

MARCELLO CINI*

Il linguaggio delle Scienze della Natura e la visione del mondo**

1.1. Per secoli l'ideale conoscitivo della scienza galileiana e newtoniana si è identificato con la possibilità di prevedere l'evoluzione futura di ogni fenomeno a partire dalla conoscenza della legge che lo regola. Il successo empirico di questo metodo ha via via rafforzato la convinzione che l'infinita varietà dei fenomeni fisici, nonostante le loro apparenze così diverse, fosse riconducibile a una spiegazione in termini di leggi semplici e universali. Esso infatti si fonda sulla convinzione che qualunque fenomeno può essere sfrondato dalle accidentalità che non ne alterano sostanzialmente la natura e l'evoluzione, e sull'assunzione che gli effetti del caso, dell'imprevisto e delle circostanze esterne possano essere ridotti fino a diventare trascurabili.

Il modello newtoniano domina dunque in tutte le discipline fino alla fine del secolo scorso e definisce implicitamente i mezzi e gli obiettivi della scienza. Anche le scienze umane e sociali assumono più o meno esplicitamente questo modello.

1.2. Dai lumi della nuova scienza di Galileo e Newton, e dai fuochi delle fabbriche accesi dalla rivoluzione industriale, è nata una cultura, diventata egemone nei paesi più avanzati industrialmente, che potremmo chiamare *cultura del macchinismo*, perché fondata sull'abitudine a considerare le macchine come il mezzo «naturale» per fare le cose. Nella cultura del macchinismo la macchina diventa il modello per spiegare e rappresentare il comportamento di ogni organismo naturale. L'uomo stesso nel '700 è visto come una macchina meccanica, nell'800 come una macchina a vapore, poi come un laboratorio chimico, e oggi, infine, come un *computer*.

* C.I.R.M.S. (Centro Interdip. di Ricerca in Metodologia delle Scienze) c/o Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma.

** Relazione tenuta nell'ambito della videoconferenza su «Valorizzazione della divulgazione scientifico-naturalista con riferimento all'educazione ambientale», Roma 22 ottobre 1999, Ministero Pubblica Istruzione, Aula Centro Servizi Multimediali.

È una cultura che vede il mondo come un mosaico di parti differenti, ognuna analizzabile di per sé in termini dei suoi costituenti e delle forze che li tengono insieme, a prescindere dal contesto e dall'ambiente circostante. È un mondo prevedibile, nel senso che, in linea di principio, lo sono i comportamenti delle sue parti, soggette a leggi semplici e universali.

La cultura del macchinismo è riduzionista. Questo vuol dire che siamo abituati a cercare la spiegazione delle proprietà di un sistema composto assumendo che esse siano completamente determinate dalle proprietà delle sue parti. In una macchina questo è sempre possibile, perché i pezzi nei quali può essere smontata sono stati progettati proprio in modo tale da stabilire questa rigida relazione causale. Questa cultura è anche lineare. Lineare vuol dire che siamo abituati a pensare che alla concomitanza di due cause indipendenti consegua un effetto che è la somma dei singoli effetti corrispondenti. Questo modo di vedere la realtà è una estrapolazione della radicata convinzione che ogni mutamento sia riconducibile a movimento, e che questo movimento in ultima analisi segua le leggi newtoniane del moto dei corpi materiali.

Questa cultura sta ancora alla base di ogni approccio scientifico alla comprensione dei fenomeni del corpo umano.

2.1. Fino alla metà di questo secolo il panorama delle scienze è dominato dal modello newtoniano. Ma negli anni '60 questo panorama comincia a mutare radicalmente. La ricerca nei settori di punta, si concentra infatti sullo studio degli aspetti che caratterizzano l'evoluzione di processi irregolari e irripetibili. Invece di cercare di unificare diversi fenomeni complessi e irregolari attraverso l'identificazione di alcuni elementi semplici e regolari comuni unificanti, il nuovo approccio sottolinea al contrario che sistemi strutturalmente identici possono manifestare comportamenti «selvaggiamente» diversi. Esso rinuncia alla priorità epistemologica delle categorie di ordine, semplicità, regolarità nei confronti delle categorie opposte di disordine, complessità, irregolarità quando risulta impossibile ricondurre queste ultime alle prime.

In particolare esso rinuncia alla concezione riduzionista per adottare un punto di vista globale, che considera le proprietà di un sistema complesso come aspetti reciprocamente connessi di una unica totalità autoconsistente da comprendere nella sua integrità.

2.2. Un segnale di questo mutamento è lo straordinario sviluppo del pensiero evolucionista. Oggetto fino agli inizi del secolo di violente polemiche all'interno stesso della comunità scientifica, essa venne successivamente accettata e codificata nella forma della cosiddetta «sintesi moderna» negli anni '40, ma rimasta fino agli anni '60 confinata all'interno del settore della biologia evolutiva.

Come è noto, Darwin ha proposto una spiegazione del processo evolutivo della vita sulla Terra facendo ricorso all'azione concomitante di due fattori: un mec-

canismo (sulla cui natura egli non si pronuncia) che dà origine alla variabilità dei caratteri somatici dei differenti individui di una data popolazione, e un processo di *selezione naturale* che permette agli individui dotati di caratteri vantaggiosi per la sopravvivenza di trasmettere questi caratteri ai loro discendenti a un tasso più elevato di quello dei più svantaggiati, destinati a morire precocemente.

Ma negli anni '60 l'idea di Darwin si afferma trasversalmente all'interno di numerose discipline trasformandole profondamente, e dà origine a un vero e proprio nuovo modo di guardare il mondo. «Il nuovo paradigma... — scrive Erwin Laszlo — è completamente differente dalle concezioni classiche. Alla luce di questo paradigma l'evoluzione ha luogo, passo dopo passo, e livello dopo livello, alternando fasi di determinazione e di indeterminazione, attuando processi di autoconservazione attraverso il cambiamento e processi di riorganizzazione — casuali e forse caotici — nel corso di fasi di biforcazione che sono prodotte da instabilità critiche. L'evoluzione si arrampica lungo la scala della complessità strutturale e dell'organizzazione, una scala che tende alla massimizzazione dell'energia libera e alla minimizzazione dell'entropia. [...] A partire da condizioni iniziali identiche e nei limiti delle possibilità definite dalle leggi, possono aver luogo differenti sequenze di eventi. Queste sequenze creano a loro volta nuovi insiemi di limiti e di possibilità, che serviranno da base per nuovi giocatori. Così l'evoluzione è sempre possibilità, mai fatto. Il suo corso è logico e comprensibile, ma non è predeterminato né prevedibile».

2.3. Mario Ageno, il biofisico romano che ha studiato con grande acume e originalità le «radici della biologia» (ed è proprio questo il titolo di un suo libro fondamentale) chiarisce bene il significato di questa svolta. «Di fronte all'enorme varietà di soluzioni organizzative, regolative, adattative — scrive — che risultano [da questa dinamica del DNA] il biologo molecolare si vede ora, un po' per volta, costretto a cambiare il tipo delle domande che, nel quadro della sua ricerca sulla funzionalità dell'organismo, egli era solito fare. Egli era solito orientarsi verso una minuziosa descrizione dei processi osservati a livello molecolare, lasciando sottinteso che la loro causa era ovviamente sempre da ricercarsi nella struttura delle molecole coinvolte e nelle loro interazioni. Ma ora, di fronte alla molteplicità delle soluzioni a priori equivalenti, la ricerca delle cause, la domanda dei perché, si rivela sorprendentemente non decisiva, irrilevante, e il biologo molecolare è sempre più portato a chiedersi come ciascuna soluzione si sia affermata, attraverso quale catena di eventi e in quali condizioni generali di ambiente. Così scienza naturale e biologia funzionale stanno di fatto trovando la loro radice comune nella teoria dell'evoluzione biologica. Non ci sono, per i fenomeni biologici, altre spiegazioni possibili che quelle evolutive».

2.4. L'interesse per i sistemi complessi, in particolare per gli organismi viventi, investe dunque a partire dagli anni '60, molte discipline tradizionali. Vediamo meglio di che si tratta.

La soglia della complessità si incontra quando si constata che esistono «oggetti» che non possono essere smembrati nei loro costituenti senza distruggerli. I sistemi complessi sono articolati in livelli di organizzazione. I linguaggi che descrivono le proprietà dei livelli superiori non sono interamente riducibili a quelli dei livelli inferiori. Essi sono fra loro compatibili (ci sono vincoli reciproci da rispettare) ma le proposizioni del linguaggio che «spiega» le proprietà degli oggetti di un dato livello non possono essere completamente sostituite da proposizioni del linguaggio che «spiega» le proprietà degli elementi del livello inferiore, dei quali gli oggetti in questione sono costituiti.

Nei sistemi semplici questa traduzione è ancora possibile. Per esempio le relazioni tra pressione, temperatura e volume che descrivono le proprietà macroscopiche di un gas possono essere ottenute da relazioni corrispondenti che legano i valori medi delle variabili di una molecola generica.

2.5. Quando invece si supera la soglia della complessità è impossibile una spiegazione riduzionista del rapporto fra due livelli. Questo accade per esempio se si considera il rapporto fra il livello dei concetti della biologia molecolare e quello sottostante della fisica e della chimica degli atomi. Il processo di assemblaggio delle proteine nei ribosomi cellulari, ad esempio, non può essere descritto in termini di una evoluzione dinamica dettagliata degli elettroni e degli atomi che ad esso partecipano. Non perché le leggi che la regolano non siano più valide al livello più elevato ma perché questa descrizione sarebbe diversa per ognuno dei venti aminoacidi che formano la catena proteica, e dunque non metterebbe in evidenza il meccanismo comune, consistente nel riconoscimento dell'aminoacido giusto da parte del corrispondente RNA messaggero mediante il messaggio codificato alla sua estremità (un meccanismo simile a quello di una chiave che apre una serratura), che regola l'intero processo di assemblaggio. Questo meccanismo comune è invece descritto in modo appropriato soltanto con il linguaggio della biologia molecolare.

2.6. Altre due proprietà caratterizzano gli oggetti al di sopra della prima soglia di complessità. Una è l'autoreferenzialità. Questo concetto svolge un ruolo centrale nella spiegazione del funzionamento dei sistemi biologici. Esso significa che il sistema è sede di catene circolari di causalità nelle quali ogni componente fornisce alle altre un segnale dotato di significato, nel senso che contiene nuova informazione rispetto ai segnali che essa ha ricevuto dalle altre. Questa proprietà implica che soltanto quando si instaura una coerenza interna fra i segnali in entrata e in uscita di ogni componente, che permette di riprodurre a ogni iterazione successiva del segnale circolante la situazione precedente, il sistema viene a trovarsi in uno stato stabile. In questo caso il sistema è autoreferenziale.

Strettamente connesso con il concetto di autoreferenzialità è anche quello di autorganizzazione. Anzi la prima è una condizione necessaria perché un sistema possa essere in grado di produrre la sua stessa organizzazione. Secondo questo

punto di vista dunque la metafora coerente secondo la quale il DNA sarebbe come un «programma» di calcolatore fornito alle cellule che, seguendo le istruzioni in esso contenute assemblano le proteine necessarie alla vita dell'organismo, non sarebbe corretta. Basta pensare che, a differenza dei programmi di una macchina il «programma» del DNA ha bisogno dei prodotti della propria lettura e della propria esecuzione per essere letto ed eseguito a sua volta, secondo un anello ricorsivo che è tipico di tutti i sistemi autorganizzatori.

2.7. La seconda proprietà è, come abbiamo già anticipato, l'irriducibilità della storia di un organismo alla sua struttura fisica. Essa deriva in primo luogo dal ruolo fondamentale che gioca il caso, cioè l'intervento aleatorio di fattori esterni, nell'evoluzione dei processi che li coinvolgono. È noto, ad esempio, che una componente essenziale del processo di evoluzione delle specie è costituita dalle mutazioni casuali che producono la variabilità del patrimonio genetico tra individuo e individuo della medesima specie.

In secondo luogo la impossibilità di ridurre la storia di un organismo unicamente a cause strutturali intrinseche deriva dalla dipendenza dal contesto delle sue proprietà. Questo sembra accadere in particolare nel corso dello sviluppo del sistema nervoso successivo alla nascita, dove l'intervento esterno produce connessioni sempre più complesse, non codificate inizialmente nel DNA embrionale, fra i cento miliardi di neuroni che lo compongono. Un discorso analogo sembra essere valido anche per lo sviluppo del sistema immunitario, e forse per le strutture cerebrali connesse con le funzioni mentali superiori.

3.1. Cade dunque la tradizionale divisione cartesiana tra «mente» e «corpo». Gregory Bateson, singolare figura di «filosofo naturale», al tempo stesso scienziato e filosofo, è stato un precursore della battaglia culturale contro questa concezione dualistica dell'uomo. Per lui le proprietà «mentali» di un organismo sono immanenti, e sono conseguenza dell'interazione tra le sue parti.

«L'educazione scolastica che tutti abbiamo ricevuto — dice Bateson a questo proposito — risale a Locke e a Newton e a Cartesio e al dualismo. Non è un caso, ed è un accostamento molto curioso, che intorno al 1700 lo stesso Cartesio abbia creato tre degli strumenti più importanti del pensiero contemporaneo. Primo, la separazione tra mente e materia. Secondo, le coordinate cartesiane, il diagramma: si mette il tempo in basso e si rappresenta una variabile. Terzo, il *cogito*: "penso, dunque sono". Queste tre cose procedono insieme e hanno semplicemente mandato in frantumi il concetto dell'universo in cui viviamo».

Gli fa eco il neurologo Antonio Damasio, che intitola *L'errore di Cartesio* il suo libro su *Ragione, emozione e cervello umano*. «Qual'era allora — scrive Damasio — l'errore di Cartesio? [...] L'enunciato "Cogito ergo sum", preso alla lettera, esprime esattamente il contrario di ciò che io credo vero riguardo alle origini della mente e riguardo alla relazione fra mente e corpo; esso suggerisce che il pensiero e la con-

sapevolezza di pensare, siano i veri substrati dell'essere. [...] E, tuttavia, assai prima dell'alba dell'umanità gli esseri erano esseri ... Per noi, allora, all'inizio fu l'essere e solo in seguito vi fu il pensiero; e noi adesso, quando veniamo al mondo e ci sviluppiamo, ancora cominciamo con l'essere e solo in seguito pensiamo. Noi siamo, e quindi pensiamo, dal momento che il pensare è causato dalle strutture e dalle attività dell'essere».

3.2. Vedere il mondo come un sistema complesso vuol dire perciò riuscire a cambiare profondamente il nostro modo di interpretare ciò che accade intorno a noi e di agire di conseguenza. In particolare questo cambiamento comporta la rinuncia all'idea che esista un punto di vista privilegiato dal quale è possibile arrivare alla verità. Questo significa abbandonare le dicotomie nette fra categorie interpretative della realtà fra loro contrapposte.

Abbiamo visto, ad esempio, che non è vero, come sostengono molti scienziati, che solo un approccio riduzionista, capace di isolare un oggetto e di analizzarlo nei suoi elementi costitutivi, conduce alla vera conoscenza. Va ribadito tuttavia che il solo approccio olistico, senza il momento dell'analisi riduzionista, sarebbe altrettanto povero di significato.

Abbiamo ancora visto che un'altra dicotomia va abbandonata: è quella caso/necessità, che porta a vedere l'evoluzione della realtà come una somma di catene causali indipendenti rigidamente determinate da leggi universali, interrotte di tanto in tanto dal loro incontro fortuito che ne altera il corso in modo imprevedibile. Ad essa va sostituito il concetto di processo, nel quale caso e necessità sono intimamente intrecciati e contemporaneamente presenti, essendo il ventaglio delle possibilità di ogni evento casuale limitato da vincoli che esprimono il potere normativo della natura, a sua volta attenuato e limitato rispetto al rigore deterministico delle leggi universali dall'intervento incessante dell'aleatorietà.

Infine una terza dicotomia da abbandonare è quella ordine/disordine, che viene spesso usata per classificare gli oggetti scegliendo tra la struttura regolare di un reticolo cristallino oppure l'irregolarità degli urti molecolari in una nuvola di gas. È invece incontestabile che ordine e disordine, lungi dall'essere termini antitetici, sono invece ingredienti entrambi essenziali di qualunque fenomeno vitale o comunque complesso.

3.3. Passare dalla cultura del macchinismo a una cultura fondata su una visione del mondo coerente con i processi della natura è l'unico modo per affrontare la drammatica contraddizione fra economia ed ecologia. Occorre tuttavia in primo luogo far chiarezza sulla sua origine. Occorre cioè diffondere la consapevolezza che i fenomeni biologici e quelli economici sono regolati da leggi differenti. I primi, come si è visto, si svolgono in genere in uno stato sostanzialmente stazionario, che richiede un delicato coordinamento fra cicli caratterizzati da tempi caratteristici differenti e di scambi reciproci di materia ed energia in forme altamente spe-

caliche. Questo coordinamento fa sì che in natura non esistono rifiuti. I rifiuti di un ciclo vengono riutilizzati in un altro.

I secondi sono invece sostanzialmente regolati da un unico meccanismo, il mercato, e sono finalizzati a un unico obiettivo: la crescita illimitata della produzione di merci. Questa crescita illimitata produce una crescita illimitata di rifiuti. Possiamo continuare così?

Non ha il senso di una singola frase, ma il senso della civiltà nel suo insieme, e quello della natura.

Il senso della civiltà è quello di una civiltà che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito.

Il senso della natura è quello di una natura che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La natura è un sistema chiuso, e non può essere che un sistema chiuso.

Il senso della civiltà è quello di una civiltà che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La civiltà è un sistema aperto, e non può essere che un sistema aperto.

Il senso della natura è quello di una natura che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La natura è un sistema chiuso, e non può essere che un sistema chiuso.

Il senso della civiltà è quello di una civiltà che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La civiltà è un sistema aperto, e non può essere che un sistema aperto.

Il senso della natura è quello di una natura che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La natura è un sistema chiuso, e non può essere che un sistema chiuso.

Il senso della civiltà è quello di una civiltà che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La civiltà è un sistema aperto, e non può essere che un sistema aperto.

Il senso della natura è quello di una natura che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La natura è un sistema chiuso, e non può essere che un sistema chiuso.

Il senso della civiltà è quello di una civiltà che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La civiltà è un sistema aperto, e non può essere che un sistema aperto.

Il senso della natura è quello di una natura che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La natura è un sistema chiuso, e non può essere che un sistema chiuso.

Il senso della civiltà è quello di una civiltà che si è sviluppata in un mondo finito, e che ha creato un mondo finito. La civiltà è un sistema aperto, e non può essere che un sistema aperto.