

*Systema Naturae*, 2004, Vol. 6, pp. 280-301

## **IL DIALOGO FRA L'UNO E IL MOLTEPLICE**

Ermanno De Fazi

*Viale G. Matteotti 25A, 00053 Civitavecchia (RM) – Italy*

e-mail: [ermanno\\_de\\_fazi@libero.it](mailto:ermanno_de_fazi@libero.it)

Di quanti ho udito gli insegnamenti, nessuno è giunto  
a conoscere che la Sapienza è disgiunta da tutte le cose.  
ERACLITO, *Dell'Origine*, Fr. 36

### **Introduzione**

Devo la stesura di questo articolo, o meglio la direzione intrapresa nell'elaborazione del suo oggetto, all'ascolto di una sinfonia ed alla lettura di un brano poetico. La sinfonia è la *n.4 in sol maggiore* di Gustav Mahler[1], la poesia è *The Love Song of J. Alfred Prufrock* di Thomas Stearns Eliot[2]. Le due produzioni artistiche sono complementari: se il «Die Welt als ewige Jetztzeit»<sup>1</sup> – immagine con cui idealmente Mahler ha intitolato il primo movimento – evoca il carattere metafisico di un mondo a noi estraneo, privo di causalità, il «Do I dare disturb the universe?»<sup>2</sup> di Prufrock è il ritratto di un uomo che cerca, nella propria esistenza, una causalità «dopo i tramonti e i cortili, ... dopo i romanzi, dopo le tazze da tè, ... e tante altre cose», senza la quale non potrebbe darsi un racconto.

Il soggetto delle visioni musicali, o poetiche, è lo stesso e lo rivela un verso della cantata sinfonica di Mahler, nel testo del 4° movimento:

Il tumulto mondano non s'ode nel Cielo!

---

<sup>1</sup> Il mondo come eterno presente.

<sup>2</sup> Avrò il coraggio di disturbare l'universo?

La profonda atmosfera di questa musica assoluta è infranta dalla consapevolezza di non poter essere, al tempo stesso, simbolici e realisti.

I due grandi sistemi assiomatici, meccanica classica e quantistica, divergono in modo particolare nella capacità di rappresentare la realtà fisica, intesa come *stato individuale (o macroscopico) di un sistema descritto da un singolo risultato dell'osservazione*.

Nell'ambito della descrizione classica, la realtà è giudicata vera o falsa da tutti gli osservatori, che condividono la scala temporale e la posizione occupata nello spazio. Questo punto di vista ha consentito di elaborare un concetto di Natura il cui presupposto è l'equivalenza tra ideazione e osservazione, con un doppio strumento di verifica: la percezione e l'astrazione dei dati ambientali. Riguardo alla meccanica quantistica, una descrizione macroscopica è ancora possibile, ma lo stato individuale di un sistema è ricostruito a partire da un insieme di osservazioni correlato ad un insieme di sistemi ideali, convergenti nella stessa dimensione spazio-temporale. In una tale dispersione fenomenologica, rischia di esaurirsi l'ambizione dell'Uomo di fondere la molteplicità della propria coscienza all'unità strutturale dell'Universo, mentre non può dissolversi la sua naturale pulsione alla conoscenza. Come afferma Aristotele, scienza e arte pervengono agli uomini quando, dalla moltitudine di nozioni che derivano dall'esperienza, si forma una credenza universale intorno ai casi simili. Per esperienza s'intende la conoscenza delle "cose individuali", mentre arte e scienza forniscono la conoscenza degli "universali".

Oggetto del presente articolo è la relazione tra esistenza e conoscenza con la quale i sistemi, naturali e artificiali, si confrontano a prescindere dal sistema assiomatico entro cui sono formulate le leggi della Natura.

## **1. I principi originari della Natura**

Il neoplatonismo di Sant'Agostino[3] – che dice di sé essere "soggetto a mutazioni" – evidenzia la ricerca del *principio d'unità*,

al quale ricondurre l'opera della saggezza umana:

«Nella virtù amavo la serenità, nel vizio odiavo la discordia: perciò in quella credevo di notare l'unità, in questo la divisione: in quella unità mi pareva di trovare i caratteri essenziali della mente razionale, della verità, del sommo bene: e in questa divisione, una certa qual sostanza della vita irrazionale e la natura del sommo male. ... Quella unità chiamavo "monade"» (*Le Confessioni*, Libro Quarto, XV)

Il principio che cerca Sant'Agostino è una "forma-apparenza" o una "mutabilità", passibile di tutte le forme in cui mutano le cose: per dirla con le sue stesse parole, cerca un "Niente-qualche cosa", o un "Ente-non Ente"<sup>3</sup>, che sia ricettivo delle forme visibili e ordinate.

Nel suo trattato *De monade, numero et figura*[4], Giordano Bruno unifica sotto il termine *monades* le disposizioni di cui la materia è dotata per giungere a quella perfezione che le è propria. La monade è l'elemento spirituale che racchiude in sé una forma da realizzare<sup>4</sup>, nel rispetto di una distinzione tra i concetti contrari (o *diades*) di potenza (nelle accezioni di capacità o possibilità) e azione (intesa come atto, corso degli eventi o rappresentazione scenica).

Una teoria della monade, nella sua completezza filosofica, è stata formulata da Gottfried W. Leibniz[5,6]. *La Monadologia* (1714) fu composta in francese per il principe Eugenio di Savoia, che la conservò come una vera e propria reliquia, mostrandola solo a pochi eletti. Dopo la morte di Leibniz (1716), fu tradotta in tedesco e pubblicata (1721) negli *Acta eruditorum*, sotto il titolo *Principia philosophiae seu theses in gratiam Principis Eugenii conscriptae*.

L'originalità della monade leibniziana consiste nell'essere una

<sup>3</sup> Nel testo latino, si legge "nihil aliquid" e "est non est".

<sup>4</sup> Nel capitolo III del trattato, si legge: «Motor unus omnibus vicissitudinem praebens, Actus unus omnia perficiens, una omnia vivificans Anima». Sono le tre proprietà della monade: *praebens* (da "praebeo", provocare); *perficiens* (da "perficio", perfezionare); *vivificans* (da "vivifico", infondere vita). In altri termini, G. Bruno indica causa motrice, causa finale e forma.

rappresentazione della molteplicità nell'unità: siamo, quindi, di fronte non alla sola possibilità di realizzare una forma intrinseca alla materia, né alla sua perfezione, ma alla particolarità di ciò che cambia e produce la varietà delle sostanze semplici esistenti in natura. Secondo Leibniz, la monade è una sostanza semplice, priva di parti<sup>5</sup>. Il concetto implica che

«Ogni cambiamento naturale si produce per gradi, qualche cosa cambia e qualche cosa resta. Per conseguenza, bisogna che nella sostanza naturale, pur non essendovi parti, vi sia una pluralità di affezioni e di rapporti»(*La Monadologia*, I, 13).

Il cambiamento è lo stato transitorio del rapporto tra unità e molteplicità che, per quanto si costituisca entro il dominio della materia, può essere rivelato per mezzo della *percezione*.

Come precisa J. Locke[7], affinché una modificazione della materia di cui è costituito un corpo (o *qualità* dell'oggetto) possa produrre una percezione, deve esserci una idea già prodotta dall'intelletto. Quindi, l'*idea* è l'oggetto come viene concepito nella nostra mente e la *qualità* è il suo potere di produrre idee.

La qualità, definita *denominazione intrinseca*, è posta da Leibniz a fondamento dell'essere. Il divenire è correlato al passaggio da una percezione all'altra e l'azione interna che sottende il cambiamento è definita *appetizione*. L'appetitus (nel significato di desiderio, istinto) è la proprietà della monade necessaria a determinare la transizione dalla potenza all'atto. In questo modo le monadi possono raggiungere un certo grado di perfezione: Leibniz parla di *Entelechie*, termine aristotelico con cui si contempla quella capacità che rende le monadi fonti delle loro azioni esterne. Qualora la sostanza semplice sia dotata di percezione e appetizione, la monade è definita *Anima*.

La correlazione tra questi concetti è così espressa dal filosofo tedesco:

---

<sup>5</sup> Leibniz presenta questo concetto nella *Teodicea* (Discorso preliminare sulla conformità della fede con la ragione, 10): «vi sono necessariamente sostanze semplici e prive di estensione per tutta la natura».

«Così, per quanto ogni Monade creata rappresenti l'universo intero, essa rappresenta più distintamente il corpo che le è particolarmente assegnato e di cui essa costituisce la Entelechia; e poiché questo corpo, per la connessione di tutta la materia nel pieno, esprime tutto l'universo, anche l'anima, in quanto rappresenta quel corpo che le appartiene in modo particolare, rappresenta tutto l'universo. ... Di qui si vede che nella più piccola parte di materia v'è un mondo di creature, di viventi, d'animali, d'entelechie, di anime»(*La Monadologia*, III, 62).

## 2. La determinazione degli enti fisici: unità e molteplicità

Una delle deduzioni epistemologiche a cui giunge Galileo riguarda lo spirito umano, che nel procedere verso la verità si esprime con la stessa autenticità della Natura. Ricorre, inoltre, ad una distinzione filosofica dei due diversi modi dell'intendere[8]: a) *extensive*; b) *intensive*<sup>6</sup>.

La prima modalità è quella che s'addice al sapere enciclopedico. Scrive Umberto Eco in *Il Nome della rosa*: «una biblioteca non è uno strumento per distribuire la verità, ma per ritardarne l'apparizione». La conoscenza, in questa prospettiva, non è altro che una semplice esperienza tratta dalla somma totale dell'esistenza. L'avverbio "intensive", invece, è un esplicito richiamo al rigore logico che sovrintende l'indagine scientifica.

In termodinamica, gli stessi termini servono a differenziare le grandezze variabili[9]: a) *v. intensive*, cioè le proprietà che il sistema condivide con le singole parti da cui è formato, indipendentemente dalla propria dimensione(ad es. temperatura, pressione); b) *v. extensive*, ovvero le proprietà legate alle

<sup>6</sup> Nella Prima Giornata del Dialogo, l'interlocutore Salviati, nel definire il termine *extensive* dichiara: «quanto alla moltitudine degli intelligibili, che sono infiniti, l'intender umano è come nullo»; mentre «pigliando l'intendere *intensive*, in quanto cotal termine importa intensivamente, cioè perfettamente, alcuna proposizione, dico che l'intelletto umano ne intende alcune così perfettamente, e ne ha così assoluta certezza, quanto se n'abbia l'istessa natura».

dimensioni del sistema (ad es. massa, volume).

Rispetto alle proprietà intensive, i costituenti minimi di un sistema macroscopico possono essere inclusi nel concetto generale di *grandezza multiplamente estesa*[10], alla stregua delle grandezze spaziali. Se le suddette proprietà possono essere traslate da un costituente all'altro in modo continuo o discontinuo, il processo di determinazione darà luogo, rispettivamente, ad una molteplicità continua, o discreta, e le componenti singole assumeranno il ruolo di "determinanti" del sistema.

Nel primo caso i determinanti prendono il nome di *punti*, mentre nel secondo si parla di *elementi*. Le singole parti determinate di una molteplicità, distinte mediante un contrassegno od un confine, si chiamano *quanti*. Il loro confronto quantitativo avviene per le grandezze discrete con la numerazione, per quelle continue con la misura.

Se tale operazione non può essere effettuata, le grandezze non sono più esprimibili mediante una unità, ma soltanto come *regioni* in una data molteplicità. In ogni caso, anche per grandezze incommensurabili, dal processo di determinazione si ottengono "parti", che esprimono le proprietà del "tutto". Il percorso filosofico, dalla immutabilità dell'Essere alla infinità pluralità dei principi ultimi che lo costituiscono, è segnato dall'introduzione del concetto di *omeomeria*, termine con il quale Aristotele indica quelle entità, introdotte da Anassagora, le cui *parti* sono simili al *Tutto*. Con gli Atomisti, inoltre, i principi originari acquisiscono il carattere dell'intelligibilità, superando gli esiti monistici della Scuola Eleatica (Essere, Non-Essere).

E' eloquente l'espressione di Metrodoro di Chio [11]:

Esiste tutto ciò che si conosce.

In tale aforisma si scorge l'archetipo cognitivo della logica matematica, intesa come costruzione non arbitraria di concetti: i predicati del linguaggio non esistono separatamente dal mondo.

La filosofia greca ci presenta gli elementi costruttivi del *Tutto* in due forme primigenie:

- a) *originario qualitativo*: Empedocle (terra, acqua, aria, fuoco),

Anassagora (omeomeria);

b) *originario quantitativo*: Pitagora (numero), Democrito (atomo).

A prescindere dalla forma in cui sono espressi, gli elementi sono Esseri indifferenziati e non mutuamente deducibili. Nelle argomentazioni di Zenone, l'Uno non può essere infinitamente divisibile in quanto non è unitariamente definibile rispetto alle condizioni reali "avere grandezza e massa" e "avere parti". Per Democrito, invece, l'Universo è infinito (apeiron) e formato da infinito vuoto (Non-Essere) e dal pieno (Essere): quest'ultimo è a sua volta costituito da un numero infinito di atomi. Nella definizione, all'aggettivo atomo (indivisibile, privo di parti) viene affiancato il sostantivo idea (forma), che implica il concetto di intelligibilità. Da ciò si comprende come il ricorso ad un principio di ontogenesi logica, sia per confutare che per affermare l'autenticità del molteplice, rappresenti l'inizio di una ricerca filosofica volta ad individuare un vero carattere differenziativo nella struttura della materia. Gli Eleati hanno evidenziato relazioni di opposizione tra concetti puri, ma il criterio di accesso degli enti fisici alla conoscenza, ovvero la formulazione del *principio di contraddizione*(PdC) si deve all'opera di Platone ed Aristotele, sebbene nessuno dei due sia riuscito a dimostrarlo.

In Platone[12], la formulazione del principio di contraddizione si ritrova nelle seguenti espressioni tratte da *La Repubblica*:

«E' evidente che una stessa cosa non vorrà comportarsi attivamente o passivamente nella stessa cosa e verso la stessa cosa, in modo ad un tempo opposto; sicchè se troviamo che ciò appunto ha luogo in loro, sapremo che essi non son la stessa cosa, ma più cose diverse»(IV, 436b – c);

«Nulla dunque di questo genere, ove sia detto, ci renderà perplessi, né ci persuaderà che una cosa restando la medesima possa mai nella stessa cosa e verso la stessa cosa subire o avere o produrre fenomeni opposti tra loro»(IV, 436e – 437a).

Tale principio viene ripreso da Aristotele nella *Metafisica*[13]:

«E' impossibile che la stessa cosa insieme inerisca e non inerisca alla medesima cosa e secondo il medesimo rispetto; e si aggiungano tutte le altre determinazioni che si potranno aggiungere per evitare le difficoltà di carattere dialettico»  
(IV, 3, 1005b 19 – 22).

Jan Lukasiewicz[14], nell'ambito del pensiero aristotelico, individua differenti formulazioni del PdC, attraverso i quali un qualsiasi ente fisico è determinabile solo in riferimento ai concetti di attributo, giudizio e convinzione. Se con il termine oggetto intendiamo tutto ciò che non contiene elementi in contraddizione, si può applicare il PdC ai seguenti ambiti:

- 1) *ontologico*: nessun oggetto può possedere e non possedere uno stesso attributo nello stesso tempo;
- 2) *logico*: non possono essere veri nello stesso tempo due giudizi, dei quali uno assegna all'oggetto proprio quell'attributo che dall'altro gli viene negato;
- 3) *psicologico*: due convinzioni, a cui corrispondono giudizi contraddittori, non possono sussistere, nello stesso tempo, nella mente.

In termini espliciti, il principio di non contraddizione afferma l'impossibilità dell'Essere ad assumere simultaneamente forme distinte.

Si tratta ora di chiedersi se le tre formulazioni esprimano lo stesso principio o tre principi differenti.

Lukasiewicz risponde distinguendo la nozione di sinonimia da quella di equivalenza. Due termini sono sinonimi se si riferiscono al medesimo referente: i termini attributo, giudizio e convinzione hanno referenti diversi, ne consegue che le tre formulazioni non sono sinonime. Rimane da determinare se siano equivalenti, cioè se la verità dell'una implichi la verità dell'altra, e viceversa. L'argomentazione di Lukasiewicz giunge alle seguenti conclusioni: nel pensiero aristotelico il PdC-ontologico e il PdC-logico sono

equivalenti; invece, il PdC-psicologico non è equivalente agli altri due. Il contesto unitario entro cui avviene il processo di determinazione può essere definito *sostanza*, che identifica la condizione per cui l'oggetto può esistere e produrre effetti.

La determinazione ontologica rende ragione dell'*esistenza* di un oggetto, quella logica lo predispone alla *conoscenza*.

Il concetto di sostanza conduce al “monismo ontologico”, ovvero l'unione di esistenza e conoscenza, che in Baruch Spinoza[15] assume l'aspetto dell'identità tra Essere e Natura:

«Ma poiché le leggi della natura, come già dimostrammo, si estendono all'infinità delle cose e sono da noi concepite sotto un certo carattere di eternità, e la natura, conformemente alle sue leggi, procede secondo un ordine fisso ed immutabile, così queste leggi ci mostrano, in qualche modo, l'eternità, l'immutabilità e l'infinità di Dio». (cap. VI)

Dio, insieme alla Natura, ha creato le leggi e le regole della Natura<sup>7</sup>.

### 3. I costituenti elementari della materia

In un sistema macroscopico, l'introduzione del concetto di costituente elementare è orientata dalla necessità di evidenziare le proprietà additive di alcune grandezze termodinamiche. Indicato il numero  $N$  ( $\gg 1$ ) di costituenti elementari di un sistema termodinamico, l'energia interna si comporta come una grandezza estensiva, descritta con una legge di scala senza tenere conto della natura di tali costituenti. Se consideriamo che gli elementi possano assumere uno dei  $k$  livelli di energia, ammessi in una sequenza discreta  $E_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ), l'energia complessiva del sistema sarà  $E_{tot} = \sum n_i E_i$ , dove il livello  $i$ -esimo energetico è occupato dagli  $N$  elementi, secondo l'ordine  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$ .

---

<sup>7</sup> Ritroviamo lo stesso pensiero nella *Teodicea* di Leibniz: «Egli [Dio] usa nel miglior modo possibile le leggi della natura da lui stabilite» (cap. 357).

Al limite termodinamico, ottenuto per  $N \rightarrow \infty$ , la probabilità di occupazione è  $p_i = n_i/N$  e la legge di conservazione dell'energia, quindi, assume la seguente forma:

$$3.1 \quad \frac{E_{tot}}{N} = \sum_{i=1}^n p_i E_i$$

dove  $E_{tot}/N$  è il valore dell'energia media posseduta dagli elementi del sistema. Ludwig Boltzmann indica con il termine di *complezione* ognuna delle possibili configurazioni del macrostato, in cui gli elementi sono indistinguibili rispetto all'energia media. Il numero di complessioni  $W$  caratterizzanti il sistema è dato dal coefficiente multinomiale

$$3.2 \quad \binom{N}{n_1, n_2, \dots, n_k} = \frac{N!}{n_1! n_2! n_3! \dots n_k!}$$

che fornisce la probabilità statistica di un macrostato del sistema.

Nelle complessioni le *parti* si pongono come osservatori del *Tutto* e stabiliscono attribuzioni e proprietà, per poter figurare come elementi costitutivi di un *insieme*, concetto matematico che merita alcune precisazioni. Nella teoria di George Cantor sono contemplate per la nozione di insieme le seguenti proprietà:

1) l'*esistenza*, in corrispondenza ad ogni molteplicità, di elementi distinti

caratterizzabili dalla medesima condizione;

2) la *determinazione* completa degli elementi;

3) la *sostanzialità*, nel duplice aspetto di:

a) *individualità*: capacità al pari di ogni altra sostanza individuale a

godere di attributi (ad essere, cioè, elemento di molteplicità);

b) *assolutezza*: indipendenza dal linguaggio<sup>8</sup>.

Le successive elaborazioni hanno considerato che l'esistenza degli insiemi è subordinata ad un criterio di appartenenza di un ente

---

<sup>8</sup> Nel senso che un insieme e le sue proprietà sono indipendenti da ogni nostra possibilità linguistico-teoretica di caratterizzarli.

(inteso come elemento) ad un altro (inteso come insieme).

Bertrand Russell e Alfred North Whitehead individuarono tale criterio nella proprietà degli elementi: l'esistenza degli insiemi corrisponde a molteplicità i cui elementi sono omogenei. Ernest Zermelo prese in esame la natura delle molteplicità: si devono ammettere solo gli insiemi corrispondenti a molteplicità costituitesi attraverso l'applicazione di determinati processi. Il sistema di assiomi ideato da John von Neumann opera una distinzione tra insieme e classe, rispetto all'assunzione che ogni insieme possa o no entrare a far parte di altri insiemi. Von Neumann<sup>9</sup> ritenne opportuno individuare due tipi di aggregati: gli insiemi, che possono essere membri di una classe, e le classi, che non possono, a loro volta, appartenere ad una classe. Possiamo enunciare, quindi, che un macrostato di molteplicità  $W$  (dal vocabolo tedesco *Wahrscheinlichkeit*, probabilità) è un insieme di  $W$  microstati equiprobabili. Da un punto di vista qualitativo, quindi, la configurazione più probabile del sistema verrà raggiunta entro il macrostato con massimo numero di microstati disponibili, nonché compatibili con la conservazione dell'energia e del numero di elementi del sistema. Gli stati macroscopici di equilibrio sono descritti da un numero esiguo di variabili intensive, mentre gli stati microscopici sono determinati da un numero elevato di parametri (nell'ordine di  $10^{20}$ ).

Nella traslazione della conoscenza dal microscopico al macroscopico intervengono complessi fenomeni statistici per cui le singole componenti del sistema contribuiscono a comportamenti collettivi perdendo la propria individualità. Per giungere ad una rappresentazione matematica della molteplicità nell'unità ricorriamo al concetto di *informazione* ( $H$ ).

Utilizzando la nota formula di Stirling per l'approssimazione della

$$\ln(n!) = n \ln n - n$$

si ottiene l'equazione [16]:

---

<sup>9</sup> Le ricerche di Von Neumann furono riprese da Kurt Gödel e Paul Bernays: dalle rispettive iniziali, il sistema viene ora indicato con l'acronimo NGB.

$$3.3 \quad \frac{1}{N} \ln W = H(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k) + f(N)$$

dove  $f(N)$  è una funzione della complessità computazionale, ovvero della quantità di risorse che un algoritmo richiede per terminare: al limite termodinamico avremo  $f(N) = O(g(N))$ , con  $g(N) = (1/N)\ln N$ . Nella precedente equazione,  $H(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k)$  è una misura dell'incertezza del sistema nella conoscenza dei propri costituenti e deve rispettare il 2° teorema di Shannon[17]:

- 1)  $H$  deve essere continua in  $p_i$ ;
- 2) se tutte le  $p_i$  sono uguali  $p_i = 1/N$ , allora  $H$  è una funzione monotona crescente di  $N$ ;
- 3) se la scelta è suddivisa in due successive scelte, il valore di  $H$  è dato dalla somma dei valori degli  $H$  individuali.

Il teorema in esame afferma: la condizione che soddisfa le tre proprietà è rappresentata da

$$3.4 \quad H(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k) = -K \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$$

dove  $K$  è una costante positiva, legata all'unità di misura (per semplicità

si consideri  $K=1$ ). Per convenzione si pone  $0 \ln 0 = 0$ .

L'equilibrio termodinamico verifica le seguenti condizioni:

a) esistenza dei costituenti elementari

$$S_i = -k_B \ln p_i$$

b) conoscenza dei livelli energetici

$$S_i = \frac{E_i}{T}$$

dove  $S_i$  è l'entropia del singolo livello energetico e  $k_B$  è la costante di Boltzmann. Con opportune sostituzioni, l'energia media indicata nella 3.1 assume la forma

$$3.5 \quad \frac{E_{tot}}{N} = H(p)k_B T$$

E' evidente l'analogia con l'energia cinetica media (per grado di libert ) che, indipendentemente dalla propria natura, una molecola assume nel campo di radiazione di Planck, alla temperatura T, il cui valore    $k_B T/2$ .

In questo caso, l'informazione   calcolata rispetto alla condizione binaria  $H(p, 1 - p)$ , con  $p = 1 - p = 1/2$ . I singoli eventi, assorbimento o emissione di energia radiante, hanno lo stesso significato e lo stesso contenuto di informazione, quindi  $H(p) = 1/2$ .

L'energia  $k_B T$  esprime il carattere ontologico del singolo elemento, mentre l'informazione  $H(p)$  lo rende intelligibile; in tutto questo, l'entropia svolge il ruolo che Platone[18] ha assegnato al *metaxis* (o intermedio), concetto mediante il quale si supera l'antitesi tra mondo ideale e mondo sensibile. Il *metaxy*   il simbolo della "partecipazione" (*methexis*) dell'Essere alle sue forme.

L'equilibrio termodinamico   espressione di quel perfetto accordo tra esistenza e conoscenza a cui si da il nome di *natura* del sistema. Esposta al flusso del divenire, la natura lascia il posto alla *sostanza*, condizione nella quale il sistema interagisce con l'ambiente.

#### 4. Dalla monade al concetto di Sistema

La Teoria dei Sistemi   l'evoluzione del concetto di monade. Secondo la definizione di Ludwig von Bertalanffy[19], *un sistema   un insieme di parti interagenti*. Le parti (o elementi) sono i determinanti del sistema ed hanno carattere unitario.

Possiamo trarre dall'eredit  del platonismo la seguente affermazione: l'unit  spetta alle idee, la molteplicit  ai fenomeni. Un insieme di dati costituisce un fenomeno: la sua molteplicit    evidenziata dall'utilizzo dei dati nella costruzione di diversi modelli descrittivi, istruttivi e predittivi, che fanno del fenomeno un oggetto. L'idea correlata al fenomeno   un contesto unitario di relazioni tra elementi logici e ontologici.

L'esperienza di Locke e Leibniz ci orienta alle seguenti definizioni: la *percezione* è una raccolta di qualità (o predicati) presentate dall'oggetto; l'*osservazione* è una proposizione che verifica gli stessi predicati.

In questo passaggio, l'oggetto rinuncia alla "sostanzialità", ponendo l'unità del proprio essere entro la molteplicità cognitiva dell'osservatore.

L'equazione di Shannon è valida per dati acquisiti mediante un singolo evento. Calcolando la distribuzione di probabilità sul parametro

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$$

avremo, in base alla 3.4

$$H(p) = - \sum_{i=1}^N p_X(x_i) \ln p_X(x_i)$$

a cui si dà il nome di *entropia di Shannon*.

Tale entropia è il valore medio del guadagno d'informazione relativo a tutti i livelli ammissibili. A volte può essere utile ricorrere alla *entropia di Rényi*[20], mediante l'introduzione di un parametro continuo  $q$  che dipende dal numero di eventi necessari all'estrazione di un dato  $x \in X$ :

$$4.1 \quad H_q(p) = \frac{1}{1-q} \ln \left( \sum_{i=1}^N p_X^q(x_i) \right)$$

L'entropia di Rényi è stata definita per valori positivi di  $q \neq 1$  e le condizioni di Shannon sono raggiunte al limite

$$\lim_{q \rightarrow 1} H_q(p) = H(p)$$

All'entropia di Shannon può essere assegnata la notazione  $H_1$ .

La quantità  $r$ , utilizzata anche in meccanica quantistica, è

denominata *indice di coincidenza*, valido per eventi a determinazione binaria:

$$4.2 \quad r = \sum_{i=1}^N p_X^2(x_i) = \exp[-H_2(p)]$$

il valore di  $r$  è correlata al concetto di *purezza*: più alto è il valore di  $r$ , più

“puro” è lo stato che descrive. Cosa s’intende per *stato puro*? Il concetto sia in meccanica classica che quantistica[21], ha il significato di quantità massima d’informazione che un osservatore può avere riguardo all’oggetto in esame. Siano  $p(x)$  e  $q(x)$  le probabilità di un evento in due diverse condizioni operative. La distanza euristica tra le due distribuzioni è detta *divergenza di Kullback-Leibler*(22,23):

$$4.3 \quad D(p||q) = \sum_{i=1}^N p_X(x_i) \ln \left( \frac{p_X(x_i)}{q_X(x_i)} \right)$$

L’entropia  $D(p||q)$  assume valori nell’intervallo  $(0, \infty)$  e non essendo simmetrica non può essere interpretata come “distanza fisica”.

In termini operativi otteniamo:

A) una condizione di *certezza* :  $D(p||q) = 0$  che implica  $p = q$

B) una condizione di *assurdità*:  $D(p||q) = \infty$  che implica  $p \neq q$

La transizione dell’Essere dal mondo sensibile al mondo intelligibile genera asimmetrie, che in tale contesto sono evidenziate nella notazione

$$4.4 \quad D(p||q) \neq D(q||p)$$

Ogni osservatore è un sistema e come tale assoggettato all’insieme di assiomi che formano la teoria dei sistemi. In luogo di osservatore può essere utilizzato il termine *agente cognitivo*[24], in quanto è in grado di caratterizzare la propria esistenza mediante operazioni compiute sull’ambiente, distinguendolo dall’*agente reattivo*, che si

limita a rispondere, adattandosi, alle sollecitazioni ambientali. L'interpretazione di ogni fenomeno rilevabile nell'ambiente è irreversibile e comporta una perdita di informazione.

L'unità originaria dell'Essere è criticata da Aristotele nella *Metafisica*:

«L'essere e l'uno sono la medesima cosa e sono una unica natura, in quanto si implicano a vicenda, come il principio e la causa». (1003 b, 20 – 25)

«Quante sono le specie dell'uno, altrettante sono quelle dell'essere, ed è compito di una scienza identica per genere studiare la loro essenza». (1003 b, 30 – 35)

«Appartiene a un'unica scienza considerare gli opposti, e all'uno è opposta la molteplicità». (1004 a, 5 – 10)

Quindi, il processo di conoscenza ha due esiti distinti, rispetto ad un contesto unitario, oppure molteplice: da un lato il *genere*, dall'altro la *categoria*. Il genere è un'entità che partecipa di altre entità, entrando nella loro costituzione, mentre la categoria è una proprietà comune a entità diverse. Il genere, ontologico e "monosenso", conduce alla *ideazione*; la categoria, logica e "polisenso", rende possibile l'*astrazione*.

## 5. Il riduzionismo olistico

I tre principi su cui si basa l'inferenza scientifica di una teoria sono: *semplicità* e *parsimonia* nella scelta dei parametri; *evidenza*, per conferire significatività all'interpretazione; *molteplicità delle ipotesi*, che equivale all'elaborazione di un insieme di modelli alternativi.

L'isomorfismo scientifico con la Fisica Classica suggerisce una classificazione dei sistemi in tre classi di complessità[25,26]:

- 1) *Sistemi conservatori di informazione*, basati sull'invarianza dell'energia;
- 2) *Sistemi dissipatori di informazione*, caratterizzati

dall'aumento crescente dell'entropia del sistema;

- 3) *Sistemi amplificatori di informazione*, che mostrano fenomeni di dissipazione e auto-organizzazione.

Il "sogno aristotelico" di un approccio olistico che comprenda fisica, biologia, economia, storia ed altri fenomeni, fu rivisitato dal biologo austriaco L. von Bertalanffy, nel 1968, con la sua Teoria dei Sistemi.

La Teoria dei Sistemi descrive l'evoluzione temporale del concetto di "intero", come ad esempio un organismo vivente, in presenza di informazioni adeguate circa la correlazione esistente tra l'interazione dei costituenti e il comportamento del sistema. Poiché ogni interpretazione meccanicistica della natura origina dal riduzionismo, o è ricondotta ad esso, il pensiero aristotelico può essere definito "riduzionismo olistico".

La Scienza dei sistemi[27] utilizza un approccio comune per classi di problemi e modelli, a partire da:

- a) la distinzione fra esistenza e conoscenza;
- b) il comportamento dinamico dell'oggetto, o fenomeno studiato;
- c) l'impiego di modelli al fine di migliorarne la conoscenza;
- d) la scelta modello adatto a rappresentare fenomeni diversi;
- e) la classificazione dei modelli e delle metodologie analitiche.

Dal punto di vista euristico un sistema  $\Sigma$  è una coppia di grandezze

$$5.1 \quad \Sigma = \{V, R\}$$

dove  $V$  è l'insieme delle variabili,  $R$  è l'insieme delle relazioni tra le variabili. Un sistema dinamico  $S_D$  è definito dalla terna di variabili

$$5.2 \quad S_D = \{T, W, \Sigma\}$$

dove  $T$  è un sottoinsieme dei numeri reali  $R$ , o degli interi  $Z$ , ed è detto "insieme dei tempi", mentre  $W$  è l'insieme di funzioni definite su  $T(t_0)$ . Sia, inoltre,  $T(t_0)$  l'insieme dei tempi maggiori o uguali a  $t_0$

$$T(t_0) = \{t \in T : t > t_0\}$$

I possibili comportamenti del sistema sono determinati dal sottoinsieme

$$\Sigma(t_0) \subset W^{T(t_0)}$$

Un sistema dinamico si dice *uniforme* se esiste un unico sottoinsieme di  $W^{T(t_0)}$  che genera tutti i comportamenti  $\Sigma(t_0)$  al variare di  $t_0$ . Un sistema dinamico, invece, si dice *stazionario* se i comportamenti  $\Sigma(t_1)$  sono ottenuti da  $\Sigma(t_0)$  per effetto di una traslazione  $t_1 - t_0$ .

La definizione data di sistema dinamico corrisponde ad una *descrizione esplicita* (o funzionale) di un dato oggetto. Se si utilizza un modello matematico avremo una *descrizione implicita* (o strutturale).

La distinzione tra cause ed effetti, ingressi e uscite, genera un modello orientato. Sia l'insieme dei valori delle variabili un prodotto cartesiano  $W = U \times Y$  (dove  $U$  indica l'insieme dei valori delle grandezze di ingresso ed  $Y$  l'insieme dei valori delle grandezze in uscita). Un sistema astratto dinamico orientato  $S_{OD}$  è rappresentato dalla terna

$$5.3 \quad S_{OD} = \{T, U \times Y, \Sigma\}$$

dove  $\Sigma = \{\Sigma(t_0) \subset U^{T(t_0)} \times Y^{T(t_0)} : t_0 \in T\}$ .

Nel contesto dei sistemi orientati, il possibile comportamento a  $t_0$  è pensato in relazione alla sollecitazione esterna  $u_0(t)$ , definita da  $t_0$  in poi.

L'insieme degli stati del sistema costituisce una "parametrizzazione" dell'insieme  $\Sigma(t_0)$ , cioè delle coppie ingresso-uscita. Fissare  $u_0$  non è sufficiente ad individuare  $y_0$  perché  $\Sigma(t_0)$  è una relazione: quindi, è necessario indicare la proprietà intensiva del sistema  $x_0$ , detta variabile di stato, che assegna ad un dato ingresso  $u_0$  una uscita  $y_0$ .

$$(u_0, y_0) \in \Sigma(t_0) \Rightarrow f_{i0}(x_0, y_0)$$

dove  $f_{t_0}(x_0, y_0)$  è una funzione della variabile di stato  $x_0$  e dell'uscita  $y_0$ . Si noti che, per un dato ingresso  $u_0$ , ad una stessa uscita  $y_0$  possono corrispondere diversi valori del parametro  $x_0$ , al tempo  $t_0$ .

In termini teoretici, l'accoppiamento ingresso-uscita  $(u_0, y_0)$  costituisce la rappresentazione del fenomeno studiato, mentre la funzione  $f_{t_0}(x_0, y_0)$  è una misura della sua complessità, ovvero la quantità di risorse necessarie a descriverlo. Qualunque problema può essere pensato come una funzione il cui input è l'*istanza del problema* e l'output è la *soluzione*.

### Conclusioni

Per quanto nel monismo ontologico sia emergente il problema della causalità, Leibniz ritiene che la Natura non abbia costi da sostenere nella rappresentazione monadica dei propri costituenti, essendo affidato a Dio il compito di fornire l'informazione, di per sé infinita e inesauribile, per le necessarie operazioni computazionali.

La Natura – e in questo Spinoza sarebbe senz'altro d'accordo – risulta del tutto indifferente al problema della complessità algoritmica dei fenomeni ad essa correlati. Lo stesso non può dirsi dell'Uomo, che ha imparato a prendere le distanze dal *nulla* e dall'*infinito*, rivolgendo il proprio interesse allo studio di ciò che accade nei domini finiti.

Tuttavia, due principali quesiti hanno turbato la mente dei ricercatori: perchè la matematica, indipendente da ogni esperienza, supera bene il confronto con l'esperienza? Può l'uomo, mediante il pensiero, cogliere a fondo le proprietà delle cose reali?

Una importante chiave interpretativa dell'asimmetria che emerge nella relazione tra esistenza e conoscenza degli oggetti reali ci viene offerta da Eraclito[29]: «L'Origine ama nascondersi»(Fr.116). Tutto ciò che ha un'origine nelle cose si cela dietro le loro apparenze, pur manifestandosi anche attraverso di esse. L'origine si identifica con la natura: « si dice natura il termine primo ... a partire dal quale le cose crescono»(Aristotele, *Metafisica*, 1014 b, 15 – 20).

La *conoscenza* è il flusso di informazioni dalla molteplicità delle

percezioni all'unità cognitiva dell'osservatore; mentre l'*esistenza* è la determinazione dell'oggetto entro la molteplicità delle proprie qualità.

Se *conoscenza* ed *esistenza*, come processi coerenti, verificano lo stesso stato funzionale del sistema, otteniamo quella fase "empowered" a cui si dà il nome di *coscienza*, prevista per i sistemi intelligenti.

Ammessi che la concordanza tra le molteplicità della percezione e dell'astrazione, rispettivamente input e output dell'agente cognitivo, sia verificabile, il risultato non può che essere la *realtà*.

L'*esperienza*, così intimamente legata alla complessità dei fenomeni reali, è la concordanza tra le unità dell'osservazione e dell'ideazione.

Il pensiero fornisce, quindi, un analogo concettuale della realtà e non può essere una questione di forma. Eraclito, nel Fr.66, afferma:

Il Signore che ha l'oracolo in Delfi non dice e non nasconde, ma  
accenna.

Alla differenza tra l'oggetto reale ed il suo analogo gnostico si deve l'incertezza che accomuna l'oracolo e lo scienziato, come ascolto riflessivo o interiore intendimento, nella ricerca di quella legge obiettiva che l'Universo da sempre rivela e comunica ai propri costituenti.

**Ermanno De Fazi** è Docente di Patologia generale – Corsi di Laurea nelle Professioni Sanitarie – II Facoltà di Medicina e Chirurgia, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Sede di Civitavecchia (RM) – Anno accademico 2005/'06.

### **Bibliografia**

1. Mahler G.: *Sinfonia n.4 in sol maggiore*. Orchestra Filarmonica di Vienna, Dir. Claudio Abbado. Ed. Deutsche Grammophon (1978);
2. Eliot. T. S.: *Poesie (1905/1920)*. Roma, Newton Compton editori, s.r.l. (1995);
3. Sant'Agostino: *Le Confessioni*. Milano, RCS S.p.A. (2005);

4. Bruno G.: *De Monade, numero et figura*. In latino, a cura di F. Fiorentino. Consultabile in rete al sito: [www.bibliotecaitaliana.it](http://www.bibliotecaitaliana.it);
5. Leibniz G.W.: *La Monadologia*. Milano, RCS Collezionabili S.p.A. (2001);
6. Leibniz G.W.: *Teodicea*. Milano, RCS Collezionabili S.p.A. (2001);
7. Locke J.: *Saggio sull'intelletto umano*. Brani scelti dall'opera originale. Milano, RCS Libri S.p.A. (1996);
8. Galilei G.: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Milano, RCS Libri S.p.A. (1996);
9. Peusner L.: *Principi di bioenergetica*. Padova, Piccin Editore (1976);
10. Riemann B.: *Sulle ipotesi che stanno a fondamento della geometria* (1854). In rete: <http://matsci.unipv.it/persons/antoci/re/Riemann.pdf>
11. Andolfo M.: *Atomisti antichi*. Santarcangelo di Romagna (RN), Rusconi Libri s.r.l. (1999);
12. Platone: *La Repubblica*. Milano, RCS Libri S.p.A. (1997);
13. Aristotele: *La Metafisica*. Torino, UTET S.p.A. (2005);
14. Lukaszewicz J.: *Del principio di contraddizione in Aristotele*. Macerata, Quolibet (2003);
15. Spinoza B.: *Trattato Teologico-Politico*. Milano, RCS Libri S.p.A. (1996);
16. Petz D.: *Entropy, von Neumann and the von Neumann entropy*. In: John von Neumann and the Foundations of Quantum Physics. Kluwer, eds. M. Rédei and M. Stöltzner (2001). In rete: <http://www.math-inst.hu/~petz/7vn.pdf>
17. Shannon C. E.: *A Mathematical Theory of Communication*. The Bell System Technical Journal. Vol. 27, pp. 379 – 423, 623 – 656 (1948);
18. Hoffmann E.: *Methexis e metaxy in Platone*. In: Antitesi e partecipazione in Platone. Roma, Edizioni FERV (2002);
19. L. von Bertalanffy. *Teoria generale dei sistemi*. Oscar saggi Mondadori, Milano (2004). Traduzione italiana dell'opera pubblicata per la prima volta nel 1967 da G. Braziller Inc. (USA) dal titolo: *General System Theory: Foundation*,

*Development, Applications.*

20. Zyczkowski K.: *Rényi Extrapolation of Shannon Entropy*. Open Sys. & Information Dyn. Vol. 10, pp. 297 – 310 (2003);
21. Dalla Chiara M. L., Giuntini R.: *Popper e la logica della meccanica quantistica*. Le Scienze, n. 414, pp. 64 – 70 (2003);
22. Burnham K. P., Anderson D. R.: *Kullback–Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies*. Wildlife Reseach. Vol. 28, pp. 111 – 119 (2001);
23. Jost J.: *External and internal complexity of complex adaptive systems*. Theory in Bioscience. Vol. 123, pp. 69 – 88 (2004). Disponibile online al sito: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com);
24. Cavezzali A., Giovanni R.: *Multy-agent systems and territory: concepts, methods and applications*. European Regional Science Association, Congresso 2003. In rete: <http://www.iyu.fi/ersa2003/cdrom/papers/404.pdf>;
25. Licata I.: *Mente&Computazione*. Sistema Naturae. Vol. 5, pp. 237 – 306 (2003);
26. Licata I.: *Verso una Teoria Generale dei Sistemi Intelligenti*. Neuroscienze.net. Vol. 1, n.1 (2004);
27. Monaco S.: *Appunti di Teoria dei sistemi*. In rete: <http://w3.uniroma1.it/Monaco/TdS00-01.pdf>
28. Eraclito: *Dell'Origine*. Milano, G. Feltrinelli Editore (2005).