

Sinergetica – la scienza della interazione

Relazione di Hermann Haken alla “Giornata internazionale della Filosofia” (Club Unesco Erice, ICIT Trapani, Università di Trapani), 19.11.2009 Aula Magna dell'Università.

Un aspetto importante del fare scienza è il dialogo. Nella mia relazione voglio fornire un contributo al dialogo fra filosofia e scienze naturali dal punto di vista dello scienziato naturale.

Anche se possiamo osservare già nell'antichità la propensione alle scienze naturali e la penetrazione nella loro cultura, si può affermare che la scienza naturale moderna comincia con gli esperimenti della caduta di Galileo nonché con le misurazioni astronomiche grazie all'invenzione del telescopio.

La scienza naturale, in modo particolare la fisica, è contrassegnata dalla correlazione fra esperimento e teoria nonché dal principio della falsificabilità. Come ci fa vedere in modo esemplare Galileo, dalla varietà dei fenomeni naturali ne viene estrapolato un ambito ristretto, diciamo un sistema limitato, per esaminare le sue regolarità isolandole dal contesto che lo circonda. Nonostante la limitatezza dell'esperimento si spera, almeno in molti casi, di arrivare sulle tracce di regolarità generiche, quindi delle leggi generali della natura.

Per quanto riguarda questi tentativi, anche le applicazioni tecniche giocano un ruolo. Un bell'esempio ne è la termodinamica, cioè la scienza del calore. Questa teoria è stata sviluppata intensamente, certo anche per la sua applicabilità alle macchine a vapore. Una scoperta importante era – indipendentemente dalla termodinamica – la scoperta del principio di conservazione dell'energia, soprattutto da parte di Julius Robert Meyer.

Anche nella termodinamica viene esaminato un sistema separato in modo preciso da ciò che lo circonda; sistema significa qui: un insieme di parti singoli che possono stare in correlazione fra di loro. Un esempio standard per un sistema può essere un gas in un recipiente. In un gas del genere le singole parti – le molecole – si muovono in modo confuso. Anche se noi le mettessimo in un dato momento in ordine uno accanto l'altro, dopo breve tempo si troverebbero di nuovo nel loro stato disordinato muovendosi furiosamente in tutte le direzioni. I fisici hanno introdotto il termine “entropia” per una grandezza che viene interpretata come una misura del caos di un sistema fisico. Per il secondo principio della termodinamica in un sistema chiuso – come per esempio il gas nel nostro recipiente – l'entropia, partendo da uno stato ordinato, diventerà

sempre più grande fino al raggiungimento di un valore massimo. Questo principio è stato estrapolato in seguito sull'intero universo. Ma secondo questo principio l'universo dovrebbe tramontare nel caos o, con altre parole, morire al raggiungimento del massimo disordine possibile.

Questo principio della sgretolamento dell'ordine sta in forte contraddizione con le nostre esperienze quotidiane, osservando, per esempio, la grande quantità di formazioni strutturali nella natura animata. Ancora fino alla metà dell'ultimo secolo non era chiaro come la fisica avrebbe potuto spiegare questa contraddizione.

Bene, io avevo la grande fortuna all'inizio degli anni 60 di aver a che fare un esempio fisico che mi permetteva di studiare dettagliatamente come la natura supera questa contraddizione apparente. Si tratta di una nuova fonte di luce, allora completamente nuova: il laser. Qui abbiamo delle molecole di gas all'interno di un tubo di vetro che vengono stimulate in continuazione tramite elettricità immessa dall'esterno; come risultato sono in grado di emanare luce. In una lampadina normale le singole molecole emanano onde di luce in modo indipendente fra di loro. Confrontando le onde di luce del laser con le onde di acqua possiamo dire che, mentre buttando un pugno di ciottoli in acqua la sua superficie si muove in modo disordinato, nel caso del laser nasce una onda luminosa regolare altamente ordinata. Sembra che le molecole si diano appuntamento per comportarsi in modo sincronizzato.

Due cose sono qui da sottolineare in modo particolare: il fenomeno della autoorganizzazione o autostrutturazione - che possiamo osservare qui - è valido solo a partire da un determinato valore di elettricità immessa. E inoltre: le molecole sanno da sole cosa devono fare. Il sistema sottostà quindi al sistema della autoorganizzazione spontanea. Grazie all'esempio del laser abbiamo sviluppato una procedura matematica, una metodologia e un sistema concettuale che si può applicare a numerosi fenomeni di autoorganizzazione nella natura inanimata ma anche nella natura animata.

Permettetemi di fare un breve schizzo della formazione concettuale della sinergetica: Esaminiamo quindi sistemi che consistono da molte parti singole che interagiscono fra di loro. Può capitare che il sistema ha a che fare con influenze apparentemente non specifiche, come per es. l'immissione di elettricità durante lo scarico del gas. Queste influenze sono chiamate "parametri di controllo". Nel caso in cui questi parametri vanno oltre un limite critico, lo stato iniziale, per esempio quello del disordine, diventa instabile; il sistema tende a lasciare questo stato. Raggiunto questo limite di instabilità, abbiamo a che fare, come dimostra il trattamento matematico, con entità di tipo

completamente nuovo che non si possono più descrivere a livello delle singole parti. Abbiamo a che fare con l'emergere di una nuova qualità. Per quanto riguarda l'esempio del laser, questa nuova qualità è il comparire di onde di luce coerenti cioè che vibrano in modo completamente uniforme: un fenomeno che non possiamo trovare nella natura ma che è soltanto una caratteristica specifica del laser.

Come ci fa vedere la procedura matematica, le variabili emergenti – le cosiddette “cartelle” – hanno due funzioni: descrivono le qualità macroscopiche del sistema (nel caso del laser, l'onda di luce coerente), ma – e questo è molto importante – governano a loro volta la radiazione delle singole molecole. Il loro effetto è quindi quello di un burattinaio che fa ballare i pupi secondo un certo ritmo. Ma al contrario di un burattinaio, qui le singole molecole interagiscono e tramite questa interazione sono loro a generare la cartella, cioè il burattinaio. Questo è un esempio tipico di causalità circolare: la cartella determina il comportamento delle molecole, mentre loro generano viceversa la cartella.

Questo principio gioca un ruolo centrale in una gran quantità di fenomeni di autoorganizzazione. I principi scoperti nella sinergetica sono validi ben oltre le scienze naturali. Pensiamo per esempio alla lingua di un popolo, possiamo dire che la lingua funziona come una cartella. Quando nasce, un bambino impara la lingua di un popolo (diremmo nel gergo specialistico della sinergetica che il comportamento del bambino dipende dalla lingua che lui stesso fa poi avanzare). Per sopravvivere l'individuo non può sottrarsi alla lingua, non può vivere senza quel modo di comunicare, finché vive all'interno dello stesso gruppo sociale. Quello che abbiamo appena detto può essere eventualmente anche valido per le minoranze di una nazione fintantoché i loro membri vivono in gruppi sufficientemente isolati dal resto, il che comunque deve significare ancora che ci deve essere un numero sufficiente di interpreti o mediatori.

Abbiamo sostenuto che questo meccanismo di asservimento vale anche per altri aspetti della vita sociale, per esempio per quanto riguarda l'opinione pubblica. Fino a che punto un individuo è influenzabile dall'opinione pubblica e fino a quale punto si associa ad essa o si vede costretto ad associarsi ad essa, come possa avvenire in un dittatura? Qui voglio solo accennare a questa problematica che è in modo strettissimo collegata alla problematica della libera volontà.

Prima di ritornare su questo argomento, però, facciamo un grande salto alla teoria del cervello. L'esplorazione del cervello con metodi fisici, chimici, fisiologici consiste soprattutto nell'analisi dettagliata della struttura e della funzione delle singole parti che lo compongono: delle cellule, dei neuroni quindi fino alle membrane, ai ricettori, alle biomolecole. Ma accanto a queste

cose, ci sono anche altri fenomeni che il cervello, o almeno parti del cervello, manifestano nel loro insieme: la percezione visiva o acustica, comandare i movimenti degli arti, ma anche prendere una decisione, ecc. Tutti questi fenomeni hanno bisogno della interazione di moltissimi neuroni. Chi determina l'interazione di questi neuroni? Un paio di anni fa Sir John C. Eccles, il famoso esploratore del cervello, paragonava quest'ultimo ad una macchina e lo spirito con il programmatore della macchina. Questa è una tesi che attualmente non viene sostenuta da quasi nessuno studioso del cervello. Da un po' di tempo, da parte mia, ho fatto la proposta di intendere il cervello come un sistema che si autoorganizza e che quindi non ha bisogno di nessuna mano esterna che gli mette ordine. Permettetemi di spiegare questo principio tramite l'esempio concreto della percezione visuale: La percezione visiva viene elaborata nella parte anteriore del cervello, nella cosiddetta corteccia visiva. I singoli neuroni lavorano durante elaborazioni che hanno durate di alcuni millisecondi. La percezione ottica invece si sviluppa nell'arco di pochi secondi o parti di secondi. Abbiamo quindi una separazione delle scale temporali che è tipica per molti processi di autoorganizzazione. Le cartelle, infatti, si sviluppano più lentamente rispetto alle parti singole. Nel nostro caso le cartelle sarebbero i contenuti di percezione e le singole parti sarebbero i neuroni. Se prendiamo sul serio il concetto della causalità circolare, dobbiamo arrivare alla seguente conclusione: i singoli neuroni creano tramite la loro interazione la cartella (cioè il contenuto della percezione), che a sua volta influenza l'azione dei neuroni che, a loro volta, influenzano l'azione della cartella e così via, circolarmente. Questo esempio ci apre un interessante porta di accesso al problema mente-corpo. Il corpo (i neuroni) e la mente (i contenuti di percezione) si condizionano reciprocamente. Per dirlo con Spinoza possiamo affermare che corpo e mente sono le due facciate della stessa moneta.

Durante la percezione, la memoria associativa gioca un ruolo essenziale. Questo significa, infatti, che contenuti mancanti vengono aggiunti affinché si crei un'immagine completa. Per es. siamo in grado di riconoscere un viso parzialmente scoperto, oppure siamo in grado di associare un nome ad un viso. [QUI FIG. 6] Tutta una serie di fenomeni, in particolare di natura psicofisica, possono, in questo modo, essere compresi qualitativamente, a volte anche matematicamente, come il riconoscimento di figure ambivalenti [QUI L'ALTRA FIG.] dove, p. es. ci appaiano, a turno, due vasi e poi una faccia.

Se continuiamo a seguire questo principio, che contiene sicuramente risultati essenziali, in modo **acritico**, ci dirigiamo in una strada senza uscita. Perché arriveremmo alla conclusione che il cervello umano sarebbe una specie di

macchina, nel senso di una *inference machine*, cioè una macchina deduttiva che elabora soltanto stimoli esterni per formarne un modello dell'ambiente. Questo modo di vedere le cose è troppo limitato. Da una parte dobbiamo tener conto dell'equipaggiamento genetico, dall'altra delle interazioni sociali. L'uomo è inserito in una complessa struttura azione/effetto. Voglio citare solo un aspetto: il problema della libera volontà. Negli ultimi anni si sosteneva, soprattutto da parte di studiosi del cervello tedeschi, che la libera volontà fosse solo un epifenomeno, in quanto il cervello avesse già sempre preso la decisione. Voglio illustrare la **mia** risposta riguardante la problematica con un altro esempio della sinergetica: la transizione da uno stato del sistema in un altro. Qui possiamo vedere infatti che esiste un particolare meccanismo: dapprima, attraverso circostanze esterne o interne, si determina la disposizione del sistema (nel gergo specialistico della sinergetica si parla del "paesaggio potenziale"). Poi ci vuole un impulso per far scattare la transizione. Questo impulso può essere un avvenimento casuale. Decisivo affinché un'azione venga effettuata non è, in questo scenario, solo l'impulso spontaneo, ma in fondo la disposizione potenziale che influisce alla fine su tutta la personalità.

Se guardiamo indietro su ciò che abbiamo detto, possiamo riconoscere una gerarchia che parte da molecole e cellule di nervi attraverso organi, l'uomo intero e la società. Su ogni livello vale l'emergere di nuove qualità, come anche il principio della causalità circolare. Con questa immagine abbiamo, di nuovo, solo captato un piccolo frammento della realtà in quanto l'uomo fa parte, a sua volta, del suo ambiente, della natura. Natura che l'uomo ha cominciato a trasformare e, possiamo dire, minaccia a trasformare, in misura crescente.

Spero di avere dato con queste mie parole un piccolo spunto di riflessione per ulteriori considerazioni, specialmente di carattere filosofico.

Traduzione: Marion Weerning