogni singolo elemento, ma in rapporto alle *strutture relazionali* tra elementi. Ciò rientra nell'economia dei sistemi complessi che s'oppono all'autarchia di unità naturali come atomi ed esseri viventi. La tesi propensionale offre « un'immagine del mondo in cui ci sia spazio per i fenomeni biologici, per la libertà umana e per la ragione umana »<sup>68</sup>. L'epistemologia popperiana, punta alla dissoluzione del determinismo assoluto che nega la libertà umana. Il determinismo metafisico nella versione scientifica sostiene la fissazione nomologica di tutti gli eventi; per il senso comune, i nostri atti deliberati sono "liberi", ma in natura certi eventi sono prevedibili, altri, come il clima, comportano margini imprevedibili. Il senso comune attesta anche che gli eventi sono causati, ma ciò non implica che a partire dalle loro cause se ne possano sempre prevedere gli effetti, e tanto meno prevederli con esattezza infinitesimale. Ma le spiegazioni fisiche causali implicano l'esatta prevedibilità di ogni evento futuro, e Popper denomina tale esigenza « il principio di poter dar ragione » di qualsiasi evento, come un universo interamente prevedibile. Tuttavia, non v'è motivo che quell'esigenza possa soddisfarsi: non v'è ragione per credere nel determinismo scientifico, sostenuto solo dai successi della fisica newtoniana.

Per l'indeterminismo popperiano (*indeterminismo epistemologico*), l'obbligo della prova ricade sul determinismo in quanto è la tesi deterministica che deve dimostrarsi; risulta più forte pensare che ogni evento fisico è determinato anziché riconoscere che almeno certi avvenimenti non lo siano. Sembra più corretto seguire il senso comune nel distinguere tra fenomeni più o meno prevedibili. Nessuna conoscenza attuale induce a pensare che

66. Ivi, p. 36

67. Ivi, p. 38.

68. Ivi, p. 59

animali e uomini siano emersi da cause fisiche perfettamente prevedibili; se il determinismo fosse vero, lo studio del cervello di W. A. Mozart consentirebbe di prevedere la sua geniale creazione musicale, magari replicandola, oppure, analizzando la mente di E. Galois, ricostruire il processo mentale che lo condusse a formulare la “teoria dei gruppi”.

\*\*\*

La conoscenza scientifica è quindi approssimativa e le teorie sono modelli semplificati della realtà. L'errore kantiano è stato di credere che la fisica newtoniana implicasse il determinismo, dato il suo carattere parziale, tuttavia le predizioni si ricavano dalle teorie, le quali decidono *a priori* le emergenze o meno. Le teorie infatti sono reti dalle quali per la condizione di essere tali sfugge sempre qualche dettaglio. La complessità delle cose è la condizione che tende a seppellire ogni anelito deterministico. L'argomento forte contro il determinismo è, secondo Popper, l'irreversibilità del tempo, la quale non deriva solo dal secondo principio della termodinamica, ma estende all'intero andamento fisico del mondo; il “paradosso del nipote” il quale se, tornando indietro nel tempo, uccidesse suo nonno, egli stesso non sarebbe potuto esistere. Per il senso comune non possiamo influire sul passato, bensì sul futuro, e non v'è argomento scientifico che può indurci a rinunciare a tale convinzione.

Nella relatività speciale, d'altronde, esiste una differenza essenziale tra passato e futuro assoluto per ogni osservatore, gli eventi nel “cono di luce del passato” possono influire su quelli nel “cono di luce del futuro”, ma non viceversa. Impossibile predire l'evoluzione della nostra conoscenza, quali teorie scopriremo o contrasteremo in futuro. Così prevedere quel che in futuro sapremo non avrebbe senso, poiché già ne saremmo a conoscenza, o testare l'insolubilità di un calcolatore nel pianificare i risultati delle sue stesse previsioni, non avrebbe tempo per poterli elaborare. Le condizioni stringono evidentemente nell'autocontraddizione determinista: la pretesa “capacità” di predire esattamente ogni evento e le sue cause, compresa la nostra conoscenza. La nozione di razionalità viene dissolta in quanto “prevedere” si ridurrebbe ad un automatismo privo di logica. Se infatti il determinismo scientifico fosse vero, non potremmo razionalmente sapere sul suo contenuto di verità, pertanto si respinge in quanto presuppone un'autocontraddizione: prevedere ciò che si conosce. Allo stesso modo, rigettando un indeterminismo assoluto, si renderebbe impossibile determinare qualsiasi forma razionale di conoscenza.

Ma la fisica moderna può raggiungere una piena autonomia dalla filosofia? Newton affermò di non formulare ipotesi, concetti e leggi in quanto si fondassero su prove sperimentali (“*hypotesis non fingo*”). Tuttavia, se la

relazione fra osservazioni sperimentali e teoria fosse esatta, le teorie di Newton non avrebbero dovuto necessitare di modifiche o contenere implicite conseguenze che gli esperimenti non confermassero, in quanto, in tal caso, ogni conseguenza sarebbe altrettanto indubitabile e definitiva come gli stessi fatti sperimentali. L'esperienza di Michelson–Morley smentì gli assunti teoretici di Newton e pertanto la teoria fisica non è una pura descrizione di fatti sperimentali né da essa deducibile. Come Einstein rilevò, il fisico perviene alla sua teoria mediante mezzi puramente speculativi; il procedimento deduttivo, non muove dai fatti alle ipotesi teoriche ma da queste ai fatti e ai dati sperimentali.

Di conseguenza le teorie si propongono in senso speculativo e si sviluppano deduttivamente rispetto alle loro molteplici conseguenze, sottoponendole così a prove sperimentali indirette. Ogni teoria scientifica costruisce una serie di supposizioni fisiche e filosofiche maggiore di quello che i semplici fatti implicherebbero. Tali principi presentano comunque un carattere filosofico. Essi possono essere ontologici, ovvero relativi all'oggetto della conoscenza scientifica indipendentemente dai suoi rapporti con l'osservatore, o epistemologici, riferentisi alla relazione del soggetto conoscente con l'oggetto conosciuto. Le teorie relativistiche hanno modificato la filosofia della fisica contemporanea mutando la concezione ontologica dello spazio e del tempo e della loro relazione con la materia. La teoria dei quanti e il principio d'indeterminazione hanno apportato profonde modifiche alla teoria epistemologica sulla relazione tra l'osservatore e i fenomeni naturali. Ciò che ne è derivato da tutto questo è un ripensamento radicale dell'ontologia naturale e una rivoluzione semantica del linguaggio usato nella descrizione e nell'interpretazione della sua fenomenologia, stringendo una relazione indissociabile tra la visione indeterministica della realtà e una sua dimensione metafisica da dovere necessariamente individuare.

## Bibliografia

- Arecchi F. T. (a cura di), *Determinismo e complessità*, Armando 2000
- Cianchi L., Lantieri M., Moretti P., *Determinismo, realismo e località in fisica classica e quantistica*, Aracne 2007
- De Caro M. (a cura di), *La logica della libertà*, Meltemi, 2002
- De Caro M., *Il libero arbitrio*, Laterza, 2004
- De Rose C., *Il soggetto situato. La spiegazione delle azioni umane tra libertà individuale e determinismi sociali*,
- Dessi P., *La metamorfosi del determinismo*, Franco Angeli 1997

- DORATO M., Determinismo, libertà e la biblioteca di Babele, "Prometeo", vol. 105 2009
- Enriques F. *Causalità e determinismo nella filosofia e nella storia della scienza*
- Gleick J., *Caos. La nascita di una nuova scienza*, BUR Rizzoli 2000
- HEISENBERG W., Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinetik und Mechanik (Sul contenuto intuitivo della cinematica e della meccanica nella teoria quantistica) *Zeitschrift für Physik*, vol. 43, n° 4 1927
- LAUDISA F., La causalità nella fisica del XX secolo: una prospettiva filosofica, in *Quaestio – Annuario di storia della metafisica*, vol. 2, 2002
- Mori M., *Libertà, necessità, determinismo*, Il Mulino 2001
- PETTOELLO R., Causalità e realtà nel dibattito sulla meccanica quantistica degli anni '30 del novecento. Una possibile ricostruzione, in "Rivista di Storia della Filosofia" LXIX (2014) n. 1 Rubbettino 2001
- Popper K. R., *Nuvole e orologi. Il determinismo, la libertà e la razionalità*, Armando 2006
- Popper K. R. *Poscritto alla logica della scoperta scientifica* vol. I, parte II (1956), Milano, Il Saggiatore
- Priarolo M., *Il determinismo. Storia di un'idea*, Carocci 2011
- Romizi D., *Fare i conti con il caso. La probabilità e l'emergere dell'indeterminismo nella fisica moderna*, Archetipo Libri 2009
- SCHLICK M., *La causalità nella fisica contemporanea*, in *Tra realismo e neo-positivismo*, Il Mulino, Bologna 1974
- Signore M. (a cura di), *Libertà e determinismo. Un rapporto problematico*, Pensa Multimedia 2008
- Ubaldo N., *Atlante illustrato di filosofia*, Giunti Editore, 1999.
- Vulpiani A., *Determinismo e caos*, Carocci 2004
- WORRALL J., Structural Realism: The Best of Both Worlds? in *Dialectica*, vol. 43, 1989