

## Capitolo 4

# Energia negativa, sintropia e sistemi viventi

Antonella Vannini<sup>1</sup>

### 4.1 Introduzione

La descrizione delle caratteristiche dei fenomeni entropici e sintropici nasce dai lavori di Luigi Fantappiè, uno dei maggiori matematici italiani, il quale, lavorando sulle formule della fisica quantistica e della relatività ristretta, notò che tutti i fenomeni fisico-chimici determinati da cause collocate nel passato sono governati dal principio dell'entropia, mentre i fenomeni attratti verso cause collocate nel futuro (attrattori), sono governati da un principio simmetrico a quello dell'entropia che Fantappiè denominò *sintropia*.

Come noto l'entropia è descritta dal secondo principio della termodinamica, in base al quale in ogni trasformazione di energia (ad esempio trasformando il calore in lavoro), una parte di energia si dissipa nell'ambiente: quando l'energia dissipata nell'ambiente è distribuita in modo uniforme (ad esempio non vi sono più variazioni di calore), si raggiunge uno stato di equilibrio in cui non è più possibile trasformare l'energia in lavoro. Questo stato di equilibrio è anche noto come *morte termica*.

I fenomeni sintropici, al contrario, si caratterizzano per la tendenza alla concentrazione dell'energia, alla creazione di differenziazione ed ordine e al mantenimento del sistema lontano dalla morte termica. Fantappiè notò immediatamente la coincidenza tra le proprietà dei fenomeni sintropici e le qualità tipiche dei sistemi viventi.

In questo capitolo viene descritta la nascita della teoria della sintropia, avvenuta nel 1940 ad opera di Fantappiè, come esito naturale delle scoperte avvenute in fisica fino a quel tempo; inoltre, viene dedicato ampio spazio alla descrizione delle qualità tipiche dei

---

<sup>1</sup> [antonella.vannini@gmail.com](mailto:antonella.vannini@gmail.com)

sistemi entropici da una parte, e dei sistemi sintropici dall'altra.

## 4.2 Fantappiè: una breve biografia

Luigi Fantappiè nacque a Viterbo il 15 settembre 1901 e frequentò la Scuola Normale di Pisa, laureandosi in matematica pura a 21 anni, il 4 luglio 1922. Nel 1926 vinse la cattedra di Analisi Algebrica dell'Università di Firenze e nel 1927 quella di Analisi Infinitesimale dell'Università di Palermo. Le sue importanti ricerche matematiche vennero premiate con la Medaglia d'oro per la matematica della Società Italiana delle Scienze (1929), con il Premio per la Matematica dell'Accademia Nazionale dei Lincei (1931) e con il Premio Volta dell'Accademia d'Italia (1931). Nell'Anno Accademico 1931-32 tenne una serie di conferenze nelle Università di Berlino, Gottinga, Monaco, Colonia, Friburgo e Lipsia, e nel 1932 venne nominato Direttore dell'Istituto Matematico dell'Università di Bologna. Dopo aver trascorso sei anni a San Paolo del Brasile per organizzare l'Istituto Matematico, nel 1939 divenne vicepresidente dell'Istituto Nazionale di Alta Matematica dell'Università di Roma (fondato e diretto da Francesco Severi), con la cattedra di Alta Analisi. Nel 1954 venne nominato Accademico dei Lincei e nel 1955 insignito della Medaglia d'oro dei Benemeriti della Cultura dal Ministero della Pubblica Istruzione. Morì a Bagnai di Viterbo il 28 luglio 1956.

## 4.3 La Teoria Unitaria del mondo fisico e biologico

Alla fine del 1941 Luigi Fantappiè, lavorando sull'equazione energia/momento/massa e sulla sua duplice soluzione:

- +E: onde divergenti da una fonte, da una causa posta nel passato (onde ritardate);
- E: onde convergenti verso una fonte, una causa posta nel futuro (onde anticipate).

dimostrò che la soluzione +E è governata dalla legge dell'entropia, mentre la soluzione -E è governata da una legge simmetrica da lui denominata *sintropia*.

La scoperta di Fantappiè può essere considerata la naturale evoluzione delle scoperte avvenute in fisica all'inizio del Novecento:

1. Einstein aveva introdotto, nel 1905, la teoria della relatività ristretta, che:
  - a. comportava la descrizione dell'universo sulla base di quattro dimensioni: le tre dimensioni dello spazio e la quarta dimensione del tempo;
  - b. introduceva la duplice soluzione dell'energia e portava alla *Übercausalität*, cioè la supercausalità: causalità meccanica e retrocausalità.
2. Dirac, nel 1928, aveva dimostrato l'esistenza matematica del positrone come antiparticella dell'elettrone.
3. Anderson, nel 1932, confermò sperimentalmente l'esistenza del positrone producendo in questo modo la prima prova empirica dell'effettiva esistenza della retrocausalità.
4. Infine, Bell nel 1952 dimostrò la famosa simmetria CPT (Charge Parity and Time reversal symmetry) in base alla quale tutte le leggi della fisica quantistica sono simmetriche rispetto al verso del tempo.

Fantappiè aggiunse a queste scoperte un elemento nuovo. Egli dimostrò, da una parte, che le onde divergenti, le cui cause sono poste nel passato, corrispondono ai fenomeni chimici e fisici soggetti al principio dell'*entropia*; dall'altra, che le onde convergenti, le cui cause sono poste nel futuro, corrispondono ad una nuova categoria di fenomeni soggetti ad un principio simmetrico a quello dell'entropia, principio che Fantappiè stesso denominò *sintropia* (Fantappiè, 1942).

Analizzando le qualità dei sistemi sintropici Fantappiè collegò la sintropia ai sistemi viventi: finalità, differenziazione, ordine e organizzazione, giungendo così alla formulazione della *Teoria Unitaria del Mondo Fisico e Biologico*, presentata il 30 ottobre del 1942 presso l'Accademia d'Italia.

#### 4.4 Qualità dei fenomeni entropici

Il secondo principio della termodinamica afferma che in ogni trasformazione di energia (ad esempio trasformando il calore in lavoro), una parte di energia si libera nell'ambiente. L'entropia è la grandezza con cui si misura la quantità di energia che si è liberata nell'ambiente. Quando l'energia liberata è distribuita in modo uniforme (ad esempio non vi sono più variazioni di calore), si raggiunge uno stato di equilibrio e non è più possibile trasformare l'energia in lavoro. L'entropia misura quanto un sistema sia vicino allo stato di equilibrio e quale sia quindi il grado di disordine del sistema stesso.

I fenomeni entropici presentano quindi le seguenti caratteristiche principali:

- 1) *causalità*: le onde divergenti non potrebbero esistere in assenza della causa che le ha generate;
- 2) *tendenza all'omogeneità o principio dell'entropia*: i fenomeni entropici tendono ad un livellamento generale, nel senso che procedono dal differenziato verso l'omogeneo, dal complesso verso il semplice. Con il passare del tempo cresce sempre più l'omogeneità e l'uniformità del sistema, ossia l'entropia del sistema stesso. L'entropia, come espressa dal secondo principio della termodinamica è, quindi, una caratteristica tipica delle onde divergenti.

#### 4.5 Qualità dei fenomeni sintropici

Di seguito descriviamo le principali qualità distintive dei fenomeni sintropici:

- 1) nei fenomeni sintropici l'entropia diminuisce;
- 2) i fenomeni sintropici sono di tipo antidispersivo e attrattivo, perché l'intensità delle onde convergenti, col passare del tempo, si concentra in spazi sempre più piccoli, con conseguente concentrazione di materia ed energia;
- 3) nei fenomeni sintropici abbiamo uno scambio materiale ed energetico. Infatti, in questi fenomeni si presenta un costante aumento di concentrazione materiale ed energetica.

Tuttavia, siccome questa concentrazione non può aumentare indefinitamente, si osservano fenomeni entropici che compensano quelli sintropici e, di conseguenza, uno scambio di materia e di energia con l'ambiente esterno;

- 4) i fenomeni sintropici sono generati da “cause finali”, attrattori, che assorbono le onde convergenti. Queste “cause finali” sono strettamente connesse all'esistenza stessa del fenomeno: in questo modo è possibile introdurre il concetto di un "finalismo scientifico", dove la parola finalismo è analoga a "causa finale".

#### 4.6 Albert Szent-Gyorgyi

Albert Szent-Gyorgyi, scopritore della vitamina C e premio Nobel per la medicina e la fisiologia nel 1937, sottolinea che *“Una differenza fondamentale tra l'ameba e l'uomo è l'aumento di complessità che presuppone un meccanismo in grado di contrastare la seconda legge della termodinamica. In altre parole, deve esistere una forza in grado di contrastare la tendenza universale della materia e dell'energia a distribuirsi uniformemente. Nei processi della vita troviamo comunemente una diminuzione nell'entropia. Gli organismi viventi aumentano l'organizzazione interna e, spesso, del mondo esterno, opponendosi alla tendenza universale verso l'entropia.”* Sviluppando queste considerazioni Szent-Gyorgyi postulò negli anni '70 l'esistenza del principio della “sintropia”, pur non conoscendo i lavori di Fantappiè che già negli anni '40 aveva coniato questo termine. Mentre l'entropia è una forza universale che porta alla disintegrazione verso forme inferiori di organizzazione, la sintropia è la forza opposta che porta i sistemi viventi a raggiungere forme di organizzazione sempre più elevate e armoniche (Szent-Gyorgyi, 1977).

Il problema fondamentale secondo Szent-Gyorgyi è che *“esiste una profonda differenza tra sistemi organici e non organici [...] come scienziato non posso credere che le leggi dell'universo perdano la loro validità alla superficie della nostra pelle. La legge dell'entropia non sembra dominare i sistemi viventi.”*

Szent-Gyorgyi dedicò gli ultimi anni della sua vita allo studio della sintropia e del contrasto tra sintropia ed entropia.

#### 4.7 La scienza del caos

Nel modello di Fantappiè-Arcidiacono (Arcidiacono, 1991), vengono descritti tre tipi fondamentali di fenomeni:

- a) **I fenomeni entropici**, nei quali la "componente" entropica è prevalente: essi sono di tipo disgregativo perché soggetti al livellamento entropico. Di conseguenza, in questi fenomeni si osserva il passaggio da stati più complessi a stati più semplici.
- b) **I fenomeni sintropici**, nei quali prevale la "componente" sintropica: essi sono di tipo costruttivo e tendono a realizzare stati sempre più complessi e differenziati.
- c) **I fenomeni di equilibrio**, nei quali la componente entropica e quella sintropica sono in equilibrio tra di loro: in questi fenomeni non si osserva né la differenziazione sintropica, né il livellamento entropico. Tali fenomeni si situano a metà strada tra il determinismo (cause collocate nel passato) e l'indeterminismo (attrattori, ossia cause collocate nel futuro).

I fenomeni di equilibrio ubbidiscono ai seguenti principi:

1. *principio di causalità-attrazione*, in base al quale ogni fenomeno è prodotto da cause e guidato da attrattori. Di conseguenza esso dipende non solo dal passato (cause efficienti), ma anche dal futuro (attrattori);
2. *principio di riproducibilità parziale*, per cui si può agire in modo diretto solo sulla componente entropica dei fenomeni, ma solo indirettamente sulla loro componente sintropica. Ciò significa che la parte sintropica dell'universo è sottratta alla nostra azione causale, sempre di tipo entropico;
3. *principio del livellamento-differenziazione*, secondo il quale in ogni fenomeno la componente entropica è soggetta al livellamento e quella sintropica tende a raggiungere stati di maggiore complessità. Di conseguenza, ad ogni processo costruttivo è accoppiato un processo disgregativo e viceversa.

In particolare, i fenomeni di equilibrio suggeriscono l'esistenza di attrattori anche in quei

fenomeni fisici macroscopici che non sono diretta espressione dei sistemi viventi (ad esempio i fenomeni meteorologici).

Nel 1963 il meteorologo E. Lorenz scoprì l'esistenza di sistemi caotici sensibili, in ogni punto del loro moto, a piccole variazioni. Ad esempio, studiando al computer un semplice modello matematico dei fenomeni meteorologici, si accorse che con una piccola variazione delle condizioni iniziali si produceva uno "stato caotico" che si amplificava e che rendeva impossibile ogni previsione. Analizzando questo sistema che si comportava in modo così imprevedibile, Lorenz scoprì l'esistenza di un attrattore che venne poi chiamato *attrattore caotico di Lorenz*: questo attrattore porta le perturbazioni microscopiche ad essere enormemente amplificate e ad interferire con il comportamento macroscopico del sistema. Lorenz stesso descrisse questa situazione con la celebre frase: "il battito d'ali di una farfalla in Amazzonia può provocare un uragano negli Stati Uniti" (Lorenz, 1963).

I lavori di Lorenz segnarono la nascita della *scienza del caos*, dedicata allo studio degli attrattori. A tal proposito, è interessante notare il bisticcio di parole che nasce tra ordine e disordine. Come abbiamo fin qui visto, il disordine è legato ai sistemi entropici ed è quindi un prodotto dei processi deterministici causa-effetto, mentre l'ordine è una caratteristica della sintropia e dei processi che tendono verso attrattori collocati nel futuro. Nella scienza del caos, al contrario, l'ordine viene associato ai sistemi deterministici (entropici), mentre il disordine viene associato ai sistemi non deterministici (sintropici). L'origine di tale bisticcio deriva probabilmente dal fatto che la scienza del caos considera "ordinati" i sistemi perfettamente prevedibili, e "disordinati" i sistemi imprevedibili (come i fenomeni meteorologici). In realtà, è da sottolineare che i sistemi entropici tendono sempre al disordine, in quanto sono per definizione disgregativi e dissipativi; al contrario, i fenomeni sintropici tendono all'ordine in quanto attratti da una causa posta nel futuro che li "attira" verso una crescente complessità e organizzazione: ciò, però, viene da noi percepito come caos in quanto non siamo in grado di osservare direttamente l'attrattore posto nel futuro che determina l'evoluzione di tali sistemi.

#### 4.8 Caos e frattali

La geometria dei frattali, nata dai lavori di Mandelbrot negli anni '70, mostra che inserendo in un sistema geometrico degli attrattori si generano figure complesse e allo stesso tempo ordinate (Mandelbrot, 1987). Nella geometria frattale un attrattore è un'operazione, una funzione, che se ripetuta porta il risultato a tendere verso un limite irraggiungibile. Ad esempio, se si ripete la radice quadrata di un numero superiore a zero (ma diverso da uno) il risultato tenderà ad uno (ma non lo raggiungerà mai). Il numero uno è quindi l'attrattore della radice quadrata. Allo stesso modo, se si continua ad elevare al quadrato un numero superiore a zero il risultato tenderà ad infinito e se si continua ad elevare al quadrato un numero inferiore a zero, il risultato tenderà a zero. Le figure frattali si ottengono nel momento in cui in un'equazione si inseriscono uno o più attrattori.

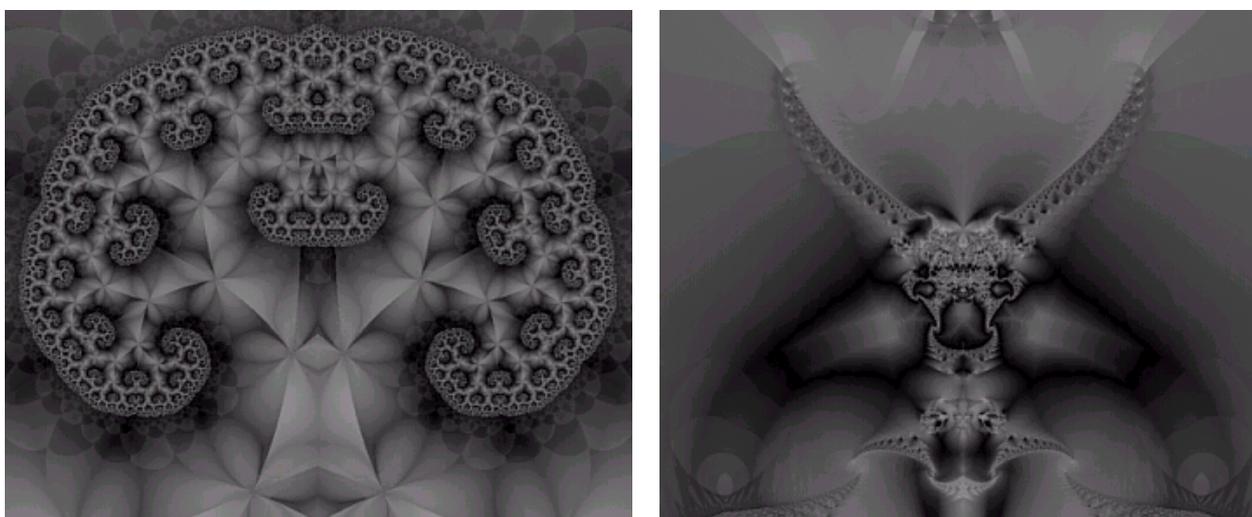
I frattali sono solo uno dei tanti possibili esempi di interazione tra entropia e sintropia. La geometria frattale sta affascinando molti ricercatori a causa della similarità che alcune di queste figure hanno con l'organizzazione dei sistemi viventi. Infatti, in natura moltissime strutture richiamano la geometria frattale: il profilo delle foglie, lo sviluppo dei coralli, la forma del cervello e le diramazioni dendritiche.

E' straordinaria la quantità di strutture frattali osservabili all'interno del corpo umano, ad esempio:

1. le arterie e le vene coronariche presentano ramificazioni di tipo frattale. I vasi principali si ramificano in una serie di vasi più piccoli che, a loro volta, si ramificano in vasi di calibro ancora più ridotto. Sembra, inoltre, che queste strutture frattali abbiano un ruolo vitale nella meccanica della contrazione e nella conduzione dello stimolo elettrico eccitatorio: l'analisi spettrale della frequenza cardiaca mostra che il battito normale è caratterizzato da un ampio spettro che ricorda una situazione caotica;
2. anche i neuroni presentano una struttura simile ai frattali: se si esaminano a basso ingrandimento si possono osservare ramificazioni asimmetriche (i dendriti) connesse con i corpi cellulari, a ingrandimento leggermente superiore si osservano ramificazioni più piccole a partire da quelle più grandi e così via;
3. le vie aeree polmonari ricordano i frattali generati al calcolatore. Bronchi e bronchioli

formano un albero con ramificazioni multiple, la cui configurazione si presenta simile sia ad alto che a basso ingrandimento. Misurando i diametri dei diversi ordini di ramificazione, si è appurato che l'albero bronchiale può essere descritto con la geometria frattale.

Queste osservazioni hanno portato ad ipotizzare che l'organizzazione e l'evoluzione dei sistemi viventi (tessuti, sistema nervoso, ecc.) possa essere guidata da una serie di attrattori, in modo analogo a quanto avviene nella geometria frattale.



Notevole la somiglianza di queste immagini frattali con le strutture cerebrali. Immagini tratte dal sito: <http://fractalarts.com/>

Le strutture frattali del corpo umano crescono attraverso uno sviluppo lento: la dinamica dell'evoluzione embrionale. Probabilmente l'insieme delle strutture frattali degli organismi viventi si sviluppa attraverso informazioni molto limitate dei parametri di un complesso algoritmo, determinando lo sviluppo verso l'insieme delle forme frattali componenti l'organismo.

In conclusione, la medicina sembra uno dei settori più fertili della scienza per lo sviluppo e lo studio dei frattali e delle dinamiche caotiche. Gli studiosi hanno bisogno di comprendere meglio come i processi di sviluppo possono portare alla formazione di architetture frattali e come nel corpo umano il caos apparente sia generato dai processi dinamici.