

L'AFFIORARE DELLA "SPIEGAZIONE FINALISTICA" NELLE TEORIE SCIENTIFICHE

ALBERTO STRUMIA

Dipartimento di Matematica Università di Bari

A PARTIRE dagli anni Sessanta, l'attenzione di molti ricercatori si è concentrata sempre più su quelle "problematiche nuove" che sono sorte nell'ambito delle *teorie non lineari* in fisica, delle logiche *autoreferenziali*, della *teoria dell'informazione*, della *complessità* nella chimica e nella biologia ecc. (1). Per quanto possa sembrare strano, a prima vista, gli studi intorno a queste nuove problematiche sembrano proporre, in una veste epistemologica che è loro propria, alcune delle questioni filosofiche fondamentali che l'antica metafisica di Aristotele - e quelle medioevali di impostazione aristotelica, come quella di Tommaso d'Aquino - avevano già affrontato nel contesto delle loro sintesi pur così diverse da quelle scientifiche attuali.

In tempi recenti non sono mancati scienziati di grande fama, come ad esempio René Thom (2), che hanno sentito la necessità di accostare lo studio di Aristotele alle loro più avanzate ricerche in campo matematico, così come anche studi epistemologici rivolti a focalizzare le condizioni di un confronto tra le questioni attuali e quelle antiche. Si tratta semplicemente di velleità filosofiche del "dopolavoro" scientifico delle quali alcuni scienziati si diletano a tempo perso? Non sembra proprio, dal momento che questi interrogativi non nascono come una *riflessione aggiuntiva* che si affianca alla ricerca scientifica dall'esterno, ma sorgono dall'interno della stessa pratica scientifica, come una ricerca metodologica necessaria per fondarne la consistenza e garantire alle nuove branche della scienza le condizioni per svilupparsi rigorosamente e proficuamente.

Un'indagine razionale e sistematica a questo proposito appare tanto più urgente e necessaria quanto più, nell'ambito della letteratura epistemologica e divulgativa, si fanno strada delle opzioni di tipo irrazionalistico e soggettivistico (3).

Tra le diverse problematiche *nuove* che stanno emergendo nell'ambito delle scienze odierne - che, in realtà, nuove del tutto non sono perché si ricollegano tutte a questioni molto antiche in filosofia, ma sono comunque nuove quan-

to al contesto e al modo in cui emergono oggi - l'interrogativo sulla possibilità di una spiegazione finalistica dei dati dell'esperienza all'interno di una teoria scientifica è certamente uno dei più filosofici, e quindi delicati da affrontare, nell'ottica della metodologia delle scienze (4). Ad esso intendo dedicare buona parte di questo contributo.

L'articolo è organizzato nel modo seguente: il primo paragrafo presenta sinteticamente le problematiche epistemologiche nuove che emergono nelle scienze odierne, con particolare riferimento alle scienze fisiche e matematiche. Il secondo richiama i concetti fondamentali inerenti alla

concezione della causalità in senso aristotelico e in senso meccanicista. Il terzo mette in luce il ruolo delle diverse cause nelle scienze fisiche, lasciando al quarto la trattazione in merito alla spiegazione finalistica nelle scienze. Il quinto propone alcune conclusioni e criteri epistemologici di fronte alla spiegazione finalistica in ambito scientifico.

1. Le nuove problematiche

Anzitutto, prima di addentrarci nell'indagine sul finalismo, vale la pena fare un'osservazione di carattere generale a proposito del tipo di *filosofia* che sembra governare almeno i settori nuovi delle scienze in questi ultimi anni (5). Assistiamo certamente a una crisi dello schema platonico, caratterizzato da una matematizzazione in senso univoco

e riduzionistico e a uno spostamento del metodo scientifico verso un approccio più *organico, gerarchizzato, analogico*, in una parola *aristotelico* (6).

L'aristotelismo cacciato dalla porta dell'edificio della scienza galileiana sembra, in qualche modo, rientrare dalla finestra. Tuttavia, se di aristotelismo si tratta, non è quello degenerato dei contemporanei di Galileo, ma quello delle genuine questioni metafisiche e logiche, ritrovate curiosamente e riformulate dall'interno del problema dei fondamenti della scienza, nel quadro di pensiero e nel linguaggio dello scienziato di oggi e, quindi, in una forma per lui comprensibile e importante.

La storia della scienza mostra che lo sviluppo delle teorie scientifiche è sempre stato permeato di teorie filosofiche. Nell'ambito delle scienze odierne stanno emergendo problematiche relative a una spiegazione "finalistica" dei dati sperimentali. Il presente articolo illustra questa tendenza facendo particolare riferimento alle scienze fisiche e matematiche e richiamandosi ai concetti della causalità in senso aristotelico e meccanicista. Si tratta, ovviamente, di questioni complesse e aperte, che potrebbero però essere il preludio di un nuovo importante momento di sviluppo del pensiero scientifico.

È sorprendente dover riconoscere che le questioni metafisiche fondamentali sembrano riaccendersi più facilmente attorno all'ambito scientifico che non nell'ambito del pensiero filosofico contemporaneo: forse è giusto, perché la filosofia è nata originariamente dalla scienza in vista di una comprensione globale della realtà. Così è stato fin dall'antichità con i filosofi ionic, detti appunto *fisici*. D'altra parte, è anche opportuno che avvenga così. In caso contrario una parola come *metafisica*, con le questioni ad essa collegate, rimarrebbero per lo scienziato sempre al di fuori della *razionalità* rigorosa e dimostrativa, suscitando o una certa ripugnanza, associata a un rifiuto, o una sorta di "devozione religiosa" più affettiva che intellettuale, in ossequio al tipo di credo da lui abbracciato (7). Al contrario, se i problemi nascono come scientifici, ciò che si costruisce e si conquista in risposta ad essi può essere riconosciuto come pienamente razionale.

Dicevamo poco fa che il metodo scientifico si sta orientando verso un approccio più *organico*, *gerarchizzato*, *analogico*.

□ *Organico* nel senso che ormai si tende ad andare alla ricerca, in molte scienze, delle *proprietà d'insieme* delle strutture *complesse*, superando l'approccio *parziale* ai problemi e indirizzandosi verso un approccio *globale*. Il *riduzionismo* che vuole il *tutto* come "somma" delle *parti* non è più sufficiente a rendere conto delle nuove proprietà che compaiono nel tutto come tale: il comportamento globale dei sistemi complessi (tali sono, per esempio, tutti gli organismi biologici e, nel campo tecnico, i sistemi interconnessi di produzione e distribuzione dell'energia elettrica) non può essere descritto e previsto in base alla sola conoscenza del comportamento delle loro singole parti. La filosofia aristotelica riconosceva nella *forma* il principio unitario di un *tutto*.

□ *Gerarchizzato* in quanto nelle strutture complesse, sia biologiche che chimiche, fisiche, informatiche, le scienze riconoscono dei livelli differenziati e collegati tra loro secondo un ordine di priorità: così fa la tecnica quando, dovendo gestire impianti molto complessi, organizza il loro controllo secondo strutture gerarchiche: l'esempio forse più caratteristico è la regolazione delle frequenze nel parallelo europeo. Tutto ciò ricorda, se pure con le debite differenze, i *gradi dell'essere* della metafisica aristotelico-tomista.

□ *Analogico* in quanto la gerarchizzazione delle strutture in livelli differenziati comporta la necessità di una *descrizione* scientifica di tali livelli che sia altrettanto differenziata. Se la gerarchizzazione riguarda il dato oggettivo

dell'esperienza, l'analogia riguarda il linguaggio descrittivo ed esplicativo di tale gerarchizzazione (8). Da questo punto di vista il formalismo univoco della matematica tradizionale non è più adeguato e si prospettano due strade, entrambe percorribili: o si *ampliano* la logica e la matematica in modo da renderle accoglienti nei confronti di una teoria rigorosa dell'*analogia*, oppure si elaborano delle *scienze dimostrative non matematizzate*. Le due vie non si escludono necessariamente e potrebbero essere sviluppate entrambe, in campi differenti: la prima strada sembra quella più adatta alle scienze fisiche e la seconda a quelle biologiche. Anche questa trasformazione si estende al dominio proprio della tecnica: specialmente nell'ingegneria dell'informazione, ove un numero crescente di applicazioni rifiuta, come inadeguata, la classica rappresentazione in termini di *progetto strutturale* definito in ogni dettaglio e si rivolge piuttosto a *descrizioni funzionali*, nelle quali si esige che il comportamento dell'oggetto sia analogo (non necessariamente identico) a un modello prefissato. Valga per tutti il caso delle reti neurali: strutture *hardware* o *software* originariamente indifferenziate, attraverso un processo di addestramento, vengono modificate e specializzate al fine di svolgere un certo compito, per esempio riconoscere le parole pronunciate in un microfono. Quale sia la struttura della rete neurale, alla fine dell'addestramento, nessuno sa e nessuno si preoccupa di sapere.

Tutte queste problematiche, ed è questo che le rende veramente interessanti per lo scienziato, come si è detto, non sono nate dall'esterno, da pur giuste ma sempre estranee questioni filosofiche, teologiche o morali, ma sono esplose dall'interno delle scienze. Infatti:

- un *biologo* e un *chimico* non possono non essere sensibili alla constatazione che la *complessità* degli organismi e delle molecole, per essere spiegata in tutte le sue proprietà, richiede un approccio globale, perché certe proprietà d'insieme non si riescono a dedurre da quelle dei soli elementi componenti;
- un *fisico* e un *matematico* saranno sensibili ai problemi che nascono dalla *non linearità* delle equazioni con le quali si trovano a lavorare, che comporta, oltre al problema della sensibilità alle condizioni iniziali, anche quello dell'inutilizzabilità del *principio di sovrapposizione*. È questo un altro versante della *complessità* che impedisce di trattare uno stato di un sistema come somma di altri stati più semplici. Finora la fisica ha sempre cercato di linearizzare le sue equazioni per poterle risolvere, o di procedere con metodi perturbativi approssimati, ma forse questi metodi cominciano a esaurire le loro potenzialità. Il *non li-*

(1) Questo contributo nasce dall'esperienza, più che decennale, di un lavoro interdisciplinare tra scienziati, tecnici e filosofi provenienti da diverse parti d'Italia, che annualmente si ritrovano per un convegno di confronto su un tema epistemologico fondamentale. I convegni sono stati ideati e organizzati dal Centro S. Domenico di Bologna ad opera del prof. P.S. Parenti. A Bologna sono presenti due gruppi di lavoro: un gruppo "interdisciplinare", che si riunisce presso la Cooperativa *I martedì*, e un gruppo di ricerche epistemologiche, che si riunisce presso lo *Studio Filosofico Domenicano*. Lo scopo di questi incontri - oltre che fissare i termini di un linguaggio comune - è quello di giungere a formulare alcune tesi epistemologiche fondanti sia per lo scienziato che per il filosofo e tali da poter essere confrontate con altri colleghi tramite l'ausilio di un breve documento scritto oltre che con il dialogo diretto.

(2) Thom R: *Esquisse d'une sémiophysique*, Parigi, 1989.

(3) Strumia A: *Scienza e teologia a confronto alle soglie del 2000*. Sacra Dottrina, Monografie, Vol. 2, p. 100, 1997.

(4) La nostra indagine non si addentra nell'ambito delle scienze umane, ma rimane nel campo delle scienze naturali, in particolare della fisica.

(5) È vero che c'è una grossa area della cosiddetta *scienza normale*, nel senso in cui T. Kuhn impiega questa dizione, che continua a procedere come se niente fosse perché non pare, almeno per ora, coinvolta direttamente da questi problemi: penso a molta fisica teorica o a buona parte della cosmologia, anche se non mancano eccezioni. Uno studio molto accurato intorno a queste nuove problematiche è offerto da Cini M: *Un paradiso perduto. Dall'universo delle leggi naturali al mondo dei processi evolutivi*, Feltrinelli, Milano 1994. Ho cercato di offrire una rassegna scorrevole delle problematiche più scottanti inerenti alle scienze nell'articolo: Una razionalità da dilatare. *Kos* 128, 48, 1996.

(6) Utilizzo qui i termini *platonico* e *aristotelico* come li usa A. Koyré, in un senso molto ampio, come si vede anche dal contesto del discorso. Per un approfondimento su quanto intendo a questo proposito si veda la mia *Introduzione alla filosofia delle scienze*. Edizioni Studio Domenicano, Bologna 1992, p. 22-32.

(7) Il *fideismo* è spesso la grande deviazione epistemologica di chi vuole abbinare una dimensione religiosa o anche ideologica con la razionalità scientifica, collocando la prima nell'ambito affettivo e la seconda in quello intellettuale.

(8) Ho cercato di proporre una riflessione più ampia sul problema dell'analogia in relazione alle scienze della complessità nell'articolo: Le scienze verso una teoria dell'analogia? in corso di stampa su *Divus Thomas*, 1997.

neare, con tutti i problemi tecnici e concettuali che comporta, pare ormai inevitabile;

- un *logico* e un *informatico* saranno probabilmente più sensibili ai problemi legati alla *ricorsività* e all'*autoreferenzialità* che oggi non sono più accantonabili come ai tempi della teoria delle classi di Russell, al fine di evitare il paradosso del *catalogo dei cataloghi che non citano se stessi*. E questo accade anche, e forse proprio perché, oggi, il computer ha reso familiari i processi iterativi di tipo ricorsivo che sono fortemente autoreferenziali, rendendo quasi popolari delle questioni raffinatissime come quelle legate ai teoremi di Gödel⁽⁹⁾. La generazione dei frattali è l'esempio più spettacolare di questo tipo di processi e non certamente l'unico⁽¹⁰⁾;

- un *ingegnere*, infine, si dovrà rivolgere sempre più spesso a descrizioni sintetiche e funzionali, piuttosto che analitiche e strutturali, per comprendere e dominare i sistemi sempre più complessi che gli è chiesto di realizzare e controllare.

Insieme a tutte queste problematiche anche il problema del *finalismo* si è riaffacciato prepotentemente nelle teorie scientifiche: i biologi non sono oggi più i soli a porsi e non possono essere perciò messi troppo facilmente a tacere; essi si trovano ormai sicuramente almeno in compagnia di quei fisici e astronomi che si occupano di cosmologia e hanno a che fare, tra l'altro, con quell'enunciato ancora per loro troppo filosofico, ma inquietante, che è il *principio antropico*⁽¹¹⁾.

Ma vediamo, ora, di occuparci un po' più da vicino di quest'ultima problematica del finalismo nelle scienze.

2. Il meccanicismo e le "quattro cause" aristoteliche

2.1. Il quadro aristotelico

È noto come la scienza aristotelica, basandosi sulla metafisica, includesse nel suo metodo esplicativo l'impiego delle "quattro cause": *materiale, formale, efficiente e finale*:

- la *causa materiale* è ciò che fornisce il costitutivo base di un oggetto fisico, rendendolo passibile di assumere una forma o l'altra;
- la *causa formale* è ciò che fa assumere all'oggetto quella *forma* che lo caratterizza ora, anziché un'altra;
- la *causa efficiente* è quella che fa sì che un oggetto fisico, che ora è caratterizzato da questa forma e da queste proprietà, poi assuma quest'altra forma e/o queste altre proprietà; è quindi responsabile del mutamento e perciò anche del movimento in senso locale, che è un particolare tipo di mutamento;
- la *causa finale* si trova dalla parte dello *stato finale* da raggiungere al termine di un certo mutamento. Nell'ottica della causa finale lo scopo del mutamento viene interpretato come inscritto nella legge stessa che lo governa. In questa prospettiva è la causa finale la più importante e da essa le altre cause si trovano in qualche modo a dipendere. Il fine da raggiungere determina la costituzione materiale di un oggetto fisico, le sue caratteristiche essenziali

(9) Hofstadter DR: *Gödel, Escher e Bach, un'eterna ghirlanda brillante*. Adelphi, Milano 1984; Sarti E: *Gödel, Shannon e la crisi della scienza. AEI Automazione Energia Informazione*, Vol. 82, n. 2, p. 67, 1995.

(10) Per una bibliografia essenziale sull'argomento rimando al mio articolo: *Che cosa sono e a che cosa servono i frattali? Pixel*, 7-8, 5, 1996.

(11) Si può vedere a proposito del principio antropico Dallaporta N: *Scienza, metascienza e metafisica*. Cedam, Padova 1994, cap. II, par. 2.1.

(forma) ed esige una causa efficiente adeguata per compiere il mutamento da un certo stato iniziale verso quello finale da raggiungere.

2.2. La visione meccanicista

La meccanica newtoniana e quella successiva hanno abbandonato gradualmente il linguaggio aristotelico, per cui la scienza vera e propria non fa uso di un termine come quello di *causa*, che esula dal linguaggio matematico. Tuttavia, nell'interpretazione meccanicista che di questa teoria si è data, si era soliti ritenere che in natura non sono necessarie altre cause che quelle efficienti per spiegare il moto (locale) dei corpi. Infatti, trattando il moto come uno *stato*, analogo alla quiete, è sufficiente assegnare una causa che fa passare un corpo da uno stato di moto a un altro stato di moto, ovvero una causa delle accelerazioni. Poiché le cause che fanno mutare lo stato di un corpo sono quelle efficienti, la conseguenza è immediata. A questo punto poi è immediato identificare questa causa efficiente con la *forza* nel senso newtoniano del termine, grazie al secondo principio della dinamica⁽¹²⁾.

3. Le "cause nascoste" nelle scienze fisico-matematiche

In realtà la fisica, e a maggior ragione le altre scienze galileiane, sono sempre andate ben oltre lo schema meccanicistico, dimostrando in questo modo di ricorrere tacitamente anche alle altre tre cause.

3.1. La causa materiale

La ricerca della causa materiale è presente nelle scienze fisiche ogniqualevolta si ricercano i costituenti elementari dell'universo fisico, siano essi materia o radiazione. Ciò che, tuttavia, ha finora differenziato radicalmente l'impostazione della fisica moderna da quella della metafisica aristotelica, in questa ricerca, è il fatto che la fisica moderna ha finora ricercato delle particelle elementari come *co-se*, cioè omogenee agli oggetti fisici da esse composte. L'approccio riduzionistico è qui evidente: il tutto è stato finora pensato come somma di parti. O se si vuole, la funzione d'onda di uno stato complesso è ottenuta dalla combinazione lineare di quelle degli stati elementari.

La metafisica aristotelica, invece, ricercava dei costitutivi fondamentali di *livelli* (nel senso sopra esaminato) differenti, disomogenei rispetto ai corpi e disomogenei tra loro, come lo erano materia e forma.

Ciò che è interessante, a questo punto, è il fatto che la *complessità*, alla quale prima si è fatto riferimento, sembra introdurre proprio la necessità di livelli differenziati nei costituenti degli oggetti fisici, chimici, biologici ecc. La preoccupazione qui non è certo quella di riproporre il modello aristotelico *materia-forma* in luogo delle equazioni di campo, quanto quello di comprendere come nella scienza odierna si stia acquisendo una *nozione*, che già era presente nella metafisica aristotelica, che è quella dei livelli differenziali dell'ente, e che può arricchirla notevolmente. Vale forse la pena fare un accenno, ormai storico. Quando fu proposta la prima versione della teoria dei quark per rendere conto del panorama delle particelle elementari allora conosciute, si presentò subito un problema: se le particelle sono elementari non possono essere scisse in parti

(12) È molto interessante a questo proposito l'analisi condotta da Heidegger M: *Saggi e discorsi*, Mursia, Milano 1976-1980, p. 6; vi si rileva, tra l'altro, che "la *causa efficiens*, una delle quattro cause, diventa così il modello per definire ogni causalità. Si arriva addirittura al punto che la *causa finalis*, la finalità, non è più in generale considerata una causa".

costituenti e più elementari ancora; eppure il modello a quark sembrava rendere conto bene delle particelle allora conosciute. Dovevano esserci in ogni particella tre quark costituenti, ma non osservabili e non separabili tra loro. Allora si inventò l'idea del confinamento dei quark dovuto a un potenziale attrattivo infinito che non poteva mai essere valicato e li tratteneva nella particella da essi costituita in modo da renderli non osservabili separatamente. Il problema nasceva dal fatto che allora i costituenti di un oggetto fisico venivano pensati come oggetti dello stesso livello e non come principi appartenenti a un livello di organizzazione più fondamentale. Forse oggi con l'epistemologia della complessità potremmo fare di meglio.

Va notato che anche la fisica aristotelica si serviva di componenti omogenei alle cose, come i quattro elementi (aria, acqua, terra, fuoco), che in fondo giocavano un ruolo non dissimile da quello degli elementi chimici della nostra tavola periodica, ma introduceva anche principi di livelli diversi come materia e forma; la nostra fisica non è arrivata ancora a questo punto, ma forse non è da esso tanto lontana, se (seguendo le idee della complessità) si ipotizzano livelli differenziati e non omogenei di esistenza negli oggetti complessi. Ecco che, allora, per continuare a sviluppare una fisica-matematizzata, occorrerà una matematica capace di trattare in qualche modo anche questa gerarchizzazione di livelli.

3.2. La causa formale

La causa formale rientra in gioco nella fisica, tacitamente, per il fatto che la fisica moderna è una fisica matematica, cioè si serve, per descrivere e spiegare gli oggetti dell'esperienza, di definizioni e dimostrazioni matematiche (anziché metafisiche). Ora, dalla *definizione* (connotazione logica della forma) di un *oggetto matematico*, che in una teoria rappresenta un oggetto fisico ad esso associato identificandone le proprietà quantitative e relazionali (mediante le leggi che ne governano l'evoluzione e le condizioni iniziali che ne identificano lo stato), la teoria fisica deduce il comportamento dell'oggetto.

3.3. La causa efficiente

La causa efficiente, che è l'unica che gioca più allo scoperto nell'epistemologia meccanicista, è quella che determina i cambiamenti di stato, che altro non sono che mutazioni accidentali o sostanziali dell'oggetto in questione.

Per ora la causa finale sembra ancora del tutto esclusa, ma non è così.

Ora, essendo il finalismo l'oggetto proprio del nostro discorso, dobbiamo dedicargli un po' più di spazio.

4. La causa finale nella scienza e nella tecnica

4.1. Il finalismo matematizzato

Non sembra si possa sostenere che la causalità finale non è mai stata presente nelle scienze moderne. Si dovrebbe sostenere piuttosto il contrario: il problema consisterà, allora, nell'identificare i modi in cui essa è *legittimamente* presente, insieme alle altre cause. Si tratta, in un certo senso di una finalità di "basso livello", così come la si rileva direttamente nelle scienze fisiche: non sarebbe pensabile inserire direttamente nella fisica un finalismo di tipo trascendente! Tuttavia, se la complessità ci richiede di introdurre dei livelli gerarchizzati, ecco che a ogni livello potrà fare la sua comparsa la spiegazione finalistica.

4.1.1. LA FINALITÀ NELLA FORMULAZIONE DELLE LEGGI SCIENTIFICHE Inizierei con l'osservare che una porta attraverso cui la finalità è entrata legittimamente nelle

teorie scientifiche, e fisiche in particolare, e già da parecchio tempo, è quella della *formulazione delle leggi scientifiche*.

Esistono infatti più modi di formulare le leggi scientifiche (e non solo quelle della fisica). Ne identificherei due che sono interessanti ai fini del nostro discorso:

- il primo modo assegna la legge in maniera *diretta* e non finalistica;
- il secondo modo non assegna le leggi in maniera diretta, ma la identifica *indirettamente* assegnando il *fine* che attraverso di essa si deve realizzare nel mondo fisico.

Esempi della prima categoria sono tutte le leggi formulate in termini di equazioni differenziali, o algebriche, che governano l'evoluzione dei sistemi fisici nel tempo, le proprietà dei materiali ecc.

Esempi della seconda categoria sono offerti dalla termodinamica, dai principi variazionali e da altri che vedremo tra breve. A questo proposito R. Thom, rifacendosi a Von Neumann osserva:

"Si sa che, in meccanica classica, l'evoluzione di un sistema materiale può essere descritta in due modi: uno con equazioni differenziali locali, come le equazioni di Lagrange o di Hamilton; l'altro con un principio variazionale globale, come il principio di minima azione di Maupertuis. Queste due descrizioni sono perfettamente equivalenti benché l'una presenti un aspetto meccanicistico locale, l'altra un aspetto finalistico. È verosimile che lo stesso accada in biologia" (13).

Ciò che è importante sottolineare, a questo punto, è il fatto che, mentre una legge evolutiva formulata in modo diretto ammette generalmente anche la formulazione indiretta (come accade ad esempio per i sistemi lagrangiani e hamiltoniani), cioè finalistica, può accedere ed è accaduto nella storia della fisica, che nell'ambito di una teoria si sia in grado di formulare le leggi in modo finalistico e non se ne conosca ancora la formulazione diretta. Ciò significa che si conoscono le cause finali, ma non ancora quelle efficienti. Quando si possiedono entrambe le formulazioni, si potrà di dire di conoscere entrambe le cause finale ed efficiente. Ed è importante sottolineare che una spiegazione di tipo finalistico non solo non si contrappone a quella che fa ricorso alle altre cause, ma in un certo senso la esige, per offrire una comprensione dei meccanismi attraverso i quali una certa finalità viene raggiunta.

La termodinamica

La causalità *finale* è apparsa sulla scena della fisica, anche se tacitamente, con la termodinamica che, essendo una teoria *macroscopica*, formula le sue leggi in termini finalistici non potendo offrire direttamente una descrizione dei "meccanismi" microscopici che si realizzano nei processi. I processi che la natura realizza sono quelli che raggiungono due fini:

- la conservazione dell'energia (primo principio);
- l'aumento di entropia (secondo principio).

Per questo la termodinamica non piaceva ai meccanicisti, che hanno cercato per la termodinamica una spiegazione in termini di cause efficienti, meccaniche attraverso la *teoria cinetica* e la *meccanica statistica*, che hanno fornito le leggi dirette secondo le quali si raggiungono i fini prescritti dalla termodinamica.

(13) Thom R. *Stabilità strutturale e morfogenesi. Saggio di una teoria generale dei modelli*, Einaudi, Torino, 1980, p. 309.

Le leggi di conservazione

Anche nella meccanica stessa, e più in generale in tutta la fisica, tutte le *leggi di conservazione* possono essere lette in chiave finalistica: il moto *tende* a mantenere costante una certa quantità (quantità di moto, energia meccanica, momento angolare o altro). Si può dire anche così: tra tutti i moti concepibili quelli che effettivamente si realizzano in natura, in certe condizioni, sono quelli che raggiungono il fine di conservare certe grandezze fisiche e, nella meccanica quantistica, certi numeri quantici.

I principi variazionali

Anche la formulazione matematicamente più potente delle leggi meccaniche e fisiche in genere, offerta dai *principi variazionali*, è di tipo finalistico. I principi variazionali, infatti, affermano che la natura si comporta in maniera tale da raggiungere lo scopo di rendere minimo (o comunque stazionario) un certo *integrale d'azione*. Tra tutti i possibili processi che conducono un sistema fisico da uno stato *A* a uno stato *B*, quello seguito in natura ottiene lo scopo di rendere minima una certa grandezza. Ad esempio, è ben noto come un raggio di luce segua il percorso che rende minimo il tempo necessario a raggiungere un dato punto a partire dalla sorgente (*principio di Fermat*).

4.1.2. GLI STATI INDIPENDENTI DALLE CONDIZIONI INIZIALI Nella formulazione delle leggi della fisica un caso di finalismo particolarmente interessante, che si può presentare in fisica ma più in generale in un *sistema dinamico*, è quello legato agli stati indipendenti dalle condizioni iniziali, che il sistema tende prima o poi a raggiungere comunque e nel quale si mantiene fino a che non intervengano cause esterne di perturbazione, come i *cicli limite* stabili, o i *punti di equilibrio* stabili o più in generale gli *attrattori* stabili. In questi casi non sono determinate le condizioni iniziali del sistema, quanto piuttosto quelle finali, che vengono comunque raggiunte. L'esempio più noto è quello degli oscillatori forzati, che dopo un certo tempo si stabilizzano oscillando con lo stesso ritmo con cui vengono sollecitati dall'esterno, qualunque sia la posizione e la velocità con le quali sono stati avviati all'inizio.

Vale la pena di osservare, al termine di questa breve rassegna, che se certe considerazioni sul finalismo cominciano a essere prese in considerazione anche dai fisici, non sembra più così scandaloso che i biologi si stiano ponendo seriamente il problema di accogliere il finalismo come prospettiva adeguata di spiegazione dell'evoluzione, almeno a livello globale e macroscopico, in una maniera somigliante alle leggi della termodinamica. Secondo alcuni biologi l'interpretazione finalistica ("teleonomica") sembra indispensabile a spiegare correttamente l'orientamento dell'evoluzione delle specie verso un certo risultato che contiene una quantità d'*informazione* superiore a quella che pare essere contenuta nel sistema di partenza, contrariamente a quanto accade nei sistemi non viventi nei quali l'entropia d'*informazione* tende ad aumentare.

4.1.3. IL FINALISMO NELLA TECNICA Anche se esula dal tema che mi sono proposto di trattare, che è inerente al *finalismo* nelle *teorie* scientifiche, non si può tacere del tutto l'aspetto delle *tecniche* che delle teorie sono diretta applicazione. Per le applicazioni tecniche il discorso è alquanto diverso. Di per se, ogni produzione tecnica è naturalmente l'attuazione di una causa finale. Chi progetta un'automobile vuol soddisfare i desideri di una certa classe di clientela e a tal fine sceglierà la cilindrata, la forma e i colori della carrozzeria, il grado di finitura, gli accessori. Perciò la causa finale non è mai stata esclusa dalla realizzazione tecnica, al modo in cui lo è stata dalla ricerca scientifica. Ma nella tecnica classica il fine resta *esterno*

all'oggetto, lo precede e in qualche modo si esaurisce con la sua realizzazione.

Accade invece che l'impiego sistematico della retroazione, che è proprio della tecnologia dell'informazione, per così dire trasferisca il fine all'*interno* dell'oggetto tecnico, nel senso che il suo funzionamento consiste nel perseguire un certo fine piuttosto che nell'eseguire sequenze di operazioni preordinate. Già nel 1950 Norbert Wiener osservava che ogni processo di apprendimento è una forma molto complessa di retroazione: attraverso una successione continua di tentativi, e di verifiche del loro effetto, il soggetto (sia animale o uomo, sia macchina *cibernetica*) attua il fine di imparare, e lo fa agendo in modo non predeterminato, ma in ogni momento adeguando il suo comportamento alle circostanze (14).

La stessa cosa si può dire dei sistemi di controllo a retroazione, diffusi in un grandissimo numero di applicazioni tecniche. Il modo di operare di questi sistemi è interpretato più correttamente e icasticamente in modo teleologico piuttosto che causale, deterministico: essi perseguono il fine di mantenere una certa grandezza (la velocità di un veicolo, una tensione elettrica) a un valore determinato nonostante le azioni esterne di disturbo (le variazioni di pendenza della strada, le variazioni di carico elettrico) che tendono a modificarla. Ma poi il concetto di retroazione (e quindi l'interpretazione teleologica) è utilizzato ampiamente, anche al di fuori delle applicazioni deliberate a scopo di controllo, per descrivere il comportamento di sistemi dinamici naturali (gli organismi viventi) o artificiali (per esempio economici).

Da un altro punto di vista, la tecnica attuale trasferisce la causa finale su un piano più alto che in passato. Allora il tecnico poteva considerare soltanto il fine particolare dell'oggetto che stava costruendo. Il motore di una locomotiva poteva essere progettato tenendo conto soltanto dell'esigenza di far muovere la locomotiva. Ora, invece, la progressiva integrazione degli oggetti tecnici in sistemi sempre più estesi costringe il tecnico a considerare il fine generale del sistema e ad esso adeguare il fine particolare dell'oggetto che sta costruendo. Un sistema ferroviario deve soddisfare certe superiori finalità sociali (il riequilibrio fra trasporto pubblico e privato, la riduzione dell'impatto ambientale e dei disturbi elettromagnetici, un onere non eccessivo per la finanza pubblica) e ad esse si dovrà adeguare anche chi costruisce i motori: li farà diversi se le esigenze sociali privilegiano l'alta velocità o il trasporto merci, l'alimentazione in corrente continua o in corrente alternata a frequenza industriale o ferroviaria e così via.

4.2. Il finalismo filosofico

Le considerazioni svolte e gli esempi che abbiamo esaminato finora ci sono serviti a illustrare come la spiegazione finalistica sia entrata già da parecchio tempo nelle scienze, e nella fisica in particolare, anche se evitando di dichiararsi come tale. C'è da dire che l'operazione è finora riuscita, in quanto è stato possibile dare una *formulazione matematica* alle prescrizioni finalistiche introdotte nelle scienze. Rimane comunque molto significativa la resistenza dei meccanicisti nei confronti della termodinamica e il loro grido di trionfo nel momento in cui sono riusciti a trovare un modello meccanico basato sulla teoria cinetica e la meccanica statistica. Tuttavia, questo modello non ha soppiantato la termodinamica, che non è stata mai abbandonata, perché rimane del tutto corretta. Con l'avvento dell'elettromagnetismo di Maxwell e delle teorie di campo, poi, si è confermata definitivamente la possibilità di una fisica non riducibile alla meccanica.

(14) N. Wiener: *Introduzione alla cibernetica*. Boringhieri, Torino 1996, p. 84.

Oggi le resistenze sembrano piuttosto manifestarsi verso quelle forme di finalismo che non possono avere o non hanno ancora una formulazione matematica e che chiameremo *finalismo filosofico*.

4.2.1. IL PRINCIPIO ANTROPICO L'origine del principio antropico è legata a questioni epistemologiche interne alla scienza, inerenti al valore delle costanti universali della fisica e alla struttura delle leggi fisiche fondamentali. Si è partiti da domande come le seguenti:

- che cosa determina i valori della carica elettrica elementare, della velocità della luce, della costante di Planck e della altre costanti universali?
- perché le leggi delle forze fondamentali hanno questa forma e non un'altra?

La fisica odierna non ci dà ancora una risposta. Sono domande che ricordano quella che si pose E. Mach sulla natura dell'inerzia delle masse. Sono domande scientificamente più che legittime e che possono essere anche scientificamente feconde: basti pensare al principio di equivalenza di Einstein tra massa gravitazionale e massa inerziale che, partendo dalle idee di Mach, poi modificate, è arrivato alla teoria della relatività generale.

Un approccio a queste domande ha condotto a cercare di vedere le conseguenze che ci sarebbero modificando, anche di poco, i valori di alcune di queste costanti o la struttura di alcune leggi che governano le interazioni fondamentali. I risultati che si sono ottenuti, come è noto, hanno condotto ad affermare che l'universo sarebbe profondamente diverso da quello attuale se si alterasse anche di poco qualcuno di questi parametri, al punto da rendere impossibile la vita e la comparsa dell'uomo. Usando altri termini si direbbe che l'universo è fortemente instabile rispetto a perturbazioni dei valori delle costanti fondamentali e le leggi fondamentali che lo governano sono *strutturalmente* instabili.

In questo contesto è nato il *principio antropico*, sia nella *forma debole* che nella *forma forte*, come risposta alle domande scientifiche poste sopra⁽¹⁵⁾. Si tratta di un principio finalistico vero e proprio, che appare a molti troppo filosofico per poter essere considerato interno alla scienza. Tale principio, infatti, non sembra, almeno al momento, traducibile in forma matematica. Tuttavia, sembrerebbe che esso possa essere messo in relazione con quei "principi matematici superiori, che sono le simmetrie, le quali in un certo modo dall'alto, a guisa di idee in senso platonico, plasmano la sostanza sottostante, imponendole quei connotati che noi osserviamo e che conferiscono al cosmo la sua specificità e le sue strutture. In una tale visuale, le costanti fondamentali non sono altro che parametri caratteristici di queste simmetrie, che, in quanto tali, sono come gli archetipi che stanno a monte del realizzarsi concreto del mondo"⁽¹⁶⁾.

5. Conclusione

Al di là della discussione sul principio antropico, a conclusione del discorso, quello che può essere interessante è esaminare, almeno per accenni, qualche criterio di carattere generale per accogliere nell'ambito di una teoria scientifica un principio o un comportamento a carattere finalistico.

- Abbiamo visto un primo criterio che è stato utilizzato già a proposito della termodinamica e dei principi variazionali e, quindi, collaudato da tempo: *una legge fisica può essere enunciata in forma finalistica se la sua formulazione può essere data in forma matematica*.

A questo proposito si può aggiungere che una matematica futura, ulteriormente ampliata rispetto a quella attuale, può aprire degli spazi a una modalità di spiegazione finalistica che per ora potrebbe apparire scientificamente inaccettabile.

- Un altro caso significativo a cui abbiamo accennato, quello degli attrattori stabili, non riguarda tanto le leggi fisiche ma il possibile singolo comportamento evolutivo dei sistemi fisici, cioè una singola soluzione delle leggi. Questo non pone problemi, in quanto questi comportamenti, indipendenti dalle condizioni iniziali, sono descritti da soluzioni particolari di equazioni differenziali e, come tali, nascono direttamente dalla matematica che governa il sistema fisico. Tutto ciò è perfettamente scientifico e l'osservazione che si tratta di un comportamento finalistico è una questione di interpretazione filosofica del dato scientifico.

- Il terzo caso, al quale si è fatto accenno portando l'esempio del principio antropico, è il più delicato, in quanto tratta di un principio finalistico del quale non si possiede una formulazione matematica. È legittimo accettare nell'ambito di una teoria scientifica un principio formulato in questo modo?

Generalmente, nelle scienze, si accetta un'ipotesi, o una teoria, quando è in grado di sostenere il confronto con l'esperienza nel duplice senso di:

- rendere conto, entro gli errori di misura ed entro i limiti che definiscono il dominio di validità della teoria stessa, dei dati sperimentali conosciuti;
- possibilmente essere in grado di prevedere nuovi fenomeni controllabili sperimentalmente.

Di norma si richiedono controlli e previsioni di carattere quantitativo, cioè a livello di misure.

Allora si pongono due domande:

- è possibile che un principio filosofico permetta di dedurre delle informazioni sui valori di certe grandezze?
- è possibile e opportuno elaborare delle scienze dimostrative non matematizzate che consentano di descrivere e fare previsioni intorno a dati a carattere non quantitativo?

Ovviamente queste grosse questioni sono del tutto aperte e ricche di fascino per il ricercatore: forse ci troviamo in un momento molto importante per lo sviluppo del pensiero scientifico.

Desidero ringraziare il prof. ing. Eugenio Sarti del DEIS dell'Università di Bologna per i numerosi consigli e per il decisivo contributo datomi per la stesura degli esempi di carattere tecnologico.

Manoscritto pervenuto il 22 aprile 1997.

⁽¹⁵⁾ I vari autori tendono a definire in maniera diversa questa distinzione tra la forma *debole* e quella *forte* del principio antropico. Secondo Dallaporta "1) Si può cercar di vedere se i valori di alcuni dei parametri fondamentali sono dipendenti dalla situazione attuale dell'uomo, che egli stesso condiziona nell'informarsi sulle proprietà del cosmo; le risposte positive che reca rappresentano effetti antropici nella forma debole (PAD). 2) Viceversa si può cercare fino a che punto i valori delle costanti fondamentali siano determinanti per rendere possibile la vita e quindi la presenza dell'uomo nel cosmo: tali condizionamenti costituiscono constatazioni antropiche di tipo forte (PAF)". Dallaporta N: *op. cit.*, p. 72.

⁽¹⁶⁾ Dallaporta N: *op. cit.*, p. 79.