



## **L'auto-organizzazione degli organismi viventi alla luce della moderna teoria quantistica dei campi<sup>1</sup>**

**di Emilio Del Giudice**

IIB, Neuss, Germania

La domanda sulla differenza tra la vita e la non-vita ha impegnato il pensiero dei filosofi e degli scienziati per molto tempo. Questa domanda è allo stesso tempo semplice e complicata. È una domanda semplice perché chiunque è in grado di accorgersi del momento in cui un essere vivente muore mentre è molto più difficile definire concettualmente il significato e la modalità della transizione tra vita e non-vita.

Una differenza tra vivente e non vivente che salta immediatamente agli occhi concerne la natura passiva del non vivente e la natura attiva del vivente che si sovrappone ovviamente ai suoi aspetti passivi. Si può far cadere simultaneamente dalla stessa altezza un sasso e un gatto; essi raggiungeranno il suolo simultaneamente con soddisfazione del fisico meccanicista che trae da questo fatto la conclusione che la pietra e il gatto obbediscono alle stesse leggi fisiche. Tuttavia questo fatto vero non esaurisce la tematica, poiché, una volta raggiunto il suolo, la pietra resta sul posto mentre il gatto può scappar via, aggredirmi, o fare molte altre cose. Perciò il fisico meccanicista è in grado di comprendere gli aspetti passivi dell'essere vivente ma non è capace di dar conto del fatto che l'essere vivente è in grado anche di avere comportamenti spontanei, autonomi, non determinati da una forza esterna. Analogamente il nostro gatto, se è affamato, impiega le ultime gocce di energia che gli sono rimaste per cercare cibo nei dintorni, mentre un'automobile rimasta con poche gocce di benzina nel serbatoio non è in grado di impiegarle per raggiungere il più vicino distributore ma vi deve essere spinta o trainata.

Gli aspetti passivi del vivente sono stati fin qui chiariti nell'ambito della scienza generale dei sistemi materiali, ma resta da comprendere l'aspetto attivo, cioè la sua capacità di auto-organizzazione. La fisica moderna ha cominciato a gettare luce su questo mistero partendo da due importanti acquisizioni: il sistema dissipativo introdotto e discusso da Prigogine (Prigogine, 1977) e il concetto di coerenza discusso tra gli altri da Froehlich (Froehlich, 1967, 1980), Haken (Haken 1977, 1984) e Preparata (Preparata, 1995, 2001, 2002).

Il sistema dissipativo è in grado di auto-organizzarsi grazie al fatto di essere tenuto permanentemente fuori dall'equilibrio termodinamico dal continuo scambio di energia ed entropia con l'ambiente esterno. Grazie a questo scambio la sua entropia può diminuire e perciò esso può auto-organizzarsi. Cosa è questa misteriosa quantità chiamata entropia? Essa descrive il numero di configurazioni possibili (microstati) del sistema in esame che siano di fatto rifornite di energia e perciò partecipanti attive della sua dinamica; l'entropia è una funzione di questo numero che vale zero quando il numero di microstati è 1 e ha un valore crescente al crescere del numero di microstati. Maggiore il numero di microstati, maggiore il disordine interno del sistema che diventa ordinato quando il numero di microstati diminuisce fino a diventare al limite uno solo, nel qual caso il sistema è perfettamente ordinato. Il processo di auto-ordinamento, e quindi di auto-organizzazione, richiede perciò la diminuzione dell'entropia fino al suo azzeramento. Questa necessità fu riconosciuta già nel 1944 dal fisico Erwin Schroedinger (Schroedinger, 1944).

Il processo di auto-ordinamento richiede perciò la capacità dell'organismo di ridurre la propria entropia, cedendola all'esterno insieme a una quota di energia. La riduzione dell'entropia richiede che l'organismo sia capace di concentrare la propria energia da un gran numero di gradi di libertà (espressione che nel gergo dei fisici vuol dire possibilità aperte al sistema dato) a un piccolo numero di essi. In altre parole, per compiere lavoro esterno l'organismo vivente attinge energia da un serba-

---

<sup>1</sup> Il testo è la trascrizione dell'intervento dell'autore al convegno: "Esseri umani prospettive per il futuro", svoltosi all'Università di Milano-Bicocca il 12-13 novembre 2010.

toio riempito continuamente da afflussi energetici provenienti da ogni parte e perciò avente un'alta entropia. Questo processo fu per primo intuito da Ervin Bauer (Bauer, 1935).

L'organismo vivente prende energia dal sole, dal cibo, da ogni sorgente disponibile, assorbendola in forma di calore e quindi assumendo un'entropia elevata, quindi mette in moto un processo dinamico che taglia drasticamente l'entropia e concentra l'energia inizialmente ricevuta in forma di calore su pochi gradi di libertà facendola diventare quella che in termodinamica si chiama energia libera, cioè una energia suscettibile di essere trasformata integralmente in lavoro. Questa trasformazione è possibile, sulla base delle leggi della termodinamica, soltanto se è accompagnata da emissione di energia all'esterno.

La trasformazione suddetta è possibile in fisica nell'ambito dei sistemi coerenti, che sono quei sistemi i cui componenti molecolari non sono reciprocamente indipendenti ma tutti correlati tra loro, essendo perciò descritti da un unico microstato e avendo quindi entropia nulla. La riduzione dell'entropia richiesta dalla necessità dell'auto-ordinamento e dell'auto-organizzazione implica la possibilità di diventare un sistema coerente. Vediamo come questo possa accadere. Questa possibilità richiede necessariamente l'uso della fisica quantistica, che d'altra parte si sa già da un secolo essere la fisica degli atomi e delle molecole.

Un oggetto quantistico, a differenza di un oggetto classico, fluttua spontaneamente nel modo con cui Epicuro concepiva già più di due millenni fa il moto degli atomi. Pertanto le molecole vanno concepite come oggetti intrinsecamente fluttuanti capaci di scambiare energia con il vuoto, vuoto che nella fisica quantistica non è più il nulla ma è lo stato di minima energia del sistema dato, cioè lo stato in cui il sistema non ha altra energia che quella connessa con le sue fluttuazioni spontanee. Già nel 1916 Walter Nernst (Nernst, 1916) immaginò che le fluttuazioni di molte particelle potessero sintonizzarsi tra di loro dando luogo a una oscillazione collettiva che avrebbe dato origine a un corpo macroscopico fondato non sul legame estrinseco tra molecole fondato sulla forza, ma invece sul legame risonante tra molecole legato a qualcosa che possiamo liberamente chiamare "amore".

Negli ultimi decenni questo sogno di Nernst ha trovato attuazione nell'ambito della teoria quantistica dei campi. Si può dimostrare il seguente teorema (Preparata 1995): un insieme di un gran numero  $N$  di molecole, il quale è descritto a bassa densità e alta temperatura come un gas di particelle indipendenti, quando la densità  $N/V$  eccede una soglia critica e la temperatura  $T$  è al di sotto di un valore critico, è descritto come un sistema, chiamato *coerente* nel gergo dei fisici, in cui le molecole oscillano collettivamente all'unisono tra due date configurazioni molecolari. Il passaggio dallo stato non coerente allo stato coerente implica un rilascio di energia, cioè lo stato coerente è caratterizzato da un livello di energia delle molecole componenti minore – di un ammontare chiamato *energy gap* – di quello nello stato non coerente. La creazione di uno stato coerente implica perciò un risparmio di energia; nello stato coerente in cui tutte le molecole si muovono all'unisono i movimenti per così dire superflui sono eliminati e l'energia è concentrata tutta sul grado di libertà corrispondente all'oscillazione collettiva.

Una buona metafora per definire gli stati coerente e non coerente è quella che fa corrispondere lo stato non coerente a una folla e lo stato coerente a un corpo di ballo. Come un corpo di ballo richiede una musica per poter danzare, così lo stato coerente contiene intrappolato al proprio interno un campo elettromagnetico oscillante con la stessa frequenza (numero di oscillazioni per secondo) dell'insieme delle molecole. Un insieme coerente non può essere perciò *ridotto* a un puro insieme di molecole, ma richiede anche tra i propri ingredienti un campo elettromagnetico risonante con la materia. Siccome in una risonanza, proprio come nell'orgasmo tra due esseri umani, l'oscillazione dell'uno è simultaneamente causa e conseguenza dell'oscillazione dell'altro facendo così venir meno l'individualità dei due organismi, così in uno stato coerente l'individualità delle molecole componenti, come pure quella del campo elettromagnetico, vien meno dando luogo a un'entità unitaria che già nel 1892 il botanico tedesco Julius Sachs (Sachs, 1892) aveva battezzato con il termine *energide*, cioè materia energizzata.

Quando la materia si trova in uno stato coerente dà luogo a una pluralità di aggregati, denominati *domini di coerenza*, la cui dimensione corrisponde alla lunghezza d'onda del campo elettromagneti-

co intrappolato, la quale a sua volta dipende dalla differenza di energia tra le configurazioni coinvolte nella oscillazione coerente.

Tra tutte le sostanze naturali l'acqua riveste un ruolo particolare perché l'oscillazione coerente delle molecole d'acqua avviene tra la configurazione di minima energia in cui tutti gli elettroni sono fortemente legati e una configurazione eccitata la cui energia è appena al di sotto dell'energia necessaria per strappare un elettrone alla molecola (Arani et al., 1995; Del Giudice, Spinetti Tedeschi, 2010). Quindi nel caso dell'acqua lo stato coerente comprende un insieme di elettroni quasi liberi, da cui alcuni elettroni possono venir fuori sia per fluttuazione quantistica (effetto tunnel) sia per lieve eccitazione esterna. Inoltre la presenza di questo insieme, *plasma*, di elettroni quasi liberi, comporta la possibilità di avere stati eccitati del dominio di coerenza prodotti da afflussi di energia esterna. Questi stati eccitati appaiono in forma di *vortici* caratterizzati da campi magnetici e il cui numero è estremamente elevato; la differenza di energia tra due stati eccitati consecutivi del dominio di coerenza dell'acqua è molto piccola, per cui piccoli afflussi di energia determinano il salto tra due configurazioni diverse del dominio. Dato che il moto degli elettroni nei vortici è privo di attrito, perché la coerenza impedisce le collisioni interne al plasma, la vita di questi vortici è molto lunga, dell'ordine di giorni o settimane. Per questo motivo è possibile accumulare grandi quantità di energia nel dominio di coerenza dell'acqua iterando le eccitazioni esterne; ogni eccitazione si sovrappone a quelle precedenti per cui dopo  $n$  eccitazioni l'energia accumulata è la somma delle energie delle eccitazioni singole permettendo così di costruire, a partire da un insieme di piccole eccitazioni caotiche, quali quelle che si trovano nel rumore ambientale, eccitazioni singole aventi una energia abbastanza elevata da essere paragonabile a quella di alcuni eV (elettronvolt) ritrovabile nelle reazioni chimiche.

La presenza di uno spettro di stati eccitati del dominio di coerenza dell'acqua rende possibile la costruzione di uno stato coerente in un insieme di domini di coerenza, cioè l'apparizione di una coerenza tra domini di coerenza che può portare l'estensione spaziale della regione coerente fino a dimensioni macroscopiche (Del Giudice, Tedeschi 2009). In tal modo un sistema acquoso può sviluppare una gerarchia di strutture coerenti, ognuna contenuta nella precedente, che copre l'intervallo fra un decimo di micron (dimensione del dominio singolo) fino ai micron, ai centimetri, ai metri. Questa struttura gerarchica è parallela alla corrispondente struttura rinvenibile negli organismi viventi (organelli, cellule, tessuti, organi, organismi, specie, ecosistemi). È stato recentemente trovato (Tedeschi 2010) che l'acqua che ha ospitato processi viventi può acquistare una struttura gerarchica del tipo sopra descritto.

La teoria dell'acqua delineata dalla teoria quantistica dei campi corrisponde ai requisiti che il premio Nobel Albert Szent-Gyorgyi propose più di mezzo secolo fa (Szent-Gyorgyi, 1956, 1957, 1960).

Szent-Gyorgyi riconobbe che i biologi convenzionali erano tuttora incapaci di comprendere la differenza tra esseri viventi e corpi non animati poiché avevano dimenticato l'acqua o non vi avevano mai pensato. La principale proposta di Szent-Gyorgyi era che l'acqua organizzata presente nelle vicinanze delle superfici biologiche fosse capace di indurre una eccitazione elettronica duratura delle differenti specie molecolari presenti rendendo quindi possibile la loro attivazione e attrazione selettiva mutua. Di fatto la maggior parte delle reazioni biochimiche sono reazioni ossido-riduttive (redox) nelle quali la molecola riducente cede uno o più elettroni alla molecola ossidante. Tuttavia sia le biomolecole che le molecole d'acqua isolate, prese in considerazione dalla biochimica convenzionale, non sono capaci di rilasciare elettroni poiché gli elettroni sono legati alle molecole madri da energie di molti eV.

Nello schema fornito dalla teoria dei campi l'energia accumulata nei domini di coerenza dell'acqua può essere ceduta per risonanza a quelle biomolecole capaci di oscillare con la stessa frequenza dei domini; questo requisito permette di stabilire che tra tutte le molecole possono diventare biomolecole solo quelle capaci di risuonare con i domini di coerenza dell'acqua. Possiamo perciò intuire come mai soltanto 20 amminoacidi, sui 100 noti ai chimici, compaiono nella materia vivente; è concepibile che gli altri 80 non siano capaci di risuonare con l'acqua.

Emerge perciò il seguente schema di reazioni biochimiche. Un dominio di coerenza dell'acqua oscilla a un certo istante con una frequenza che dipende dalla quantità di energia accumulata al suo interno; le molecole presenti nei dintorni capaci di risuonare con questa frequenza sono fortemente attratte mentre quelle non risonanti sono ignorate. Le molecole attratte compiono reazioni chimiche con l'aiuto degli elettroni rilasciati dai domini di coerenza e producono energia chimica, la quale è assorbita dal campo elettromagnetico del dominio di coerenza che ne muta la frequenza; conseguentemente, nuove specie molecolari sono attratte e la sequenza biochimica procede in modo che ogni suo gradino è determinato dall'output del gradino precedente. Abbiamo quindi uno schema di reazioni biochimiche non più dipendente dagli incontri casuali tra molecole, che essendo determinati dalla velocità bassa delle molecole a temperatura ambiente danno luogo a un processo lento e non selettivo. Lo schema ottenuto è invece dipendente da un meccanismo di mutuo riconoscimento e richiamo tra molecole fondato sul campo elettromagnetico, che è un messaggero veloce. Si comprende quindi come le reazioni chimiche non producano un insieme disordinato di prodotti di reazione ma invece un insieme ordinato di prodotti governato da codici biochimici ben precisi (Barbieri, 2004).

Lo schema di materia vivente proposto dalla teoria quantistica dei campi contiene perciò due ingredienti in più, l'acqua e i campi elettromagnetici, rispetto allo schema detto *riduzionistico* nel quale la dinamica biologica è ridotta all'interazione delle sole biomolecole. È appunto l'acqua con le sue oscillazioni collettive a produrre i campi elettromagnetici, i quali, con le loro frequenze di oscillazione, chiamano in causa al momento giusto le molecole reagenti, dando luogo ai codici biochimici, e nello stesso tempo assorbono l'energia prodotta dalle reazioni chimiche dando luogo al mutamento delle frequenze di oscillazione e quindi all'evoluzione nel tempo dell'organismo biologico. L'insieme dipendente dal tempo delle frequenze di oscillazione della materia vivente (cioè molecole + campo elettromagnetico) rappresenta la storia biochimica dell'organismo. Però, considerato in se stesso, questo stesso insieme di frequenze è un messaggio, è una musica, è un *logos*, è una psiche. Possiamo perciò comprendere perché mai lo schema riduzionistico che vede soltanto le molecole è incapace di dar conto della struttura psico-emotiva dell'organismo, cioè di quella parte dell'organismo esplorata dalla psicodinamica, da Freud (Freud, 1967), da Reich, dagli altri pionieri. Tra di essi Reich fu capace di formulare i requisiti che la psicodinamica poneva alla fisica della *materia* vivente; egli li ricercò lungo tutto il cammino partito dall'analisi del carattere e approdato all'orgone (Reich, 1973, 1975, 1981, 2002).

Oggi, grazie alla fisica quantistica, siamo in grado di percorrere lo stesso cammino all'inverso, cioè scoprire l'effetto ordinatore delle fluttuazioni quantistiche sulla materia che viene alla fine messa in grado di produrre una psiche. L'emersione della psiche dalla materia è la conseguenza del fatto che i processi biochimici non avvengono a caso ma obbediscono a codici i quali non sono imposti autoritariamente alla materia ma sono la conseguenza del dialogo tra la materia e l'ambiente. L'organismo non conosce al proprio interno il gradino della scala evolutiva successivo a quello in corso; questo gradino viene determinato dall'incontro tra il risultato del gradino in corso e l'ambiente. Il processo vitale implica necessariamente questo incontro, il quale a sua volta implica che l'organismo vivente deve essere *aperto*.

Possiamo comprendere meglio questo aspetto da un altro punto di vista. Ogni sistema quantistico obbedisce a relazioni di indeterminazione, nel senso che il prodotto delle incertezze sperimentali di due variabili fisiche *complementari*, come posizione e impulso, oppure energia e tempo non può essere più piccolo di un numero dato. Un'altra coppia di variabili complementari è la coppia *numero N di componenti* (quanti) e *fase* (cioè ritmo di oscillazione)  $\Phi$  *di un campo quantistico*. Abbiamo visto che il funzionamento di un organismo vivente dipende dall'esistenza di una fase ben definita, sia pure dipendente dal tempo. Perciò l'incertezza di  $\Phi$  deve essere la più piccola possibile e quindi l'incertezza di N deve essere la più grande possibile; però l'incertezza di N non può essere più grande del numero di componenti dell'organismo dato, che è un numero ben definito. Per restringere il più possibile l'incertezza della fase l'organismo deve aumentare il più possibile il numero di componenti oscillanti in fase, e perciò deve andare al di là del numero di particelle di cui è chimi-

camente composto. Esso deve andare fuori di sé e trovare altri organismi, altri oggetti, altri sistemi con cui oscillare in fase, con cui, per dirla con Reich, avere un orgasmo. La teoria quantistica dei campi conferma perciò l'intuizione reichiana sulla funzione dell'orgasmo come necessario alla buona salute dell'organismo dato. Tanto più vasto è l'ambito dell'orgasmo, tanto meglio definita è la fase dell'organismo dato. Questa tendenza all'orgasmo, cioè alla risonanza con la più ampia parte possibile di universo, è l'aspetto più fondamentale della dinamica del vivente, la ricerca dell'altro da sé.

L'organismo deve perciò risuonare con l'altro, cioè la sua libido deve essere *oggettuale*. Invece una libido *narcisistica* in cui l'altro non risuona ma è soltanto l'occasione dell'oscillazione dell'organismo non produce l'aumento dell'incertezza di  $N$ , non produce la diminuzione dell'incertezza di  $\Phi$ , e quindi non produce salute e trasforma l'organismo aperto in una bara chiusa.

#### Bibliografia:

Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., et al., 1991, *Biologia molecolare della cellula*, Zanichelli, Bologna

Arani, R.; Bono, I.; Del Giudice, E.; Preparata, G.; QED coherence and the thermodynamics of water. *Int. J. Mod. Phys. B* **1995**, *9*, 1813-1841.

Barbieri, M. *The Organic Codes*; The University of Cambridge Press: Cambridge, UK, 2004.

Bauer ES (1935). *Theoretical Biology*.: VIEM Publishing House, Moscow-Leningrad.

Del Giudice, E.; Tedeschi, A. 2009 Water and the autocatalysis in living matter. *Electromagn. Biol. Med.*, *28*, 46-54.

Del Giudice E., Spinetti P.R., Tedeschi A., 2010 Water Dynamics at the Root of Metamorphosis in Living Organisms, *Water*, *2*, 566-586

Freud S. (1967) – Opere (12 volumi) –Boringhieri, Torino

H. Haken Synergetics: an introduction : nonequilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry, and biology Springer-Verlag, 1977 . edizione italiana: Sinergetica. Il segreto del successo della natura- Bollati Boringhieri - 1983

H. Haken Laser theory EditoreSpringer-Verlag, 1984

Nernst, W, (1916), Uber einem Versuch, von quantentheoretischen Betrachtungen zur Annahme stetiger Energie anderungen zuruckzukeheren, *Verh.Deutsch . Physik Gesellschaft* 18:83-120

Prigogine, Ilya; Nicolis, G. (1977), *Self-Organization in Non-Equilibrium Systems*. Wiley.

Preparata, G., (1995) *QED Coherence in Matter*, World Scientific, New Jersey, Singapore, London.

Preparata, G, (2001), *L'architettura dell'Universo*, Bibliopolis, Napoli

Preparata, G., (2002), *An introduction to a Realistic Quantum Physics*, World Scientific, New Jersey, Singapore, London.

Reich, W., (1973), *Analisi del carattere*, SugarCo, Milano.

Reich, W., (1975), *La funzione dell'orgasmo*, SugarCo, Milano .

Reich, W., (1981), *Esperimenti bionici*, SugarCo, Milano.

Reich, W., (2002) – Scritti elettrofisiologici – Quaderni di Andromeda, Bologna.

Sachs, J. Physiologische notizen.II. Beitrage zur zelltheorie. *Flora* **1892**, 75, 57-67.

Schrödinger E. What Is Life? Mind and Matter Cambridge University Press, 1944 .edizione italiana: Che cos'è la vita? Traduzione di Mario Ageno, Piccola Biblioteca Adelphi 1995, 5<sup>a</sup> ediz., pp. 153

Szent-Gyorgyi, A. *Bioenergetics*; Academic Press Inc: New York, NY, USA, 1957.

Szent-Gyorgyi, A. Bioenergetics. *Science* **1956**, 124, 873-875.

Szent-Gyorgyi, A. *Introduction to a Supramolecular Biology*; Academic Press: New York, NY, USA, 1960

Tedeschi, A. Is the living dynamics able to change the properties of water? *Int. J. Des. Nat. Ecodyn.* 2010, 5, 60-67.

Tiezzi, E., 2003. The Essence of Time. WIT press, Southampton, UK, 123 pp. edizione italiana:

Tiezzi, E., 2006. Steps Towards an Evolutionary Physics. WIT Press, Southampton, UK, 157 pp. edizione italiana: Verso una fisica evolutiva, Natura e tempo. 2006 Ed. Donzelli,