

## Caos e ordine nella scienza moderna

**Giovanni Villani**

*Istituto di Chimica dei Composti Organometallici (ICCOM-CNR),*

*Area della Ricerca di Pisa*

e-mail: [giovanni.villani@cnr.it](mailto:giovanni.villani@cnr.it)

---

I due concetti di caos e di ordine descrivono, a prima vista, due situazioni opposte. In realtà i due aspetti coesistono: esiste dell'ordine nel caos e del disordine nell'ordine. È questo che viene fuori dall'analisi di questi due concetti come sono utilizzati dalla scienza moderna.

*Nelle mitologie antiche il Caos è quasi sempre contrapposto al Cosmo, nel senso di universo disordinato il primo e ordinato il secondo. Nella mitologia greca il Caos è la personificazione dello stato primordiale di vuoto, buio, anteriore alla creazione. Per Platone il Caos è il luogo primigenio della materia informe e rozza a cui attinge il Demiurgo per la formazione del mondo ordinato, il Cosmo. Secondo la cosmogonia egiziana, dal Caos esistente nacque il Cosmo, inteso come forza positiva in grado di contrastarlo nella sua casualità indifferenziata e distruttrice. Anche i miti cinesi e indiani della creazione dell'universo si muovono sulla stessa linea (Figura 1).*



**Figura 1.** L'ordine fuoriesce dal caos

I concetti di caos e di ordine strutturato erano avulsi dalla fisica Ottocentesca. Il primo era considerato “intrattabile” e, quindi, eliminato. Il concetto di ordine permeava tutta la meccanica, ma nella forma semplice di un solo tipo di ordine: l’ordine delle ripetizioni periodiche. La Terra che ruota intorno al Sole o il pendolo ideale che oscilla *in eterno*, ne sono i classici esempi. Se alla meccanica Ottocentesca si aggiunge la Termodinamica, con il suo Secondo Principio, una vera e propria legge di degradazione dell’ordine dei sistemi e di “morte” di qualunque differenza, il quadro è chiaro: la fisica Ottocentesca non era in grado di spiegare da dove venissero fuori le strutture ordinate, e a volte vive, che ci circondano.

La situazione cambiò notevolmente nel Novecento. Dapprima la Meccanica Quantistica ci spiegò e giustificò le “proprietà globali” dei sistemi microscopici;<sup>1</sup> poi, nella seconda parte del secolo, le Scienze della Complessità e la Sistemica modificano radicalmente l’ottica da cui guardare questi problemi.

Dagli studi sul caos venne fuori che, mentre i veri dati casuali rimangono dispersi in una confusione indefinita, il caos (deterministico) attrae i dati in un ordine invisibile che attiva solo alcune possibilità, delle molte del disordine. Svariati scienziati studiando il caos si accorsero che forse lo stesso nome non era adeguato. Il termine “caos”, a livello etimologico, è legato a “casualità”, ma tali processi caotici producono splendidi edifici complessi senza casualità, strutture ricche, nonché belle (Figura 2).



**Figura 2.** Frattali e ordine nel caos

<sup>1</sup> G. Villani, *Complesso e organizzato. Sistemi strutturati in fisica, chimica, biologia ed oltre*, FrancoAngeli, Milano, 2008, pp. 110-114.

D'altra parte, nei nuovi sviluppi della Termodinamica, di cui Prigogine è l'iniziatore, ci si accorse che l'ordine poteva e doveva coesistere con il disordine, essere a lui complementare, per arrivare ai concetti di *order from noise* (ordine dal rumore)<sup>2</sup> e al *caso organizzatore*. Morin ci dice che tutto ciò che è fisico, dagli atomi agli astri, dai batteri gli uomini, ha bisogno del disordine per organizzarsi, per diventare sistema. È l'organizzazione che dà forma, nello spazio e nel tempo, a una realtà nuova: il sistema.<sup>3</sup> L'organizzazione produce ordine che conserva l'organizzazione che l'ha prodotta. In pratica la relazione ordine/organizzazione è di tipo circolare. Il disordine, tuttavia, non è eliminato dall'organizzazione, permane nel sistema e, quindi, accanto a un "principio d'organizzazione", esiste un "principio di disorganizzazione"; questo principio ci ricorda che nessun oggetto organizzato, nessun essere vivente possono sfuggire alla degradazione, alla disorganizzazione, alla dispersione, alla morte e che ogni creazione, ogni generazione, ogni sviluppo e ogni informazione devono essere pagati in energia.

Nella scienza del XXI secolo questi due concetti dovrebbero svolgere un ruolo determinante portando al superamento della fisica classica e della sua immagine "semplice" della Natura (Figura 3).



**Figura 3.** La complessità di uno stormo di uccelli

<sup>2</sup> H. Atlan, Sul rumore come principio di autoorganizzazione, in *Teorie dell'evento*, Bompiani, Milano, 1972, p. 35.

<sup>3</sup> E. Morin, *Il Metodo 1. La natura della natura*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2001, Capitolo 2.