

Se la complessità è semplice

di Marco Malvaldi

in “la Repubblica” del 6 ottobre 2021

La nostra capacità di conservare delle informazioni dipende da quanto dura il materiale su cui le scriviamo. Scrivere sull'acqua non garantirebbe un buon risultato: le molecole di H₂O

alle condizioni ordinarie si scordano delle loro reciproche posizioni nel giro di una frazione infinitesima di secondo — il che significa che, di solito, l'acqua è liquida. Più affidabile scrivere su altri supporti, come ad esempio le plastiche dei Dvd: si “scrive” sulla plastica cambiandone l'indice di rifrazione, e l'informazione in esso contenuta può essere letta fino a quando il materiale non perde la sua forma e le sue proprietà. E quando avviene, questo, per un materiale come la plastica? Bella domanda. Non lo sappiamo. O meglio, non possiamo calcolarlo.

La differenza fra un liquido e un solido in linea teorica è piuttosto semplice: per deformare un solido occorre forza, mentre per deformare un liquido occorre tempo. Se si aspetta abbastanza, un vetro scorrerà via come se fosse acqua. Non solo il vetro, ma anche la plastica e altri materiali condividono questo comportamento: sembrano solidi, ma in realtà sono liquidi.

La struttura dei vetri, a differenza di quella dei cristalli, è notevolmente disordinata; mentre nei cristalli gli atomi sono disposti in modo regolare, in file ben spaziate, nei vetri gli atomi e le molecole sono impaccate in modo irregolare, e ogni atomo può essere circondato da un numero di vicini altamente variabile, da poche unità a un paio di decine. La solidità del vetro, come materiale, viene proprio da questo: gli atomi sono ingabbiati in una cornice tridimensionale di altri atomi, e non riescono ad uscire dalla gabbia. Il risultato è un reticolo incasinatissimo di atomi legati ad altri atomi, che vibrano in maniera altamente imprevedibile.

La conseguenza di questo disordine strutturale è decisamente seccante: a partire dalla struttura di un vetro — cioè sapendo le posizioni degli atomi nel reticolo — non siamo in grado di calcolare quanto tempo ci metterà quel vetro a perdere la sua forma e a scorrere via. Ma possiamo trovare relazioni, prevederlo in altri modi. Studiarlo a tempi brevi e ricavare il comportamento a tempi lunghi.

Se oggi siamo in grado di capire questi sistemi lo dobbiamo principalmente a Giorgio Parisi. Parisi ha dedicato gran parte della sua ricerca allo studio di un modello molto semplice, quasi un giocattolo: il cosiddetto modello di Sherrington-Kirkpatrick, un modellino costituito da tanti piccoli magneti con due sole direzioni — Nord e Sud, su o giù — ognuno dei quali è collegato con gli altri in maniera assolutamente casuale. Dal reticolo di interazioni magnetiche, casuale, prendono forma comportamenti inaspettati, assurdi e molto simili a quelli di altri stati della materia. Dopo aver risolto analiticamente questo modello, infatti, Parisi e i suoi collaboratori sono stati in grado di interpretare la soluzione e di trovare analogie tra questo modello apparentemente semplice e un numero stupefacente di altre situazioni. È come se il modello studiato da Parisi fosse un efficacissimo interprete, un tramite tra la complessità materiale della natura e la nostra mente. E questo proprio grazie alla sua apparente semplicità, che è tale solo nella costruzione, ma non nel funzionamento.

Un modello semplice, di quelli che all'uomo della strada farebbero dire “ma a cosa serve studiare un reticolo di magneti immaginari?”. Oggi sappiamo rispondere: a studiare le proprietà fondamentali di un qualsiasi sistema complesso. La durata dei materiali, le reti neurali dei computer, la trasmissibilità di un virus, e altro ancora che al momento nemmeno ci immaginiamo.