

# Entropia, disordine e processi spontanei

☒ Quello della spiegazione del II principio della termodinamica è stato uno dei *grandi puzzles* di fine 800 e ha visto contrapposti i positivisti, sostenitori di una fisica basata sulle evidenze sperimentali e sulle sensazioni e i fisici teorici appassionati del nascente atomismo.

Dicevano i primi: il mondo microscopico non può basarsi sulle leggi della meccanica perché le leggi della meccanica contengono, nelle equazioni fondamentali gli intervalli di tempo al quadrato e dunque non distinguono tra passato e futuro. Bisogna costruire una scienza basata esclusivamente sulle due grandi leggi della termodinamica: in un sistema isolato l'energia si conserva e l'entropia cresce o resta costante. Si fece sostenitore di questa linea Ostwald premio Nobel per la chimica.

Dall'altra parte c'erano i sostenitori dell'atomismo e della fisica molecolare: Maxwell, Boltzmann e poi Einstein e Perrin. Fu Boltzmann a spiegare l'esistenza di un verso nelle trasformazioni, quello che oggi viene chiamato *freccia del tempo* e la spiegazione fu quella di far vedere attraverso la nozione di micro-stato e di macro-stato che in un qualunque sistema gli stati meno organizzati, quelli più uniformi, quelli più disordinati, si possono presentare in un numero di modi equivalenti molto superiore a quello degli stati ordinati.

Così le cose vanno per il loro verso (e noi intanto invecchiamo) non perché certe cose (che chiamiamo fluttuazioni e che corrispondono al passaggio disordine-ordine) sono impossibili, sono solo altamente improbabili. Si fa vedere che la probabilità che si verifichi una fluttuazione

significativa è inversamente proporzionale alla radice quadrata del numero di costituenti elementari e i costituenti elementari sono davvero tanti: per esempio in  $1 \text{ cm}^3$  di gas ci sono  $10^{19}$  molecole (se vi piace di più, perché odiate la matematica, diciamo dieci miliardi di miliardi) così per assistere ad una fluttuazione significativa dovremmo metterci pazientemente ad aspettare per un tempo di molto superiore alla vita dell'universo.

Ma le fluttuazioni, su certe dimensioni esistono eccome: sono le responsabili di quella strana danza che fanno le particelle di polline nell'acqua (il moto browniano) o del fatto che il cielo è azzurro invece di nero come quello dei pianeti senza atmosfera o bianco come le nubi.

Sono state proprio le fluttuazioni a consentirci di contare gli atomi e dunque dare un valore, finalmente, al numero di Avogadro. La cosa è avvenuta a inizio 900 grazie al lavoro di Jean Perrin che inventò dei geniali esperimenti messi a punto sulla base di una teoria avanzata da Einstein nel 1905.

Il capitolo è gradevole sul piano storico culturale ma le complicazioni tecniche si fanno via via crescenti man mano che si decide di andare a fondo con la deduzione delle leggi o con le applicazioni. Per questo gli apparati didattici sono diversi dal solito: i quesiti di fine capitolo sono di natura eminentemente culturale, non ci sono i quesiti delle Olimpiadi perché l'entropia alla Boltzmann è un argomento che non si presta alle gare di I livello, i problemi sono pochi e più che problemi sono approfondimenti per chi voglia scavare dentro affermazioni che nel testo sono state giustificate ma non dimostrate.

Un'ultima cosa sul legame tra battaglie di progresso nella scienza e battaglie di progresso nella società: sia Boltzmann sia Perrin sono stati esemplari in proposito battendosi per la cultura popolare, per la divulgazione, per la razionalità, per

il progresso sociale e Perrin anche sul fronte politico. Non si tratta di una storia felice: proprio negli anni del trionfo dell'atomismo per cui si era fortemente battuto, Boltzmann, nel 1906 acciaccato e sfiduciato si impiccò a Duino vicino a Trieste dove era in vacanza con la moglie. Ostwald, dopo gli esperimenti di Perrin, avrebbe dichiarato: "gli atomi esistono, Perrin li ha contati", ma ormai anche Boltzmann aveva seguito il destino della II legge: anticipandolo.

Buona lettura del [capitolo dedicato alla entropia dal punto di vista probabilistico e alla misura del numero di Avogadro](#). Da qui si va alla [pagina del corso di fisica](#).