

Intelligenza Biologica Quantistica

Doi: <https://doi.org/10.48274/IBI13>

Autore

Antonio Manzalini, (codice ORCID 0000-0003-1633-3099),

Abstract

Gli organismi viventi possono essere considerati come sistemi aperti, che operano lontano dall'equilibrio termodinamico, elaborando, immagazzinando e scambiando energia, materia e informazione con l'ambiente. Nel complesso, attraverso queste capacità, gli organismi viventi perseguono un continuo auto-adattamento ai cambiamenti ambientali, che è espressione di Intelligenza Biologica. Questo articolo sostiene che l'auto-adattamento, e più in generale l'Intelligenza Biologica, si basa su fenomeni di rottura di simmetria ben spiegati da un'estensione dei principi della Teoria Quantistica dei Campi e della Teoria di Gauge. Le rotture di simmetria sono responsabili dell'emergere della coerenza multilivello negli organismi viventi, in termini di competizione equilibrata tra bosoni di Gauge e Nambu Goldstone. Questa competizione equilibrata dei campi bosonici, in tutto l'organismo, permette l'accoppiamento con l'ambiente, fino al livello quantistico. Considerando il fatto che più del 70% del corpo umano è costituito da soluzioni acquose, l'articolo conclude indirizzando l'importanza nello sviluppo di un metodo pratico, basato su misure di spettri Raman, per rilevare le condensazioni di bosoni Nambu Goldstone, viste come informazione quantistica responsabile della coerenza e delle dinamiche viventi.

Abstract

Living organisms can be seen as open systems, operating far from thermodynamic equilibrium, processing, storing and exchanging energy, matter and information with the environment. Overall, through these capabilities, living organisms pursue a continuous self-adaptation to environmental changes. These capabilities are an expression of Biological Intelligence. This article argues that this self-adaptation, and more in general Biological Intelligence, is based on symmetry breaking phenomena, which are well explained by an extension of the principles of Quantum Field Theory and Gauge Theory. As a matter of fact, symmetry breaks are responsible for the emergence of multi-level coherence in living organisms, in terms of balanced competition between Gauge bosons and Nambu Goldstone. This balanced competition of bosonic fields, throughout the organism, allows its coupling with the environment, up to the quantum level. Considering the fact that more than 70% of the human body is made up of aqueous solutions, the article concludes by addressing the importance in the development of a practical method, based on Raman spectra measurements, to detect condensations of Nambu Goldstone bosons, which can be seen as quantum information responsible for coherence and living dynamics.

Key Words

Teoria Quantistica dei Campi, intelligenza biologica, campi vibrazionali, coerenza

Citazione per questo articolo

“A. Manzalini, *Rivista, Intelligenza Biologica Quantistica, Scienze Biofisiche (10/2021)*

DOI: <https://doi.org/10.48274/IBI13>

Introduzione

Gli organismi viventi possono essere considerati come sistemi aperti che scambiano energia, materia e informazione con l'ambiente, operando lontano dall'equilibrio termodinamico. Questo modello di alto livello è conforme alla definizione di strutture dissipative, proposta dal premio Nobel Ilya Prigogine. Il suo lavoro seminale è stato ampliato, da diversi autori, negli ultimi decenni, per coprire quattro tipi principali di strutture dissipative: stati multistabili, strutture dissipative temporali, strutture dissipative spaziali, strutture spazio-temporali in forma di onde propaganti (Goldbeter, 2018).

Nel complesso, questi scambi di energia, materia e informazione si realizzano attraverso interazioni non lineari di miliardi di componenti diverse, fino alla scala quantistica. Questi scambi sono mediati da vibrazioni di tipo ondulatorio che includono, ad esempio, oscillazioni meccaniche, elettromagnetiche, nucleari e termiche. Anche il vuoto, secondo la Teoria Quantistica dei Campi (Quantum Field Theory - QFT), è un livello di terra di energia, arena di fluttuazioni quantistiche (per esempio, particelle virtuali). Tutte queste vibrazioni e oscillazioni creano, attraverso complessi modelli di interferenza, un continuum di campi quantici, capaci di modellare la struttura della materia, i livelli di coerenza e le funzionalità (Umezawa, 1993) (Blasone et al., 2011).

Di fatto, i tentativi di applicare la fisica quantistica agli organismi viventi sono iniziati subito dopo la nascita della Meccanica Quantistica (MQ). Uno dei primi esempi notevoli è quando, nel 1944, E. Schrodinger scrisse il suo libro "Che cos'è la vita?"

Le ricerche pionieristiche di H. Fröhlich iniziarono a dimostrare che il concetto di coerenza quantistica è una proprietà inerente alle cellule viventi, usata per interazioni a lungo raggio come la sincronizzazione dei processi di divisione cellulare. Questa strada (Ricciardi, Umezawa, 1967) (Fröhlich, 1968) (Del Giudice, 1983, 1988) è stata confermata anche dai recenti progressi della Biologia Quantistica, che stanno dimostrando che la coerenza è uno dei fenomeni quantistici chiave che supportano le dinamiche della vita (Salari et al., 2011) (Ball, 2011). I fenomeni di coerenza sono ben spiegati dalla QFT, che è un quadro teorico ben consolidato nella fisica quantistica. Inoltre, la QED, una declinazione della QFT che si occupa delle interazioni tra campo elettromagnetico e materia, fornisce modelli teorici e quadri sperimentali che dimostrano come i campi e i potenziali elettromagnetici giochino un ruolo fondamentale nell'emergere e nell'evolvere delle strutture coerenti (Preparata, 1995), anche negli organismi viventi (Del Giudice, 1983, 1986).

Questo articolo sostiene che lo stato generale di un organismo vivente è espressione di una coerenza a più livelli, creata e regolata da campi informativi quantistici che, a loro volta, governano le reazioni biochimiche. In un senso più generale, si sostiene la natura quantistica dell'Intelligenza Biologica (BI) che è definita come la capacità di un organismo di perseguire un adattamento attivo, volto al mantenimento di una coerenza interna, mentre interagisce dinamicamente con l'ambiente.

In sintesi, i principali contributi dell'articolo sono destinati a:

1. estendere i principi della Teoria Quantistica dei Campi per modellare la coerenza multilivello negli organismi viventi, in termini di competizione bilanciata tra bosoni di Gauge e Nambu Goldstone, come emerge da fenomeni di rotture di simmetria;
2. descrivere l'intelligenza biologica come espressione di connessione, coerenza multilivello e adattabilità reattiva di un organismo;
3. proporre un metodo pratico, basato sugli spettri Raman, per rilevare le condensazioni dei bosoni Nambu Goldstone responsabili dell'ordine e della coerenza nella materia vivente.

Elementi di base sulla Teoria Quantistica dei Campi

Oggi, la QFT è riconosciuta come una teoria fondamentale della fisica quantistica, che sta alla base del Modello Standard. La QFT fornisce una reinterpretazione teorica dell'informazione della realtà fisica confermata da diverse convalide sperimentali (Peskin, 2018).

Un aspetto notevole della QFT è che le entità quantistiche, come le particelle, sono modellate come stati eccitati di campi sottostanti. Il concetto di campo è piuttosto intuitivamente noto: ricordiamo che un campo è definito come una proprietà del sistema in studio che potrebbe essere rappresentata da uno scalare, un vettore, un numero complesso, ecc. Esempi di campi di forza sono il campo gravitazionale, elettromagnetico, nucleare forte e debole; esempi di campi di materia sono l'elettrone, il neutrino, il quark alto e il quark basso.

Pertanto, la QFT sta superando i limiti della Meccanica Quantistica (MQ) fornendo una spiegazione intuitiva del dualismo particella-onda e di altri fenomeni quantistici come l'entanglement.

Semplicemente, le particelle quantistiche potrebbero essere raffigurate come increspature di un campo sottostante corrispondente.

Tuttavia, a volte la differenza tra QM e QFT non è pienamente compresa. Un'altra differenza chiave, importante per questo articolo, è che nella QFT ogni sistema quantistico è considerato come un sistema "aperto", sempre in interazione con le fluttuazioni di fondo. Questo ha notevoli conseguenze, come il fatto che l'Hamiltoniana di qualsiasi sistema quantistico (anche degli organismi viventi) comprende sempre sia il sistema quantistico che il suo bagno termico dell'ambiente circostante (Umezawa, 1993) (Vitiello, 1995).

La rottura di simmetria (SB) è un altro fenomeno fisico ben descritto dalla QFT (Umezawa, 1993). SB riguarda la transizione di un sistema quantistico da uno stato simmetrico ad un altro a simmetria inferiore. Simmetria più bassa significa ordine più alto e, quindi, entropia più bassa. Come descritto nelle prossime sezioni, ad esempio, un sistema quantistico può raggiungere certi livelli di coerenza (cioè di ordine) attraverso le SB.

Dobbiamo distinguere due tipi di SB: SB esplicita e SB spontanea. La SB esplicita implica che una perturbazione determina un cambiamento della dinamica di base del sistema. Nella SB spontanea, la dinamica non viene modificata e la perturbazione, che è debole, agisce solo per innescare la SB.

In questo caso, la forza o l'intensità della perturbazione non è importante, piuttosto la sua fase (Blasone et al., 2011): in altre parole, per avvenire, la SB deve essere in qualche modo in fase con il sistema. Pertanto, una moltitudine di input perturbanti non influenzerà un sistema coerente a meno che uno o più abbiano la stessa fase del sistema. In particolare, il teorema di Nambu-Goldstone dimostra che la SB implica la presenza di quanti NG: questo è stato convalidato da solide prove sperimentali sia nella fisica delle alte energie che in quella della materia condensata. I fononi nei cristalli, i magnoni nei ferromagneti, ecc., sono quanti di NG originati dalle SB e sono responsabili dell'ordinamento spazio-temporale osservato in tali sistemi.

I bosoni NG sono modi vibrazionali collettivi e senza massa che codificano l'informazione di ordinamento (Ricciardi, Umezawa, 1967) (Vitiello, 1995). Essi non mediano interazioni di forza, piuttosto rappresentano modalità ordinate di tali interazioni. I bosoni NG scompaiono quando lo stato coerente della materia svanisce (per esempio, i fononi nei cristalli). I bosoni NG sono quasi particelle e non devono essere confusi con i bosoni di Gauge.

Apriamo una breve parentesi sulla teoria di Gauge. Nel contesto della QFT e del Modello Standard, la teoria di Gauge descrive le interazioni e gli scambi di energia tra le particelle quantistiche e i loro campi d'onda associati (O'Raiheartaigh, Straumann 2000). Nella teoria di Gauge la lagrangiana (differenza dell'energia cinetica e dell'energia potenziale) di un sistema è mantenuta invariante sotto trasformazioni continue di simmetria locale (chiamate trasformazioni locali di gauge), grazie alla presenza dei campi di gauge.

Questi campi sono una sorta di campi compensativi in grado di mantenere la simmetria: esempi di campi di gauge sono il campo elettromagnetico, il campo di gauge debole nella fisica delle particelle elementari, i campi di gauge colore nella dinamica dei quark.

Cosa succede con la SB, cioè con l'emergere dei bosoni NG che prescrivono uno stato di coerenza ai componenti del sistema? La simmetria di fase globale viene rotta, quindi ci si aspetta una compensazione tra la correlazione NG di ordine a lungo raggio (come dalla SB) e le interazioni a lungo raggio mediate dai campi di Gauge.

Infatti, la propagazione dei campi di Gauge cambia nelle diverse configurazioni ordinate a causa dei diversi modi di interazione tra i bosoni NG e di Gauge. Si tratta di una sorta di competizione bilanciata tra le correlazioni di ordine a lungo raggio dei bosoni NG e di Gauge. L'equilibrio è raggiunto a seconda delle condizioni al contorno e delle forze relative dei campi di Gauge e NG. Entrambe le forze e le correlazioni d'ordine sono attivamente presenti in ogni essere vivente e il loro equilibrio si manifesta nella coerenza multilivello degli organismi viventi.

Inoltre, questo articolo sostiene che detti fenomeni informativi quantistici negli organismi viventi corrispondono ad astrazioni simboliche, immagini o ancora più modelli di comportamento (cicli senso-motori), o archetipi come descritti da C.G. Jung. Questo è ovviamente più complicato da dimostrare, ma potrebbe contribuire alla creazione di un ponte tra Mente e Materia (Seager, 2009), come sognato da C.G. Jung e W. Pauli (Premio Nobel per la Fisica). Al momento resta una congettura oggetto di studio e sperimentazioni.

Coerenza negli organismi viventi

I fenomeni di coerenza hanno caratteristiche abbastanza generali che si possono trovare nella fisica delle particelle elementari, nella materia condensata, nella cosmologia e nei sistemi biologici.

La letteratura sull'argomento è molto ampia. Già cinquant'anni fa, H. Fröhlich (1968) aveva elaborato il concetto di coerenza quantistica come una proprietà inerente alle cellule viventi nelle interazioni a lungo raggio come la sincronizzazione dei processi di divisione cellulare.

Diversi studi negli ultimi decenni (Ricciardi, Umezawa, 1967) (Fröhlich, 1968) (Del Giudice, 1983, 1988) (Vitiello, 1995, 2001), e i recenti progressi della Biologia Quantistica, stanno dimostrando che la coerenza, come stato d'ordine della materia accoppiata ai campi elettromagnetici, è uno dei fenomeni quantistici chiave alla base della vita (Al-Kahalili, Mc Fadden 2015).

Di fatto, la coerenza permette correlazioni a lungo raggio tra i componenti di un sistema. Questo, in linea di principio, permette le prestazioni altamente efficienti dei processi viventi. Per esempio, in un sistema coerente qualsiasi processo di riconoscimento molecolare basato su un semplice principio "caotico/diffusivo lock-and-key" è sostituito dalla risonanza elettromagnetica a lungo raggio (Coscic, 1994).

Un altro esempio è riportato da Lloyd (2011): egli sostiene che l'altissima efficienza della fotosintesi è dovuta a eccitoni coerenti (coppie elettrone-foro) capaci di raccogliere quanti di energia luminosa e di incanalarli in siti specifici nel più breve intervallo di tempo possibile.

Inoltre, l'emergere dinamico di oscillazioni coerenti, spazialmente distribuite, è anche riconosciuto come una caratteristica chiave del connettoma del cervello umano (Vitiello, 1995, 2001) (Freeman, Vitiello, 2006) (Atasoy et al., 2016).

Ricordiamo che un sistema coerente è caratterizzato da un'unica oscillazione ritmica, diciamo una fase unica, φ . Questa fase è infatti l'espressione del fatto che tutte le componenti del sistema quantico sono correlate su lunghe distanze.

Questo ha importanti conseguenze: per esempio, gli stati dei sistemi coerenti possono essere caratterizzati, guardando la sua fase, φ , come una singola osservabile macroscopica, un cosiddetto parametro d'ordine di una SB. Pertanto, altro aspetto molto interessante, la coerenza permette di spostare la descrizione di un sistema dalla scala quantistica a quella macroscopica (Umezawa, 1993) (Blasone et al., 2011) (Messori, 2019).

Ruolo informativo dei bosoni NG

Secondo la QFT le dinamiche che regolano il comportamento dei componenti elementari in un sistema fisico possono generare la formazione di strutture coerenti di grande estensione rispetto alle dimensioni dei componenti. L'analisi matematica e le conferme sperimentali mostrano che questa coerenza emerge da una rottura della simmetria: si genera un'onda di correlazione il cui effetto è quello di mettere in fase (phase locking) le componenti elementari (Del Giudice, 1988).

I quanti associati ad essa sono bosoni NG. Come detto, i bosoni NG hanno massa zero (in assenza di effetti di bordo) e non contribuiscono all'energia dello stato fondamentale: l'accumulo, o condensazione, di bosoni NG nello stato di vuoto genera uno stato di minima energia, detto stato condensato (Del Giudice et al., 1983, 1988). Tale stato condensato è quindi stabile (stato di energia minima). I bosoni NG possono essere osservati con tecniche di diffusione (cioè usandoli come bersagli di particelle, per esempio neutroni), lo spettro energetico viene studiato eccitandoli, deformando la struttura ordinata (per esempio il reticolo cristallino) con tensioni esterne, salti termici, ecc.

La condensazione non avviene in presenza di "bordi", cioè quando il volume del sistema non può essere considerato infinito. Una massa "effettiva" non nulla limita allora la capacità dei quanti NG di propagarsi su tutto il sistema e si generano regioni non correlate o disordinate (Del Giudice et al., 1985).

Pertanto, il sistema appare come una miscela di due fasi, una coerente (ordinata) costituita da domini di coerenza, l'altra non coerente (disordinata o simmetrica) interposta tra i domini (interstiziale). In tali condizioni il campo elettromagnetico e il campo che descrive le componenti elementari si accoppiano in modo coerente (phase locking). Inoltre, il campo elettromagnetico acquisisce una massa rimanendo confinato nella regione del dominio (cioè, il meccanismo Anderson-Higgs-Kibble) (Del Giudice et al., 1986). Questo fenomeno ha conseguenze molto interessanti in molti contesti, compresi molti fenomeni osservati in biologia caratterizzati da alta efficienza, selettività e stabilità.

Un altro aspetto importante da menzionare è che, nella QFT, il principio di indeterminazione collega la fase di un sistema e il numero di componenti elementari che lo compongono, secondo questa formula

$$\Delta N \Delta \varphi \geq \frac{1}{2}$$

dove N è il numero di componenti del sistema.

Poiché la coerenza significa una fase φ ben stabilita, il requisito ottimale per un organismo vivente dovrebbe essere una scomparsa di $\Delta\varphi$, che a sua volta implica un ΔN il più grande possibile. Questo significa che essere un organismo sano obbliga ad estendere un dialogo con una gran parte del mondo esterno, che diventa il proprio doppio (Vitiello, 2001).

In altre parole, la qualità della vita dipende dalla capacità di un organismo di mantenere una definizione nitida della fase. In questo senso, la connessione dell'organismo è essenziale per costruire e mantenere una fase ben definita durante gli eventi imprevedibili della vita.

Questi presupposti ci portano ad elaborare un modello matematico, dove organelli, cellule, tessuti, organi, sistemi di organi, fino ad un intero organismo, sono caratterizzati da proprie specifiche funzioni d'onda, le cui fasi sono perfettamente orchestrate in un'unità di coerenza a più livelli (Dal Lin et al., 2020). Se l'organismo, o alcuni dei suoi componenti, perdono il loro ritmo o la loro fase, allora l'unità della coerenza multilivello si rompe ed emerge la malattia. La resilienza della salute di un organismo vivente dipende dalla capacità di mantenere l'unità naturale di questa coerenza a più livelli in tutto l'organismo nel suo ambiente.

Minimizzazione dell'energia libera ed auto-similarità frattale

Il principio di minimizzazione dell'energia libera è già stato proposto per modellare i sistemi nervosi biologici (Vitiello, 1995, 2001) (Sengupta et al., 2016) e il cervello (Vitiello, 1995, 2001) (Tozzi, Peters, 2016). In questi casi, la minimizzazione dell'energia libera variazionale descrive come un sistema biologico cambia i suoi stati interni in modo da diventare il più adatto sotto l'influenza degli stati esterni dell'ambiente. Nel fare ciò, il sistema sta implicitamente imparando un modello generativo dell'ambiente: migliore è il modello nel fare previsioni, più bassa è l'energia libera variazionale.

Negli articoli di Friston (2008 e 2010) il principio dell'energia libera è stato dimostrato valido per descrivere diversi aspetti delle architetture funzionali del cervello. Minimizzare l'energia libera variazionale assicura che il cervello diventi un buon modello del suo ambiente: questo ha di nuovo una sorprendente corrispondenza con il concetto di "doppio" descritto in termini di QFT (Vitiello, 2001).

Le interazioni di un sistema con il suo ambiente determinano il raddoppio dei modi collettivi dell'insieme, cioè il "sistema-ambiente", poiché l'equilibrio del flusso di energia è conservato. In questo modello dissipativo del cervello (Vitiello, 1995, 2001, 2004), uno stimolo esterno è responsabile della SB spontanea che genera bosoni NG, portando così un nuovo livello di coerenza nell'organismo.

È anche noto che l'auto-similarità frattale può essere espressa in termini di stato coerente compresso e viceversa: lo stato coerente compresso e l'auto-similarità frattale sono matematicamente identici (Vitiello, 2012).

Pertanto, possiamo anche sostenere che in un organismo vivente lo stato coerente compresso e l'auto-similarità frattale sono caratteristiche di organelli, cellule, tessuti, organi, sistemi di organi, fino a un intero organismo, portando a un'unità di coerenza a più livelli.

Nel corpo umano ci sono prove di molte strutture che sembrano essere frattali: le reti di vasi sanguigni, le reti di neuroni, le ramificazioni dei muscoli cardiaci e l'albero bronchiale.

Se l'organismo, o qualche componente, perde il livello di coerenza naturale, allora l'unità della coerenza multilivello si rompe, ed emerge una malattia, allontanando il sistema dal principio della minima energia libera (Dal Lin et al., 2020).

Attività sperimentali di convalida

Questa sezione descrive le domande chiave di ricerca e le principali ipotesi adottate nelle attività sperimentali volte a validare la teoria descritta nell'articolo.

Una prima domanda chiave di ricerca è stata: come rilevare la presenza di bosoni NG o, meglio, come rilevare gli effetti dell'interazione tra bosoni di Gauge e NG nella materia vivente?

Nei cristalli, per esempio, i fononi (che sono una classe di bosoni NG) possono essere rilevati con la tecnica dello scattering di neutroni. Si può usare anche l'analisi multi spettrale. Di fatto, qualsiasi pezzo di materia in natura è pervaso da vibrazioni e oscillazioni: vibrazioni meccaniche, oscillazioni elettromagnetiche, vibrazioni termiche, vibrazioni di legami chimici, rumore quantico, ecc. rappresentano alcuni esempi. Anche il vuoto, secondo la QFT, è un livello di terra di energia, arena di

fluttuazioni quantistiche, ad esempio, in termini di particelle virtuali fluttuanti (Ventura et al., 2017) (Havelka et al., 2011) (Pelling et al., 2004). Le vibrazioni e le oscillazioni di un sistema, in linea di principio, contengono alcuni livelli di informazione, che sono caratteristici del sistema.

Pertanto, una prima ipotesi è stata che tutte queste vibrazioni possono essere considerate, in qualche modo, espressioni della competizione equilibrata tra le correlazioni di ordine a lungo raggio dei bosoni NG e di Gauge. Come già detto, l'equilibrio è raggiunto a seconda delle condizioni al contorno e delle forze relative dei campi di Gauge e NG.

Una seconda assunzione riguarda la focalizzazione dell'attenzione sulle vibrazioni dei legami idrogeno, data la loro importanza e presenza pervasiva nella materia vivente. Assumiamo che i bosoni NG, dovuti alle SB, influenzino le vibrazioni dei legami a idrogeno. I legami a idrogeno non sono solo presenti nell'acqua, forse la sostanza più essenziale per la vita, ma sono presenti anche nell'acido desossiribonucleico (DNA), tra coppie di basi complementari per fornire grande stabilità alla struttura. Ci sono tre tipi principali di interazioni atomiche e molecolari: Coulomb, van der Waals e chimiche. Le interazioni chimiche includono diversi tipi di legami che coinvolgono orbitali atomici o molecolari: covalente, ionico, donatore-accettore, idrogeno, ecc. L'energia del legame a idrogeno è circa un ordine di grandezza superiore all'energia di van der Waals, ma è il più debole tra tutti i tipi di legame.

D'altra parte, la lunghezza di uno stesso legame a idrogeno può variare su una vasta area, e anche i suoi parametri spettroscopici negli spettri vibrazionali. I comportamenti frattali dell'acqua nei sistemi acquosi e biologici e, a loro volta, di alcune strutture viventi, potrebbero essere attribuiti alle caratteristiche vibrazionali dei legami a idrogeno (Yagihara, 2019).

Negli ultimi 50-70 anni, sono stati fatti numerosi tentativi di modellare e misurare i legami a idrogeno, in termini di parametri strutturali e di manifestazione negli spettri vibrazionali (IR e Raman). C'è una ricca letteratura in merito: per esempio, Kolesov (2021) fornisce un'interessante panoramica sulla spettroscopia Raman (un'analisi dettagliata di questa letteratura non rientra nello scopo di questo articolo).

Nello scattering Raman le lunghezze d'onda della luce diffusa possono diminuire o aumentare, chiamate rispettivamente scattering Stokes Raman o scattering Anti-Stokes Raman (che si verifica nelle molecole allo stato di terra). Lo scattering Raman Anti-Stokes mostra un'intensità minore rispetto allo scattering Stokes Raman, quindi la maggior parte degli spettrometri Raman utilizza lo scattering Stokes Raman. Nella diffusione Raman di Stokes, la lunghezza d'onda della luce incidente si sposta a causa della differenza nell'energia vibrazionale intrinseca della molecola. Ogni molecola è caratterizzata da una specifica energia vibrazionale, tale che questa differenza di frequenza ha un proprio valore. Pertanto, la composizione o la struttura di una sostanza chimica può essere identificata attraverso la luce diffusa Raman.

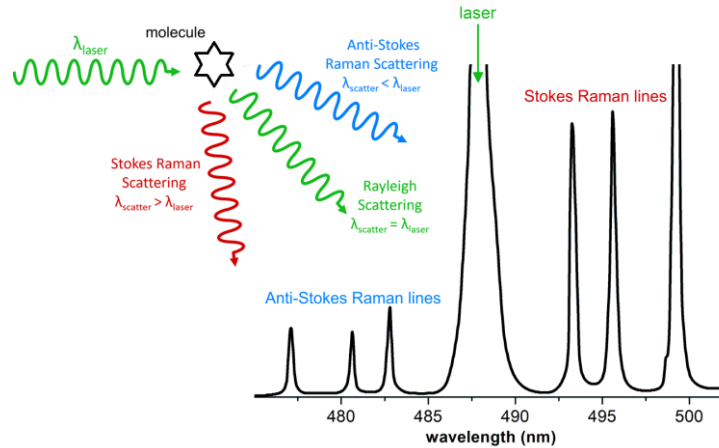


Figura 1 - Diffusione Raman

Pertanto, l'uso della spettroscopia Raman appare uno strumento efficace per rilevare come i bosoni NG influenzino le vibrazioni dei legami idrogeno nell'acqua.

Per esempio, la figura 3 mostra la transizione dall'acqua al ghiaccio; può essere considerata come una SB che genera bosoni NG: infatti, la spettroscopia Raman del ghiaccio e dell'acqua mostrano spettri diversi (Đuričković, 2016).

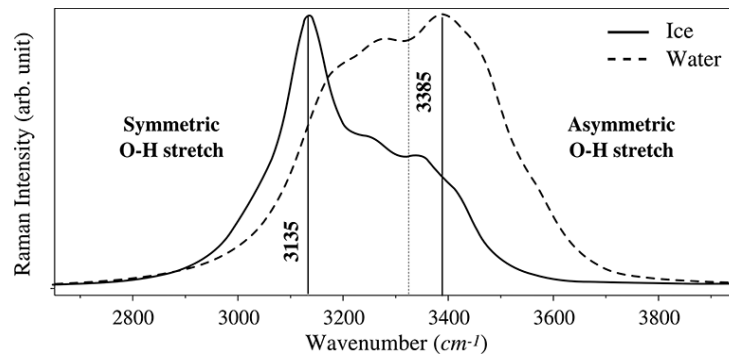


Figura 2 - Spettri Raman dell'acqua nell'intervallo di temperatura intorno alla transizione di fase (tra 3 e -3 °C)

(Crediti immagine: Đuričković, 2016)

In altre parole, si sostiene che esiste un legame diretto tra le condensazioni NG e gli spettri Raman di specifiche sostanze. Infatti, uno spettro Raman può darci numerose informazioni qualitative e quantitative sul campione: la posizione del picco definito dal suo massimo corrisponde alla frequenza di vibrazione del legame chimico della specie; l'intensità del picco è correlata alla concentrazione della specie chimica corrispondente; la Full Width Half Maximum (FWHM) riflette il livello di ordine strutturale del campione: struttura con più basso il FWHM, più alto l'ordine locale. Lo spostamento del picco verso sinistra e un FWHM più piccolo indicano la presenza di condensazioni di bosoni NG che portano più ordine nella sostanza (vedi figura 4).

Un modello matematico e fisico che descrive le relazioni tra la forma dello spettro Raman di una soluzione acquosa e le condensazioni di bosoni NG è fuori dello scopo di questo articolo ma sarà presentato in un articolo complementare. Si ritiene che questa direzione di ricerca possa portare ad interessanti sviluppi in Medicina e Biologia.

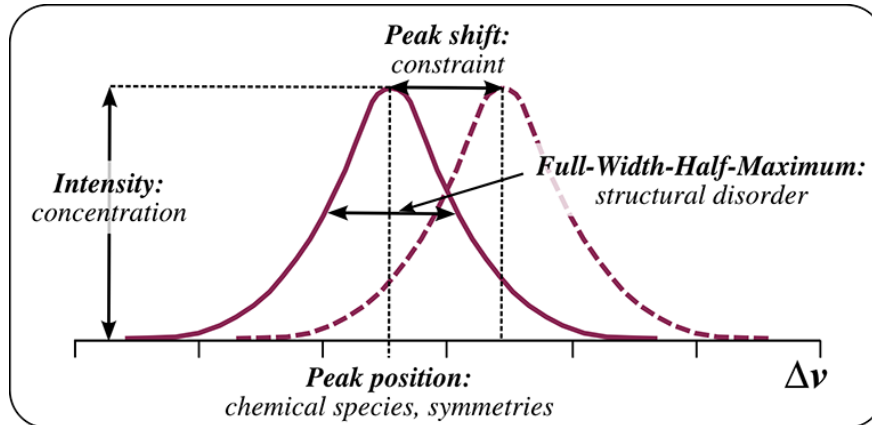


Figura 3 - Informazioni contenute nello spettro Raman

(Crediti immagine: Đuričković, 2016)

Conclusioni

Questo articolo parte dalla considerazione che gli organismi viventi possono essere considerati come sistemi aperti, che operano lontano dall'equilibrio termodinamico, elaborando, immagazzinando e scambiando energia, materia e informazione con l'ambiente. Nel complesso, attraverso queste capacità, gli organismi viventi perseguono un continuo auto-adattamento ai cambiamenti ambientali, che è espressione di Intelligenza Biologica. L'articolo sostiene poi che l'auto-adattamento, e più in generale l'Intelligenza Biologica, si basa su fenomeni di rotture di simmetria ben spiegati da un'estensione dei principi della Teoria Quantistica dei Campi. Infatti, le rotture di simmetria sono responsabili dell'emergere della coerenza multilivello negli organismi viventi, in termini di competizione equilibrata tra bosoni di Gauge e Nambu Goldstone, che permette l'accoppiamento con l'ambiente, fino al livello quantistico.

Considerando il fatto che più del 70% del corpo umano è costituito da soluzioni acquose, l'articolo conclude indirizzando l'importanza nello sviluppo di un metodo pratico, basato su misure di spettri Raman, per rilevare le condensazioni di bosoni Nambu Goldstone, viste come informazione quantistica responsabile della coerenza e delle dinamiche viventi.

Bibliografia

- Al-Khalili J. McFadden J. (2015). *Life on the edge: The coming age of quantum biology*. New York; Crown.
- Ball, P. (2011). *Physics of life: The dawn of quantum biology*. *Nature* 474, 272–274 (2011).
<https://doi.org/10.1038/474272a>
- Blasone M, Jizba P, Vitiello G (2011). *Quantum Field Theory and its Macroscopic Manifestations*, London: Imperial College Press.
- Cosic I. (1994). *Macromolecular bioactivity: is it resonant interaction between macromolecules? Theory and applications*. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 1994; vol. 41, no. 12, pp. 1101-1114.
- Dal Lin C, Falanga M, De Lauro, E, De Martino S, Vitiello G. (2020). *Biochemical and biophysical mechanisms underlying the heart and the brain dialog*. *AIMS Biophys.* 8, 1–33. doi: <http://dx.doi.org/10.3934/biophy.2021001>
- Del Giudice E., Doglia S., Milani M., Vitiello G. (1983). *Spontaneous Symmetry Breakdown and Boson Condensation in Biology*. *Physics Letters A* 1983; 95A- 9: 508-510.
- Del Giudice E, Doglia S, Milani M, Vitiello G. (1985). *A quantum field theoretical approach to the collective behavior of biological systems*, *Nuclear Physics B*, vol. 251 (FS 13), pp. 375–400.
- Del Giudice E, Doglia S, Milani M, Vitiello G. (1986). *Electromagnetic field and spontaneous symmetry breakdown in biological matter*. *Nucl. Phys. B* 275, 185–199.
- Del Giudice E, Preparata G, Vitiello G. (1988). *Water as a Free Electric Dipole Laser*. *Phys. Rev. Lett.*, 61, pp. 1085-1088.
- Durickovic I. (2016). *Using Raman spectroscopy for characterization of aqueous media and quantification of species in aqueous solution*. *Applications of Molecular Spectroscopy to Current Research in the Chemical and Biological Sciences*, 405.
- Freeman WJ, Vitiello G. (2006). *Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body dynamics*, *Phys. of Life Reviews*, vol. 3, pp. 93 – 117, 2006.
- Freeman WJ, Vitiello G. (2016). *Matter and mind are entangled in two streams of images guiding behavior and informing the subject through awareness*. *Mind Matter*. 2016; 14: 7-24.
- Friston, K. (2008). *Hierarchical models in the brain*. *PLoS computational biology*. 4.11: e1000211.

- Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature reviews neuroscience* 11.2
- Frohlich H. (1968). Long-range coherence and energy storage in biological systems. *Int J Quantum Chem*, 1968; 2:641-649.
- Goldbeter A. (2018). Dissipative structures in biological systems: bistability, oscillations, spatial patterns and waves *Phil. Trans. R. Soc. A*. 2018; 376: 20170376
- Havelka D, Cifra M, Kučera O, Pokorný J, Vrba J. (2011). High-frequency electric field and radiation characteristics of cellular microtubule network. *J Theor Biol*, 2011; 286: 31-40.
- Lloyd S. (2011). Quantum coherence in biological systems. *J. Phys. Conf. Ser.* 2011, 302, 012037.
- O’Raifeartaigh L, Straumann N. (2000). Gauge theory: Historical origins and some modern developments. *Reviews of Modern Physics* 72.1 (2000): 1.
- Pelling AE, Sehati S, Gralla EB, Valentine JS, Gimzewski JK. (2004). Local nanomechanical motion of the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*. *Science* 2004; 305: 1147-1150.
- Peskin M. E. (2018). *An introduction to quantum field theory*. CRC Press.
- Preparata G. (1995). *QED coherence in Matter*, World Scientific, Singapore 1995.
- Ricciardi LM, Umezawa H. (2004). Brain physics and many-body problems. *Kibernetik*, vol. 4, pp. 44 – 48, 1967. Reprinted in *Brain and Being*. Globus GG, Pribram KH, Vitiello G. Eds.; Amsterdam, Netherlands: John Benjamins Publ. Co. 2004, pp. 255 – 266.
- Salari V, Tuszynski J, Rahnama M, Bernroider G. (2011). Plausibility of quantum coherent states in biological systems. 2011. *Journal of Physics: Conference Series; Bristol Vol. 306, Fasc. 1, (Jul 2011)*. DOI:10.1088/1742-6596/306/1/012075.
- Seager W. (2009). *A new idea of reality: Pauli on the unity of mind and matter. Recasting Reality* (pp. 83-97). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sengupta B, Tozzi A, Cooray GK, Douglas PK, Friston KJ. (2016) Towards a neuronal gauge theory. *PLoS Biology* 14.3: e1002400.
- Tozzi A, Peters J.F. (2016). A topological approach unveils system invariances and broken symmetries in the brain. *Journal of Neuroscience Research*, 94.

- Umezawa H. (1993). *Advanced field theory: Micro, macro, and thermal physics*, New York, N.Y., USA: Am Inst of Phys; 1993.
- Ventura C, Gullà D, Graves M, Bergonzoni A, Tassinari R, von Stietencron J. (2017). Cell melodies: when sound speaks to stem cells. *CellR4*, 2017, 5: e2331.
- Vitiello G. (1995). Dissipation and memory capacity in the quantum brain model. *Int. J. Mod. Phys.*, vol. B9, pp. 973 – 989, 1995.
- Vitiello G. (2001). *My double unveiled*. *Advances in Consciousness Research*. John Benjamins Publishing Company.
- Vitiello G. (2004). The dissipative brain. In Globus GG, Pribram KH, Vitiello G. Eds. *Brain and Being. At the boundary between science, philosophy, language and arts*. Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins Publ. Co.; 2004. (pp. 315 - 334).
- Vitiello G. (2012). Fractals as macroscopic manifestation of squeezed coherent states and brain dynamics. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 380, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.