

Fritjof Capra

## La concezione sistemica della vita

Fisica e biologia: metabolismo e biofisica

Intervento al Convegno

"Omeopatia: medicina della complessità dell'uomo e del vivente"

Scuola di Medicina Omeopatica di Verona

Verona, 24-28 ottobre, 2011

### ABSTRACT

During the last thirty years, a new systemic conception of life has been developed at the forefront of science. The universe is not longer seen as a machine composed of elementary building blocks. We have discovered that the material world, ultimately, is a network of inseparable patterns of relationships; that the planet as a whole is a living, self-regulating system. The view of the human body as a machine and of the mind as a separate entity is being replaced by one that sees not only the brain, but also the immune system, the bodily tissues, and even each cell as a living, cognitive system. Evolution is no longer seen as a competitive struggle for existence, but rather as a cooperative dance in which creativity and the constant emergence of novelty are the driving forces. And with the new emphasis on complexity, networks, and patterns of organization, a new science of qualities is slowly emerging.

In this lecture, the author discusses several key elements of this new scientific conception of life, which may be relevant to the ambitious endeavor of reformulating the conceptual framework of homeopathy in contemporary scientific language. These include the description of living systems as self-generating (autopoietic) networks; the concept of structural coupling; the role of feedback loops and the resulting state of dynamic equilibrium, characterized by multiple, interdependent fluctuations; the concept of dissipative structures; and the spontaneous emergence of new forms of order at critical points of instability (bifurcation points).

Capra also presents his own synthesis of a number of systemic models and theories with the introduction of three fundamental perspectives on the phenomenon of life: pattern, structure, and process. From the perspective of their pattern of organization, living systems are autopoietic networks; from the structure perspective, they are

dissipative structures; and from the process perspective living systems are cognitive systems.

È un grande piacere per me, e davvero un onore, di partecipare di nuovo a questo convegno sull'omeopatia a Verona, e aspetto molte discussioni stimolanti. Come sapete, ho ricevuto la mia formazione scientifica come fisico, e durante 20 anni, dal 1965-85, ho fatto la ricerca di fisica teorica di alte energie. Dal '85 in poi, il mio interesse nella ricerca si è spostato dalla fisica alle scienze della vita, e ho passato gli ultimi 25 anni a mettere a posto una sintesi di una nuova concezione della vita che adesso sta emergendo nella scienza. La mia sintesi unifica tre dimensioni della vita: la dimensione biologica, la dimensione cognitiva, e la dimensione sociale. Ho presentato quell'orizzonte concettuale nel mio libro, "La scienza della vita."

Durante questo convegno vorrei presentarvi alcuni elementi chiave di questa nuova concezione della vita che, secondo me, sono pertinenti al vostro tentativo molto ambizioso di riformulare l'orizzonte concettuale dell'omeopatia nel linguaggio scientifico contemporaneo.

Vorrei sottolineare che ciò che vi presenterò è la mia propria sintesi di un numero di modelli teorici che sono associati con ricercatori come Prigogine, Maturana, Varela, Margulis, Damasio, ecc. — scienziati che fanno parte dell'avanguardia della scienza, e quindi sono spesso considerati come controversi, e le cui idee ho sintetizzato e interpretato nella mia propria maniera. Quindi, ci sarà ampio spazio per discussioni. Però sono sicuro che i concetti che vi presenterò sono solidamente scientifici.

Vorrei cominciare con un breve riassunto della nuova concezione della vita.

### la nuova concezione della vita

All'avanguardia della scienza contemporanea, l'universo non è più concepito come una macchina composta di mattoni elementari. Abbiamo scoperto che il mondo materiale è una rete di schemi di relazioni che non è possibile separare; che il nostro pianeta nel suo complesso è un sistema vivente che si autoregola. La concezione del corpo umano come una macchina e della mente come un'entità separata, sta cedendo a un'altra, secondo cui non solo il cervello ma anche il sistema immunitario, i tessuti organici, e persino le singole cellule sono sistemi viventi, sistemi cognitivi. L'evoluzione non è più considerata una lotta competitiva per l'esistenza, ma piuttosto una danza collaborativa le cui forze propulsive sono la creatività e l'emergere costante di novità. E con una nuova enfasi sulla complessità, le reti, e gli schemi d'organizzazione, sta lentamente emergendo una nuova scienza delle qualità.

La nuova comprensione della vita coinvolge un nuovo tipo di pensiero sistemico — pensiero in termini di relazioni, di schemi, e di processi. Durante gli ultimi 30 anni,

questo pensiero sistemico è stato sollevato a un nuovo livello con lo sviluppo della teoria della complessità, conosciuta in linguaggio più tecnico come "dinamica non lineare". È un nuovo linguaggio matematico con nuovi concetti per descrivere sistemi complessi non lineari.

La comprensione centrale del pensiero sistemico è che un sistema vivente — un organismo, ecosistema, o sistema sociale — è una totalità integrata le cui proprietà non possono essere ridotte a quelle di parti più piccole. Le proprietà "sistemiche" sono proprietà del tutto, che nessuna delle parti possiede. I primi sistemici formularono questa comprensione con l'asserzione famosa che "il tutto è sempre di più della somma delle sue parti."

Un'analisi diligente di questa espressione ci mostra che il pensiero sistemico coinvolge vari cambiamenti di prospettiva — dalle parti al tutto, dagli oggetti alle relazioni, dalle misure alle mappe, dalle quantità alle qualità. E poi, dobbiamo anche comprendere che la forma vivente è più di una configurazione statica delle sue parti. C'è un flusso continuo di materia attraverso un sistema vivente mentre la sua forma è mantenuta; c'è sviluppo, e c'è evoluzione. La comprensione della struttura vivente è sempre collegata alla comprensione di processi di metabolismo e di sviluppo. Perciò, il pensiero sistemico include un cambiamento di prospettiva dalle strutture ai processi.

In realtà, tutti questi cambiamenti di prospettiva sono modi diversi per dire la stessa cosa. Il pensiero sistemico coinvolge un cambiamento di percezione dagli oggetti e strutture materiali ai processi e schemi d'organizzazione non materiali che rappresentano la natura essenziale della vita.

### la natura della qualità

Vorrei aggiungere qualche parola sulla natura della qualità. La nuova comprensione sistemica della vita ci offre la possibilità di formulare un concetto scientifico della qualità. Infatti, ci sono due sensi distinti di questo termine — uno obiettivo e l'altro soggettivo. Nel senso obiettivo, le qualità di un sistema complesso si riferiscono alle proprietà sistemiche che nessuna delle parti possiede. Delle quantità, come la massa o l'energia, ci danno informazioni sulle proprietà delle parti, e la loro somma è uguale alla proprietà corrispondente del tutto, per esempio la massa o l'energia totale.

Delle qualità, come lo stress o la salute, non possono essere espresse come la somma delle proprietà delle parti. Le qualità derivano da processi e da schemi di relazioni tra le parti. Perciò, non possiamo comprendere la natura di sistemi complessi

se vogliamo descriverli in termini puramente quantitativi. Le quantità possono essere misurate; le qualità devono essere tracciate in mappe.

Nell'ambito umano, l'idea di qualità sembra di includere sempre dei riferimenti a esperienze umane, che sono aspetti soggettivi. Per esempio, la qualità della salute di una persona può essere valutata in termini di fattori obiettivi, però include un'esperienza soggettiva di benessere come elemento significativo. Allo stesso modo, la qualità di una relazione umana deriva in gran parte da reciproche esperienze soggettive. La qualità estetica di un'opera d'arte, come si dice, sta nell'occhio di chi guarda. Siccome tutte le qualità derivano da processi e da schemi di relazioni, devono necessariamente includere elementi soggettivi quando questi processi e queste relazioni coinvolgono dei esseri umani.

Con queste parole d'introduzione vorrei adesso procedere a una discussione dei particolari della nuova comprensione della vita.

### il metabolismo

Vorrei illustrare questa nuova comprensione della vita posando l' antica domanda: che cosa è la vita? Quale è la differenza fra una roccia e una pianta, un animale, o un micro-organismo? Per comprendere la natura della vita biologica, non basta capire il DNA, le proteine, e le altre strutture molecolari che sono i mattoni degli organismi viventi; perché queste strutture esistono anche negli organismi morti, per esempio in un pezzo di legno, o un osso.

La differenza fra un organismo vivente e uno morto sta nel processo della vita; il processo del metabolismo. È il flusso incessante di energia e di materia attraverso una rete di reazioni chimiche, che permette all'organismo vivente di continuamente generarsi, ripararsi, e perpetuarsi.

La comprensione del metabolismo include due aspetti fondamentali. Uno è il flusso continuo di energia e di materia; e l'altro è la rete di reazioni chimiche che tratta i nutrienti e costituisce la base biochimica di tutte le strutture e funzioni biologiche. La enfasi qui è sul termine "rete".

### reti viventi

Una delle scoperte le più importanti della nuova comprensione della vita è la concezione che la rete è lo schema di organizzazione principale di tutti i sistemi viventi.

Per esempio, gli ecosistemi sono interpretati come reti alimentari (cioè, reti di organismi); gli organismi come reti di cellule, e le cellule come reti di molecole. Ovunque vediamo la vita, vediamo delle reti.

Durante gli ultimi 30 anni, queste reti viventi sono state indagate estensivamente. Questi studi hanno dimostrato che la loro caratteristica principale è che generano continuamente se stesse. Questo è il concetto di autopoiesi di Maturana e Varela. Le reti viventi sempre creano, o ricreano, se stesse, trasformando o sostituendo i loro componenti. In questa maniera, ci sono incessanti cambiamenti strutturali, e nello stesso tempo, lo schema fondamentale della rete è preservato.

Ci sono due tipi distinti di cambiamenti strutturali. Un primo tipo è cambiamenti di auto-rinnovamento. Ogni organismo vivente si rinnova continuamente. Le sue cellule demoliscono e ricostruiscono strutture; i tessuti e organi continuamente riciclano le loro cellule. Nonostante queste continue trasformazioni, l'organismo mantiene la sua identità, ossia il proprio schema d'organizzazione.

Il secondo tipo di cambiamenti strutturali in un sistema vivente è quello che porta alla creazione di nuove strutture – nuove connessioni nella rete. Questi cambiamenti del secondo tipo – cambiamenti di sviluppo piuttosto che di rinnovazione – hanno luogo continuamente anche loro, come conseguenza degli influssi ambientali oppure come risultato delle dinamiche interne del sistema. Vedremo che tutti e due tipi di cambiamento strutturale sono importanti per comprendere il processo della guarigione.

È importante di capire che con tutti questi cambiamenti strutturali, l'organismo vivente è autonomo; risponde a qualsiasi perturbazione nella sua maniera propria di auto-organizzazione. Secondo la nuova disciplina della scienza cognitiva, questi processi di auto-organizzazione di un organismo vivente sono processi mentali, ossia cognitivi. Si tratta qui di una nuova concezione radicale della mente che discuterò in dettaglio nel mio secondo intervento. Mente e materia non appaiono più come appartenenti a due categorie separate, ma possono essere viste come due aspetti complementari del fenomeno della vita: il processo e la struttura. E così, la vita e la

cognizione sono inseparabilmente connesse. L'attività mentale, ossia cognitiva, è immanente alla materia a tutti i livelli della vita.

### circoli di *feedback*

In queste reti viventi che si autogenerano c'è una circolarità innata: la rete produce i suoi componenti, e poi loro fanno parte della rete e contribuiscono alla produzione di altri componenti, che poi fanno parte della rete, ecc. Questa circolarità significa che ci sono circoli di *feedback* in tutte le reti viventi. Questo è stato riconosciuto già negli anni 1940 dai cibernetici che distinsero tra un *feedback* auto-bilanciando (ossia negativo) e un *feedback* auto-amplificando (ossia positivo). Vedremo che tutti e due tipi di *feedback* sono concetti importanti nella comprensione sistemica della salute e della guarigione.

I circoli multipli di *feedback* auto-bilanciando sono la base della grande stabilità manifestata dagli organismi viventi. Questa stabilità è del tutto dinamica. È caratterizzata da fluttuazioni continue, multiple e interdipendenti. Tutte le variabili di un organismo vivente fluttuano continuamente fra limiti di tolleranza. Più il sistema è dinamico, maggiore è la sua flessibilità, cioè la sua capacità di adattarsi alle condizioni che cambiano.

### accoppiamento strutturale

Adesso vediamo un po' come gli organismi viventi interagiscono con il proprio ambiente. Secondo la teoria dell'autopoiesi, un sistema vivente interagisce con il suo ambiente attraverso un "accoppiamento strutturale" (structural coupling), cioè attraverso interazioni ricorrenti, ognuna delle quali provoca cambiamenti strutturali nel sistema. Per esempio, una membrana cellulare incorpora continuamente sostanze del suo ambiente nei processi metabolici della cellula. Il sistema nervoso di un organismo modifica le sue connessioni con ogni percezione sensoriale. Tuttavia questi sistemi viventi sono autonomi. L'ambiente si limita a provocare i cambiamenti strutturali; esso non li specifica né li dirige.

L'accoppiamento strutturale, nella definizione che ne danno Maturtana e Varela,

dimostra una chiara distinzione fra il modo in cui i sistemi viventi e quelli non viventi interagiscono con il proprio ambiente. Per esempio, dare un calcio a una pietra e dare un calcio a un cane sono due faccende molto diverse. La pietra reagirà al calcio secondo una sequenza lineare di causa e effetto. Il suo comportamento può essere previsto applicando le leggi di Newton. Il cane risponderà al calcio con cambiamenti strutturali secondo la sua natura e il suo schema (non lineare) di organizzazione. Il comportamento che ne segue è generalmente imprevedibile.

Poiché un organismo vivente risponde alle influenze ambientali con cambiamenti strutturali, tali cambiamenti altereranno, a loro volta, il suo comportamento futuro. In altre parole, un sistema strutturalmente accoppiato è un sistema che apprende. I suoi cambiamenti strutturali continui in risposta all'ambiente – e quindi l'adattamento, l'apprendimento e lo sviluppo – sono caratteristiche fondamentali del comportamento di tutti gli esseri viventi. A causa del suo accoppiamento strutturale, possiamo definire intelligente il comportamento di un animale, ma non useremmo lo stesso termine per il comportamento di una roccia.

Mentre continua a interagire con il suo ambiente, un organismo vivente passerà attraverso una serie di cambiamenti strutturali, e nel tempo formerà il proprio percorso individuale di accoppiamento strutturale. In ogni punto di questo percorso la struttura dell'organismo è un resoconto dei cambiamenti strutturali precedenti. In altre parole, tutti gli esseri viventi incarnano la propria storia e individualità. La loro struttura è sempre un resoconto del sviluppo e dell'evoluzione precedenti.

### l'emergere di novità

Adesso vorrei ritornare al primo aspetto del metabolismo, il flusso di energia e di materia attraverso un sistema vivente. Durante gli ultimi 30 anni, la dinamica di questo flusso d'energia e di materia è stata indagata in studi approfonditi che hanno portato alla teoria delle così-dette "strutture dissipative" di Ilya Prigogine. Una struttura dissipativa, secondo Prigogine, è un sistema aperto che si mantiene in uno stato di stabilità lontano dall'equilibrio. La stessa struttura globale si conserva nonostante un continuo flusso di materia e continui cambiamenti dei propri componenti. Prigogine creò il termine "strutture dissipative" per sottolineare l'interazione stretta fra struttura e ordine, da una parte, e flusso e cambiamento (ossia dissipazione) dall'altra.

La dinamica di queste strutture dissipative include specificamente l'emergere spontaneo di nuove forme d'ordine. Quando cresce il flusso di energia, il sistema può incontrare un punto di instabilità, chiamato "punto di biforcazione," dove può bruscamente cambiare direzione, arrivando a nuove forme d'ordine.

Questo spontaneo emergere di un nuovo ordine in prossimità di un punto critico di instabilità, è uno dei concetti più importanti della nuova concezione sistemica della vita. L'emergere è un marchio della vita. Esso è stato riconosciuto come l'origine dinamica dello sviluppo, dell'apprendimento, e dell'evoluzione. In altre parole, la creatività – la generazione di nuove forme – è una proprietà chiave di tutti i sistemi viventi.

La teoria precisa di questa dinamica dell'emergere, che utilizza la matematica della complessità, mostra che l'instabilità e l'emergere di nuove forme d'organizzazione sono il risultato di fluttuazioni, amplificate da circoli di *feedback*. Il sistema incontra una piccola perturbazione, che circola attraverso i giri di *feedback*, ed è amplificata finché il sistema intero diventi instabile. A questo punto, esso crollerà, oppure passerà a una nuova forma d'ordine.

Nella mia opinione, la comprensione precisa della dinamica dell'emergere è stato la realizzazione la più importante della teoria della complessità. Tenterò di mostrarvi che potrebbe essere molto importante anche per una comprensione sistemica del processo della guarigione, e particolarmente della guarigione nell'omeopatia.

### reti e flussi

Dunque, ci sono due aspetti del metabolismo: reti e flussi. Tutti e due sono indispensabili per la visione sistemica della vita, ma non è del tutto facile integrarli in un modello o una teoria coerente. Alcuni studiosi nelle scienze della vita concentrano la loro attenzione piuttosto sugli flussi, e altri sulle reti.

Un ostacolo che ha finora impedito un'integrazione completa di questi due aspetti è il fatto che due linguaggi diversi sono usati per descriverli. I flussi d'energia e

di materia sono descritti nei termini della fisica e della chimica, utilizzando concetti come energia, entropia, equilibrio chimico, ecc. Le reti, al contrario, sono configurazioni di relazioni che sono descritti in un linguaggio matematico astratto, utilizzando concetti come circolarità, *feedback*, leggi di potenza, ecc.

### three perspectives on life

Nel mio lavoro ho proposto un'integrazione dei due aspetti di reti e flussi per mezzo di introdurre tre prospettive fondamentali sul fenomeno della vita: schema, struttura, e processo. Lo *schema di organizzazione* di qualsiasi sistema, vivente o non vivente, è la configurazione delle relazioni fra i componenti del sistema che ne determina le caratteristiche essenziali. In altre parole, per poter riconoscere qualcosa come una sedia, piuttosto che come una bicicletta o un albero è necessario che siano presenti particolari relazioni. Quella configurazione di relazioni che conferisce a un sistema le sue caratteristiche essenziali, intendo per schema di organizzazione.

La *struttura* di un sistema è la incarnazione fisica del suo schema di organizzazione. Mentre la descrizione dello schema di organizzazione coinvolge un *mapping*, ossia una rappresentazione astratta di relazioni, la descrizione della struttura coinvolge descrivere i reali componenti fisici del sistema — le loro forme, composizioni chimiche, ecc.

Per illustrare la differenza fra schema e struttura, possiamo considerare un sistema non vivente ben noto: una bicicletta. Per dare a un oggetto il nome bicicletta, bisogna che esista un certo numero di relazioni funzionali fra componenti che chiamamo telaio, pedali, manubrio, ruote, catena, ecc. La configurazione completa di tali relazioni funzionali costituisce lo schema di organizzazione della bicicletta. Ognuna di queste relazioni deve essere presente per dare al sistema le caratteristiche essenziali di una bicicletta.

La struttura della bicicletta è la incarnazione fisica del suo schema di organizzazione in componenti dotati di forme specifiche, costruiti con materiali specifici. Lo stesso schema "bicicletta" si può incarnare in molte strutture differenti. Il manubrio sarà formato in maniera diversa per una bicicletta da turismo, una bicicletta da corsa, o una *mountain bike*; il telaio potrà essere pesante o leggero; i pneumatici potranno essere stretti oppure larghi, cavi o di gomma piena. In tutte queste combinazioni, e in molte altre, sarà facile riconoscere diversi incarnazioni dello stesso schema di relazioni che definisce una bicicletta.

In una macchina come la bicicletta le varie parti sono state progettate, costruite e assemblate per formare una struttura di componenti fissi. In un sistema vivente, al contrario, i componenti cambiano di continuo. C'è un flusso incessante di materia attraverso un organismo vivente. Ogni cellula continuamente sintetizza e scompone strutture, ed elimina prodotti di scarto. I tessuti e gli organi sostituiscono le proprie cellule in cicli continui. C'è crescita, sviluppo, ed evoluzione. Così, fin dalla nascita della biologia, la comprensione delle strutture viventi è stata inseparabile dalla comprensione dei processi metabolici e di sviluppo.

Questa straordinaria proprietà dei sistemi viventi suggerisce di utilizzare il *processo* come una terza prospettiva per una descrizione completa della natura della vita. Il processo della vita è l'attività coinvolta nella continua incarnazione dello schema di organizzazione del sistema. Dunque, la prospettiva di processo è il collegamento fra schema e struttura. Nei organismi viventi, il schema d'organizzazione è sempre incarnato nella struttura dell'organismo, e il collegamento fra schema e struttura è il processo di un'incarnazione continua.

L'insieme delle tre prospettive di schema, struttura e processo ci offre un orizzonte concettuale unificato per la comprensione della vita biologica. Tutti e tre sono completamente interdipendenti. Lo schema di organizzazione può essere riconosciuto solo se è incarnato in una struttura fisica, e negli sistemi viventi questa incarnazione è un processo continuo. I tre aspetti – schema, struttura e processo – sono tre modi diversi ma inseparabili di osservare il fenomeno della vita.

Quando studiamo i sistemi viventi dalla prospettiva del loro schema di organizzazione, troviamo che è lo schema di una rete auto-generativa, ossia autopoietica. Dalla prospettiva della struttura, la struttura materiale di un sistema vivente è una struttura dissipativa, nel modo definito da Prigogine, cioè un sistema aperto che agisce lontano dall'equilibrio. Dalla prospettiva del processo, finalmente, i sistemi viventi sono sistemi cognitivi nei quali il processo della cognizione è collegato strettamente allo schema di autopoiesi.

In questa sintesi, la correlazione stretta tra schema, struttura e processo implica non solo una sintesi sistemica di fisica e biologia, ma anche un'interdipendenza fondamentale fra corpo e mente (l'aspetto di struttura e l'aspetto di processo della vita). Nei miei interventi di seguito suggerirò che queste interdipendenze fondamentali potrebbero essere una chiave importante a una teoria sistemica dell'omeopatia.

