

# LA DINAMICA DELL'ACQUA ALL'ORIGINE DEI PROCESSI DI METAMORFOSI DEGLI ORGANISMI VIVENTI.

Emilio Del Giudice <sup>1,2</sup>, Paola Rosa Spinetti <sup>3</sup> e Alberto Tedeschi <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Milano, I-20133, Italia; E-Mail: emilio.delgiudice@mi.infn.it.

<sup>2</sup> International Institute of Biophysics, Neuss, D-41472, Germania

<sup>3</sup> Progeam, Milano, Italia; E-Mail: paola.spinetti@yahoo.it

<sup>4</sup> WHITE Holographic Bioresonance, Milano, Italia; E-Mail: gowhite@usa.net

pubblicato: 3 Settembre 2010 su Water ISSN 2073-4441 [www.mdpi.com/journal/water](http://www.mdpi.com/journal/water)

---

**Sommario:** L'acqua liquida è stata riconosciuta da tempo come la matrice di molti processi, compresa la vita ed anche la dinamica delle rocce.

L'interazione tra biomolecole avviene in modo differente dai sistemi non-acquosi e quest'ultimi sono incapaci di produrre la vita.

Questa abilità di produrre processi vitali implica una specifica struttura dell'acqua liquida.

In accordo con la moderna Teoria dei Campi Quantistici (QFT) un principio di complementarità (nel senso in cui viene inteso da Niels Bohr) connette il numero  $N$  dei quanti (compreso il campo della materia dove i quanti sono proprio gli atomi/molecole) e la fase  $\Phi$ . Questo significa che, quando ci si focalizza sulla struttura atomica della materia, si perde la visione delle sue proprietà relative alla coerenza e, viceversa, quando si esamina la dinamica di fase del sistema la struttura atomica del sistema stesso diviene indefinita. L'elio liquido e superfluido è stato il primo esempio di questa specifica dinamica.

Nel presente lavoro mostriamo come la considerazione della dinamica di fase dell'acqua liquida permetta di comprendere il suo ruolo specifico nell'origine dell'auto-organizzazione degli organismi viventi e degli ecosistemi.

**Parole chiave:** acqua, coerenza, elettrodinamica quantistica, strutture dissipative, acqua interfacciale, evoluzione biologica, ecosistemi.

---

## Introduzione

Nell'antichità l'acqua è stata riconosciuta come la matrice della vita; Talete (1) evidenziò questo punto, seguendo forse gli insegnamenti di molte tradizioni antiche. Recentemente un'enorme quantità di scoperte hanno evidenziato il ruolo dell'acqua nelle dinamiche della vita.

Negli anni seguenti alla seconda guerra mondiale vennero pubblicati molti studi che dimostravano che le superfici degli organismi viventi erano rivestite da uno strato spesso di una speciale sostanza acquosa avente le proprietà del "ghiaccio liquido"; questi strati si estendevano per uno spessore fino a trenta volte il diametro delle molecole d'acqua (2).

Negli anni '50 Albert Szent-Gyorgyi ammise che i biologi erano ancora incapaci di produrre una definizione formalmente soddisfacente per quanto concerne la differenza tra "animato" ed "inanimato" perché "...i biologi avevano dimenticato o non avevano mai pensato all'acqua" (3).

L'idea fondamentale proposta da Szent-Gyorgyi (4-5) era che l'acqua organizzata, racchiusa dalle superfici biologiche, era capace di indurre una lunga e duratura eccitazione elettronica di differenti specie molecolari presenti, perciò in grado di produrre la loro attivazione e la loro selettiva e mutua attrazione. In effetti la maggior parte delle reazioni biochimiche sono reazioni redox, che

domandano un rifornimento di elettroni. Ma né le biomolecole e neanche le molecole d'acqua isolate sono donatori di elettroni, poiché gli elettroni sono strettamente legati alle molecole originali con energie di legame di parecchi eVs.

Nella teoria convenzionale dell'acqua liquida questo paradosso non appare facilmente, poiché l'esistenza del liquido è data per scontata (nessuna descrizione è fornita in merito alla dinamica di transizione vapore-liquido ed al conseguente notevole aumento di densità). Partendo da un insieme di molecole che sono già abbastanza fitte per rimanere dentro al range di interazione statica, la simulazione al computer calcola la forma della rete costituita da un piccolo numero di molecole (al massimo mille). Dunque la probabilità di movimento dei protoni lungo la rete è valutata mediante la simulazione al computer; in questo modo è stato scoperto (6) che è possibile recuperare il meccanismo introdotto da Grotthuss (7) duecento anni fa.

Nell'approccio convenzionale l'importanza degli effetti collettivi era stata riconosciuta. Stanley e Teixeira (8) ad esempio fanno notare che "...una descrizione del comportamento molecolare dell'acqua mediante un potenziale efficace di accoppiamento non sarà mai completamente realistico, perché non tiene conto dell'esistenza delle forze tra molti corpi e della complessità dell'acqua". La differenza tra l'approccio convenzionale e la Teoria dei Campi è nella taglia degli aggregati di molecole. Gli aggregati emergenti da un iniziale calcolo, che usa un'interazione statica, hanno solo una taglia di poche decine di Angstrom (Å) al massimo, mentre i Domini di Coerenza dell'acqua, come vedremo nel seguito di questo scritto, si estendono per 0,1 micron ed includono milioni di molecole.

La simulazione al computer, generalmente, dava risultati con regioni la cui taglia non eccedeva alcune decine di Angstrom. L'estrapolazione dei risultati, per quanto concerne regioni più estese, implica l'ipotesi dell'omogeneità del liquido su larga scala, che è appunto l'assunto da provare. Inoltre, il problema della condensazione del liquido - cioè la transizione da vapore rarefatto, dove la distanza intermolecolare è 36 Å, al liquido denso, dove la distanza precipita a 3 Å - non è trattata. Qual è il processo dinamico che sorge improvvisamente, a 100° C ed 1 atm, e causa il passaggio del vapore molecolare disperso ad una situazione di grande densità? Perché non è un processo graduale ed avviene in modo discontinuo ad una data condizione termodinamica? Infatti, il problema della dinamica della fase di transizione non è stato affrontato finora nel modello convenzionale, è solo studiato a livello termodinamico. La soluzione del problema richiede di riconoscere il messaggero a lungo raggio in grado di attrarre fino ad una piccola distanza le molecole inizialmente separate, cioè il messaggero in grado di stabilire la comunicazione tra molecole che sono a 36 Å di distanza.

Il messaggero dovrebbe essere il campo elettromagnetico, che è il campo che la moderna Fisica Quantistica considera responsabile dell'interazione tra particelle cariche elettricamente, in questo caso le molecole non sono a riposo ma sono soggette alle fluttuazioni quantiche e termiche.

L'approccio convenzionale introduce una approssimazione a priori non irragionevole, dove solo la parte statica delle interazioni è rilevante. L'approccio della Teoria dei Campi inserisce anche le interazioni non statiche, che hanno un range molto più ampio di quelle statiche.

Ritorniamo al problema del trasferimento degli elettroni nell'acqua liquida. Il potenziale di ionizzazione delle molecole d'acqua è 12,60 eV (9), a livello energetico corrisponde a deboli raggi X. In questa situazione quale può essere la sorgente di elettroni che approvvigionano le reazioni redox? Szent-Gyorgyi (5) fu in grado di riconoscere che l'acqua delle interfacce era fornitrice di elettroni, ma questo potrebbe richiedere un profondo rimpasto delle nubi di elettroni delle molecole d'acqua. Szent-Gyorgyi suggerì che, almeno negli organismi viventi, c'erano due differenti livelli di energia degli elettroni delle molecole d'acqua, lo stato eccitato e lo stato base. In accordo con questa ipotesi un voltaggio può apparire sui margini tra l'acqua interfacciale e la massa d'acqua. Egli suggerì, anche, che questa proprietà può aumentare l'energia trasferita nei sistemi biologici e la durevole e lunga eccitazione elettronica che poteva essere osservata.

Nel decennio successivo, comunque, la corrente principale della biologia molecolare si focalizzò sull'interazione tra biomolecole (10 – 12), negando ogni possibile ruolo dell'acqua.

Simultaneamente, la ricerca sull'acqua si focalizzò sulla struttura interna dell'acqua pura, che è di fatto un'astrazione poiché non vi è in natura nulla che corrisponda all'acqua pura, poiché l'acqua sempre contiene altre specie di molecole, primi tra tutti i gas atmosferici. Il problema del trasferimento di elettroni (13) nell'acqua degli organismi viventi non è stato trattato.

Recentemente, un'ondata di interesse si è manifestata in merito al ruolo dell'acqua nelle strutture organizzate, che evidenzia possibili dinamiche complesse (14). Ad esempio possiamo citare recenti studi in merito alla presenza di strutture coerenti all'interno degli organismi, che producono possibili e specifiche funzioni biologiche. Ci riferiamo in particolare agli studi inerenti la fotosintesi (15-17). In questi articoli si fa riferimento alla lunga durata della coerenza dei cloroplasti, forse più ampia di quanto previsto dalle teorie attualmente disponibili relative alle biomolecole. Da quando le ricerche teoriche basate sulla Elettrodinamica Quantistica hanno suggerito la spontanea insorgenza della coerenza nell'acqua liquida (18-19) un'attraente ipotesi è che il campo elettromagnetico sia responsabile della coerenza delle strutture molecolari nell'acqua, le quali si mantengono tali per tempi lunghi. Questo può spiegare la peculiare coerenza dei cloroplasti.

Un ulteriore elemento in merito al ruolo organizzatore dell'acqua è stato recentemente fornito (20) nel quadro delle ricerche relative al fenomeno di Belousov-Zhabotinsky (BZ), che è un'oscillazione regolare nel tempo di concentrazioni di reagenti chimici all'interno di un sistema appropriatamente preparato. E' stato dimostrato che l'oscillazione regolare compare solo quando la quantità di acqua che delimita la superficie supera una soglia critica; emerge un'indicazione: l'acqua può giocare in questo caso il ruolo essenziale di organizzatrice.

Nel presente lavoro vogliamo illustrare i requisiti necessari alla struttura dell'acqua affinché sia in grado di governare, al suo interno, le dinamiche molecolari. In questo quadro cercheremo di capire il ruolo unico e fondamentale che l'acqua gioca negli organismi viventi (attualmente l'acqua non può essere sostituita da nessun altro liquido con legami idrogeno) e la differenza tra la massa d'acqua e l' "acqua speciale", quale è quella chiusa tra superfici che si comporta come l'acqua dei sistemi biologici.

## **2. Fenomeni anomali nell'acqua liquida e negli organismi viventi**

Le proprietà anomale dell'acqua interfacciale erano già note alla fine degli anni '40 (2).

L'acqua negli organismi viventi potrebbe essere considerata acqua interfacciale, poiché non c'è quasi nessun punto nell'organismo che disti più di una frazione di micron da una qualche superficie (membrane cellulari, ossature delle macromolecole, ecc).

L'acqua interfacciale è stata investigata da un certo numero di ricercatori (21-23). In particolare, è stato scoperto che strati spessi di acqua, contigui a superfici biologiche, restano fermi quando il fluido circostante è vigorosamente agitato (24) e vi è una relazione tra lo spessore dello strato e l'intensità dell'agitazione del liquido circostante. Successivamente, Pollack e Clegg (25) hanno suggerito l'esistenza di un legame tra questi strati non agitati e le zone EZ (zone di esclusione) in cui i soluti erano incapaci di penetrare; la sua esistenza nelle cellule eucariote era stata indicata per la prima volta da Mollenhauer e Morrè nel 1978 (26). Ulteriori contributi all'investigazione sull'acqua EZ possono essere trovati nella bibliografia del riferimento (25).

Le proprietà dell'acqua EZ sono state largamente investigate dal gruppo guidato da G.H. Pollack (27-31). Usando coloranti, dissolti in acqua come un rivelatore, egli è stato capace di scoprire l'esistenza di regioni estese nel confine tra il liquido e la parete del contenitore, in cui i coloranti erano impediti di entrare (zone di esclusione) purché la parete fosse una superficie idrofila. Lo spessore delle zone di esclusione poteva raggiungere una lunghezza di alcune centinaia di micron, molto maggiore delle stime degli studi convenzionali sull'acqua liquida. Per esempio, nello schema computazionale presentato da Buch *et al.* (32), gli strati interfacciali sono definiti come contenere 60 molecole, la cui taglia totale non può eccedere un paio di centinaia di Å, una lunghezza minore dello spessore osservato dello strato EZ di ben quattro ordini di grandezza.

Le proprietà fisiche dell'acqua EZ potrebbero essere riassunte come segue:

- 1) L'acqua EZ è considerevolmente più viscosa dell'acqua normale (di circa dieci volte).
- 2) L'acqua EZ ha un potenziale elettrico negativo (fino a 150 mV) rispetto alla normale acqua circostante; quindi la coppia *acqua EZ – acqua normale* è una pila redox. Questa proprietà dell'acqua EZ potrebbe render conto dell'origine delle eccitazioni elettroniche considerate da Szent-Gyorgyi.
- 3) I protoni si concentrano al confine tra l'acqua EZ e l'acqua normale.
- 4) L'acqua EZ mostra un picco di assorbimento di luce a 270 nm; esso emette fluorescenza quando viene eccitata da luce che abbia questa lunghezza d'onda.
- 5) L'illuminazione dell'acqua EZ attraverso la luce (specialmente la radiazione infrarossa) accresce lo spessore dello strato.
- 6) Come precedentemente detto, l'acqua EZ non può ospitare soluti.

La precedente lista di proprietà sembra abbastanza misteriosa all'interno dello schema delle idee convenzionali sull'acqua liquida.

Una possibile obiezione sulla natura dell'acqua EZ, cioè che la zona di esclusione osservata potrebbe essere un reticolo di filamenti che emergono dalla parete dentro l'acqua, è stata esclusa da accurate investigazioni sperimentali (33).

L'acqua EZ sembra essere una fase differente dell'acqua liquida. Il problema di quante fasi costituiscano l'acqua liquida è un problema che sta in piedi da molto tempo.

Già nel 1892, Roentgen (34) propose un modello a due fasi dell'acqua liquida, costruito in modo da accordarsi con il comportamento osservato dei coefficienti di solubilità dei buoni soluti con la temperatura. Questo modello fu generalmente accettato fino all'inizio degli anni '30, quando Bernal e Fowler (35) lo criticarono sulla base che la molecola d'acqua obbediva ad una Hamiltoniana ben definita, che non consentiva l'esistenza di più di una fase nelle medesime condizioni termodinamiche.

Tuttavia, solo pochi anni dopo nell'ambito della Teoria Quantistica dei Campi fu proposto un modello dell'elio liquido superfluido (36), che veniva considerato un liquido a due fasi.

L'obiezione di Bernal e Fowler era superata poiché il liquido non era più considerato come una collezione di molecole singole. La cosiddetta fase normale soltanto era considerata come tale, mentre la fase superfluida era uno stato collettivo costituito, non soltanto, di molecole ma anche di un campo esteso responsabile delle correlazioni tra molecole. Naturalmente questo campo era strettamente connesso all'esistenza dello stato collettivo e spariva con esso. Il campo correlante diventava, quindi, una componente che aveva uguali diritti delle molecole. Noi discuteremo questo argomento nella prossima sezione.

Diversamente dall'elio liquido, l'acqua liquida è stata riguardata, per molti decenni (37), come una mera collezione di molecole singole tenute insieme da forze statiche di breve raggio d'azione (ponti idrogeno o altro), il cui legame era probabilmente controbilanciato dalle collisioni termiche o dalle oscillazioni delle molecole prodotte dalle eccitazioni degli stati più bassi (meno di  $200\text{ cm}^{-1}$ ) dello spettro della molecola. Tuttavia, questo modello difficilmente consentiva più di una fase dell'acqua liquida. Conseguentemente l'acqua è stata riguardata per molto tempo come un liquido monofasico. Di fatto lo scattering dei neutroni rivela l'acqua liquida come un liquido omogeneo (38). Tuttavia, in tempi recenti comincia ad essere raccolta evidenza di una struttura disomogenea dell'acqua liquida (39). I risultati delle indagini sperimentali sulla struttura dell'acqua potrebbero essere meglio pesati alla luce del tempo di risoluzione dell'esperimento. Il tempo di risoluzione è la durata della misura elementare dell'evento di scattering, ovvero della durata della collisione. Se la struttura a due fasi desse luogo a un panorama in rapido movimento, l'osservazione di questa struttura richiederebbe un tempo di risoluzione più breve della tipica vita media del panorama.

Conseguentemente, l'allontanamento da una struttura omogenea potrebbe non essere stato osservato fino a tempi recenti, quando il tempo di risoluzione degli esami sperimentali è divenuto sufficientemente breve. Le spettroscopie vibrazionali sono state suggerite come un mezzo di

indagine per rivelare strutture non omogenee in rapido movimento, poiché le frequenze di transizione sono sensibili agli ambienti locali molecolari (40-41).

L'esistenza di una pluralità di fasi dell'acqua liquida ha recentemente ricevuto importanti corroborazioni. Vi sono stati rapporti che dicono che, sottomettendo l'acqua liquida a ben definiti trattamenti fisici (irradiazioni da onde elettromagnetiche, sospensione di microsfele di materiali inerti, dissoluzione di macro molecole di fullerene), speciali varietà di liquido vengono ottenute, che hanno proprietà differenti dall'acqua normale e simili all'acqua EZ (42-44).

Inoltre, una varietà di acqua avente proprietà simili all'acqua presente negli organismi biologici è stata ottenuta eseguendo particolari processi biologici nell'acqua normale, connessi essenzialmente con la fotosintesi (45). In questo ultimo caso la viscosità era piuttosto minore che nell'acqua normale, che è l'opposto del caso dell'acqua EZ. Altre proprietà anomale delle precedenti varietà di acque coinvolgono la termodinamica (forte diminuzione del calore di mescolamento con soluzioni alcaline titolate) (46) e l'elettrochimica (forme diverse dei depositi di elettroliti sugli elettrodi) (42). La coesistenza di differenti fasi dell'acqua liquida nelle stesse condizioni termodinamiche, quindi, non può più essere esclusa.

Come detto in precedenza, l'argomento contrario, prodotto da Bernal e Fowler, può essere aggirato assumendo l'esistenza di stati collettivi delle molecole d'acqua, che richiedono l'esistenza di un campo di correlazione mesoscopico/macroskopico, come quello presente nell'elio superfluido.

Se questo campo di correlazione fosse capace di esistere in molte configurazioni la possibilità di molti stati collettivi dell'acqua e, quindi, di molte fasi potrebbe emergere.

Questa possibilità, naturalmente, non può emergere all'interno dello schema concettuale della Meccanica Quantistica, dove una collezione di molecole, che interagisce attraverso forze statiche, ammette - in accordo al teorema fondamentale di von Neumann (47) - un unico stato fondamentale (vuoto) e quindi un'unica fase in date condizioni termodinamiche.

Non è quindi sorprendente che gli approcci convenzionali *ab initio* all'acqua (48), basati proprio sulla Meccanica Quantistica, la descrivano come un liquido monofasico. Al contrario, lo schema concettuale della Teoria Quantistica dei Campi ammette infiniti stati fondamentali (vuoti), ognuno corrispondente ad una particolare funzione che descrive il valore di aspettazione del campo coinvolto (49).

Nell'approccio di Teoria Quantistica dei Campi i quanti del campo, che correlano le molecole, sono componenti del sistema con gli stessi diritti delle molecole; naturalmente essi spariscono quando il sistema viene distrutto.

Nella Teoria Quantistica dei Campi l'interazione è considerata un oggetto così come le componenti basilari. In più, lo stretto legame tra molecole ed il campo di correlazione produce nuovi oggetti fondamentali, chiamati quasi-particelle, e la separazione convenzionale tra materia ed interazione è fatta cadere (49). E' interessante ricordare che una simile visione è stata anticipata, molto tempo fa, nello schema concettuale della biologia vitalistica dal botanico tedesco Julius Sachs (50), che ha sottolineato che negli organismi viventi (come le piante) materia ed energia non sono separate ma sono un'unica sostanza che egli ha chiamato *energid*, che vuol dire materia energizzata.

Un importante risultato dell'approccio di Teoria Quantistica dei Campi è il ruolo fondamentale assunto da quella variabile fisica denominata la *fase*  $\Phi$  del campo (che non deve essere confusa con la fase termodinamica). La stessa parola indica due cose diverse. La *fase*  $\Phi$  descrive il ritmo di oscillazione del campo e quindi gli aspetti ondulatori del sistema. La dualità tra descrizioni particellari ed ondulatorie del sistema fisico è riassunta dal principio di indeterminazione, tra il numero  $N$  dei quanti (che sono i fotoni per un campo elettromagnetico, gli atomi o le molecole per il campo di materia, le quasi-particelle per il campo di interazione) e la fase  $\Phi$  (Equazione 1) dove  $h$  è la ben nota costante di Planck.

$$\Delta N \Delta \Phi \geq h \quad (1)$$

Questo principio appare in Teoria Quantistica dei Campi dove il numero di particelle componenti è lasciato indefinito; questo principio non esiste nell'ordinaria Meccanica Quantistica dove una fase è attribuita ad un definito numero di particelle. In questo senso, l'ordinaria Meccanica Quantistica appare come una approssimazione semi-classica a una Fisica Quantistica completa, che è più correttamente descritta dalla Teoria Quantistica dei Campi.

La disuguaglianza (1) ha un significato analogo alla relazione di Heisenberg tra le incertezze della posizione e dell'impulso e ci dice che è impossibile definire simultaneamente sia il numero dei quanti (cioè la struttura microscopica del sistema) e la sua fase, che attraverso la ben definita funzione matematica che la descrive può acquistare un contenuto di informazione. Dopo tutto, è ben noto che un discorso - che trasporta un'informazione - è niente altro che un insieme di frequenze che si evolve nel tempo in accordo ad una legge ben definita. Quello che l'ineguaglianza (1), che riassume il contenuto della Teoria Quantistica dei Campi, ci dice è che un contenuto di informazione che si *evolve nel tempo* (cioè un'informazione non data una volta per tutte dall'esterno), in altre parole un'informazione vivente, non può essere attaccata ad un ben definito insieme di molecole e quanti.

Poiché noi conosciamo (51) che l'acqua liquida è il fondamentale ingrediente degli organismi viventi (la cui diminuzione al di sotto di una soglia di concentrazione distrugge la possibilità della vita), noi dovremmo concludere che le proprietà fisiche dell'acqua liquida, così come vengono comprese nello schema concettuale della Teoria Quantistica dei Campi, potrebbero rispecchiare le sopra citate proprietà. Per controllare questa possibilità noi abbiamo bisogno di descrivere l'acqua come un grande insieme di molecole (campo di materia) interagente, attraverso un campo a lungo raggio di azione (il solo possibile candidato è il campo elettromagnetico), e verificare l'esistenza di molte soluzioni corrispondenti alla pluralità delle fasi (nel senso termodinamico, ora) richieste da un organismo vivente capace di auto-organizzarsi e quindi contenente un serbatoio di informazioni (52).

(La parola fase vuol dire due cose o lo stato di aggregazione nella materia, cioè la fase termodinamica, oppure il ritmo di oscillazione, la stessa parola indica due concetti totalmente diversi.)

### **3. Una descrizione dell'acqua liquida attraverso la Teoria Quantistica dei Campi .**

Il processo di condensazione della materia (cioè la trasformazione di un insieme di molecole non correlate, un gas) in un collettivo di molecole funzionanti all'unisono (un liquido o un solido) ha presentato un certo numero di problemi concettuali ai fisici. Per un lungo tempo, nell'ultimo secolo, la materia condensata è stata riguardata dalla maggioranza dei fisici come un gas denso, in cui le molecole arrivavano ad una così breve distanza che le forze statiche di corto raggio d'azione (forze di van der Waals, forze di Lennard-Jones, forze di London, legami idrogeno) acquisivano la possibilità di tenerli insieme. Questo approccio ha rovesciato causa ed effetto, poiché non ha spiegato perché e come le molecole avrebbero potuto raggiungere una distanza a cui le forze statiche potevano diventare efficaci. In ogni caso in questo approccio, che non è fondato sulla Teoria Quantistica dei Campi, le fasi dei componenti non giocavano nessun ruolo.

Un differente approccio è stato concepito durante l'investigazione di un liquido, l'elio superfluido, dove l'esistenza di una correlazione di fase tra i componenti non poteva essere negata (36). Per un lungo tempo questo approccio è rimasto confinato all'elio liquido, come conseguenza del fraintendimento che una Fisica Quantistica macroscopica possa esistere unicamente a temperature molto basse. Negli ultimi anni tuttavia, grazie anche ai progressi dell'Ottica Quantistica, il problema generale dell'interazione di un gran numero di componenti microscopici con un campo elettromagnetico è stato affrontato raggiungendo un certo numero di risultati non banali.

Recentemente, nello schema teorico dell'Ottica Quantistica, è stato scoperto (53) che un insieme strettamente impacchettato di atomi era capace di far filtrare fuori fotoni (cioè di dar luogo ad un campo elettromagnetico non nullo), anche in assenza di una pompa esterna, purché l'usuale

*Approssimazione di Onda Ruotante (RWA)* - che è equivalente a trascurare tutti gli accoppiamenti tra modi elettromagnetici con differenti frequenze - sia lasciata cadere. Questo risultato, che è derivato rigorosamente dalle equazioni basilari dell'Ottica Quantistica, può essere compreso ricordando che, nella Fisica Quantistica, il vuoto è capace di scambiare energia ed impulso con la materia, come mostrato da quei ben noti effetti che sono il Lamb-shift o l'effetto Casimir. Proprio considerando l'esistenza delle fluttuazioni del vuoto quantistico, già nel 1916, W. Nernst (54) ha suggerito la possibilità di sintonizzare le fluttuazioni di tutti i componenti di un sistema e quindi l'apparizione di una fase comune.

Questa possibilità è stata controllata all'interno dello schema dell'Elettrodinamica Quantistica in cui l'interazione tra gli atomi, mediata dal campo elettromagnetico, è affrontata partendo dai primi principi (55 – 57). Noi riassumeremo qui i principali punti di questo approccio evitando tutte le difficoltà di un rigoroso trattamento matematico ed i tecnicismi dell'Elettrodinamica Quantistica. Useremo argomenti intuitivi in modo esteso a beneficio dei non specialisti, pagando il prezzo di un po' di mancanza di precisione in certi punti.

Il nostro punto di partenza è un insieme di un gran numero  $N$  di atomi (o molecole). Per semplicità noi supponiamo che questi atomi abbiano soltanto due stati - lo stato fondamentale e lo stato eccitato - la cui energia di eccitazione sia  $E = h\nu$ . Questa ipotesi sarà fatta cadere alla fine. La dimensione di un atomo è dell'ordine di  $1\text{\AA}$ , mentre la dimensione del fotone capace di eccitare l'atomo è la sua lunghezza d'onda  $\lambda = c/\nu$ , che - nel caso di un'eccitazione nell'ordine, come usuale, di una decina di eV - potrebbe essere dell'ordine di circa  $1000\text{\AA}$ . Quindi la taglia dell'oggetto, capace di indurre una transizione in un atomo, è circa mille volte più grande dell'atomo! Proprio questa discrepanza è all'origine della possibilità di produrre regioni estese in cui gli atomi componenti siano correlati. Di fatto un fotone (virtuale) che esca dal vuoto quantistico, a causa delle fluttuazioni quantistiche di Heisenberg, potrebbe eccitare un atomo con una probabilità  $P$  nell'ordine (calcolato sulla base delle stime fondate sul Lamb-shift) di  $10^{-4} \div 10^{-5}$ . L'atomo eccitato potrebbe decadere dopo il suo tipico tempo di decadimento, restituendo il fotone, che potrebbe alternativamente essere riassorbito dal vuoto oppure eccitare un altro atomo. Le probabilità relative di questi due eventi potrebbero dipendere dalla densità  $n = N/\lambda^3$  degli atomi presenti dentro il volume  $\lambda^3$  del fotone. Quando la densità  $n$  eccede la soglia  $n_{\text{crit}}$  (Equazione 2), il fotone non sarà mai più capace di raggiungere di nuovo il vuoto e rimbalzerà per sempre da un atomo all'altro all'interno del volume  $\lambda^3$ .

$$P \lambda^3 n_{\text{crit}} = 1 \quad (2)$$

Quindi il vuoto ha dato un fotone alla materia. Questo processo può continuare finché molti fotoni vengono intrappolati e un significativo campo elettromagnetico è costruito in questa regione.

Questo campo produce due conseguenze:

- 1) attrae atomi co-risonanti, che sono naturalmente gli atomi della stessa specie, producendo un grande aumento della densità, come osservato nella transizione di fase vapore-liquido. La densità di saturazione corrisponde alla distanza inter-atomica a cui la repulsione *hard core* diventa importante. Cosicché la densità osservata verrà a dipendere dalle forze di corto raggio d'azione.
- 2) Il campo elettromagnetico produce una comune oscillazione di tutti gli atomi intrappolati dando luogo ad una fase comune all'interno dell'intera regione, che per questa ragione è chiamata Dominio di Coerenza. Questa fase comune di oscillazione non coincide con la fase originale del fotone libero, poiché il tempo di oscillazione del fotone coinvolto nell'oscillazione comune con gli atomi dovrebbe comprendere anche il tempo speso dentro gli atomi in forma di energia di eccitazione.

In questo processo atomi e fotoni hanno perso la loro identità originale dando luogo a materia energizzata (la *energid* di Sachs) costituita da quasi-particelle correlate (*entangled*) tra di loro nel Dominio di Coerenza. Proprio per questa ragione i fotoni non possono uscire dal dominio di

coerenza, la loro massa quadrata  $m^2 = h^2\nu^2 - h^2c^2/\lambda^2$ , che è zero per un fotone libero, diventa negativa per la quasi-particella (fotone auto-intrappolato) a causa del sopramenzionato aumento del periodo di oscillazione e quindi della diminuzione della frequenza. Un valore negativo della massa quadrata implica l'impossibilità di propagarsi e, conseguentemente, la quasi-particella dovrebbe rimanere intrappolata dentro il Dominio di Coerenza. Questo è un risultato fortunato poiché garantisce la stabilità del sistema che altrimenti perderebbe energia con continuità.

La concentrazione di energia in un piccolo numero di microstati (in principio uno solo) a partire dall'originale gran numero di microstati (corrispondenti alle molte configurazioni degli atomi non correlati) implica una grande riduzione di entropia, che violerebbe il Secondo Principio della Termodinamica, a meno che una corrispondente quantità di energia non sia rilasciata all'esterno. Questo rilascio di energia (ecco perché il sistema deve essere aperto) dà luogo ad un *energy gap*, che implica che l'energia dello stato coerente è minore dell'energia dell'originario stato non-coerente.

L'*energy gap* previene il verificarsi di un *moto perpetuo*. L'energia, prestata originariamente dal vuoto quantistico, è restituita attraverso il flusso esterno di energia, che è niente altro che il calore latente della transizione di fase. La conservazione dell'energia, il Secondo Principio della Termodinamica, sono conseguentemente soddisfatti. E' evidente che le precedenti predizioni teoriche, fondate sulla Teoria dei Campi, si accordano completamente con lo schema osservato della transizione vapore-liquido. Nell'approccio convenzionale le tecniche di simulazione al computer hanno consentito l'investigazione delle proprietà di aggregati di molecole d'acqua, fatti da un piccolo numero di molecole, e la loro stabilità (58). In queste investigazioni è stato riconosciuto che forze a multi-corpi debbono giocare un ruolo importante. In altre parole la materia condensata non può essere descritta in termini unicamente di potenziali tra coppie di particelle. L'attrazione elettrodinamica indotta dall'emergere della coerenza è incrementata, nei sistemi fisici reali, dalle attrazioni statiche di corto raggio d'azione, che giocano un ruolo solo dopo che le molecole sono state condotte a stretto contatto dall'attrazione fondata sull'Elettrodinamica Quantistica.

Dobbiamo sottolineare che l'attrazione statica non capita tra molecole che si trovino nel loro individuale stato fondamentale, ma tra molecole che sono nello stato coerente dove vi è un significativo contributo dello stato eccitato. Vedremo che questa considerazione è molto importante nel caso dell'acqua.

Nel caso reale di molecole, che abbiano non soltanto due configurazioni interne ma molte, la scelta della coppia di stati coinvolti nell'oscillazione coerente richiede, come discusso nel riferimento (18), la stima del tempo richiesto dall'instaurarsi del regime coerente. La coppia di stati, che alla fine dà luogo allo stato coerente, è quella che ha il più veloce tempo di salita verso lo stato in cui appare l'oscillazione coerente. Nel caso dell'acqua questo tempo è stato stimato essere nell'ordine di  $10^{-14}$  secondi (18). A temperature  $T$  non nulle l'attrazione elettrodinamica è controbilanciata dalla dinamica repulsiva delle collisioni termiche, che possono spingere un certo numero di molecole fuori della risonanza. Nel riferimento (18) una derivazione statistica viene fornita che consente di stimare, per ogni valore di  $T$ , la frazione non coerente di  $T$  delle molecole, che hanno perso la coerenza a causa del rumore termico. Le due frazioni  $F_c(T)$  e  $F_{nc}(T)$  di molecole coerenti e non-coerenti sono legate, come nel caso dell'elio liquido superfluido, dalla relazione:

$$F_c(T) + F_{nc}(T) = 1 \quad (3)$$

L'equazione (3) determina, per ogni  $T$ , il numero totale di molecole che appartengono ad ogni fase, ma ogni molecola attraversa le due fasi con continuità nel tempo. Questo fenomeno produce un panorama che fluttua nel tempo; cosicché una misura, il cui tempo di risoluzione sia più lungo del tipico tempo di fluttuazione tra le due fasi, potrebbe scoprire un liquido omogeneo. Solo misure che abbiano un tempo di risoluzione sufficientemente breve possono scoprire la struttura bi-fasica descritta sopra.



Tuttavia, la situazione può cambiare vicino ad una parete, dove l'attrazione tra le molecole del liquido e la parete potrebbe essere capace di stabilizzare lo stato coerente proteggendolo dagli effetti distruttivi delle collisioni.

Discutiamo ora il caso particolare dell'acqua. La teoria precedente si applica a tutte le specie molecolari. Tuttavia, come mostrato nei riferimenti (18-20), nel caso dell'acqua lo stato eccitato coinvolto nell'oscillazione coerente (12,06 eV) giace appena al di sotto della soglia di ionizzazione della molecola (12,60 eV). Un'oscillazione di 12,06 eV corrisponde ad una taglia del Dominio di Coerenza dell'acqua di 0,1 micron. La nascita dell'oscillazione coerente dà luogo all'apparizione di un elettrone quasi libero nello stato coerente; quindi il Dominio di Coerenza diventa un serbatoio di elettroni quasi liberi che sono facilmente eccitabili. Nel riferimento (59), lo spettro di eccitazione dei Domini di Coerenza dell'acqua è stato calcolato; ogni eccitazione corrisponde a un vortice coerente *freddo* di elettroni quasi liberi. Di fatto, gli elettroni quasi-liberi appartengono ad uno stato coerente cosicché una perturbazione esterna, che sia più piccola *dell'energy gap*, non può essere ricevuta da una qualsiasi molecola individuale, ma è immagazzinata dal Dominio di Coerenza come un tutto dando origine ad uno stato eccitato collettivo, che è ancora coerente. L'analisi del riferimento (59) mostra l'esistenza di un gran numero di stati eccitati, caratterizzati dal loro momento angolare  $L$ , le cui differenze di energia sono nell'ordine dell'energia delle radioonde (che corrispondono in frequenza ad alcune decine di kHz). Poiché i vortici sono freddi, essi non possono decadere termicamente, quindi la loro vita media dipende dalla vita media del Dominio di Coerenza a cui essi appartenevano. Conseguentemente le eccitazioni dei Domini di Coerenza dovrebbero durare un tempo molto lungo e, in più, dar luogo ad una somma di molte successive eccitazioni la cui energia, quindi, diventa sempre più alta. La possibilità dell'immagazzinamento è accresciuta dall'accoppiamento dei momenti magnetici dei vortici freddi di elettroni con il campo magnetico terrestre, che li allinea. Lo spettro degli stati eccitati dei Domini di Coerenza dell'acqua, dato nella riferimento (59), è limitato superiormente dall'*energy gap*, che è 0,26 eV per molecola. Poiché in un Dominio di Coerenza vi sono circa sei milioni di molecole è evidente che lo spettro di un Dominio di Coerenza dell'acqua isolato non ha praticamente limite superiore. Questo significa che, dentro il Dominio di Coerenza, è possibile immagazzinare quantità di energie che possono raggiungere il visibile e l'ultravioletto. In questo modo il Dominio di Coerenza dell'acqua può diventare un sistema capace di raccogliere l'energia dell'ambiente e trasformarla in energia capace di indurre eccitazioni elettroniche nelle biomolecole che circondano i Domini di Coerenza. Questa proprietà, che emerge naturalmente nello schema della Teoria Quantistica dei Campi, accoglie le richieste di Szent-Gyorgyi (3-5) fatte molto tempo fa su basi puramente biologiche. Questo risultato apre nuove prospettive nell'investigazione di importanti fenomeni naturali come il fulmine. Un fulmine emerge dalle nuvole, che sono insieme di goccioline d'acqua soppese nell'aria, niente altro. A dispetto di questa semplicità, grandi quantità di energia e di carica elettrica sono trasportate dal fulmine. Poiché noi abbiamo provato che un Dominio di Coerenza dell'acqua può rilasciare facilmente elettroni e può immagazzinare grandi quantità di energia noi, allora, abbiamo di fronte l'attraente possibilità che potremmo imparare qualcosa sulla dinamica dei fulmini usando l'approccio di Teoria Quantistica dei Campi.

Concludiamo questa sezione discutendo la struttura delle forze statiche di corto raggio d'azione tra le molecole d'acqua coerenti. Come mostrato nel riferimento (18) lo stato eccitato che appare nello stato coerente dell'acqua è uno stato  $5d$ , cioè in questo stato vi è un elettrone molto decentrato che ha un elevato momento angolare ( $L=2$ ). La nuvola elettronica nello stato eccitato assume quindi una forma di siluro; la forma media della nuvola elettronica nello stato coerente è la combinazione delle forme nelle due configurazioni componenti tra le quali la molecola coerente oscilla. Come discusso nel riferimento (60), la contaminazione della configurazione elettronica dello stato eccitato induce l'apparizione, nella nuvola elettronica dello stato fondamentale, di due protuberanze oscillanti con la stessa frequenza dell'oscillazione collettiva del dominio di coerenza. Questo produce il fenomeno osservato del ponte idrogeno che diventa quindi un effetto dell'esistenza del regime coerente.

Cosicché il reticolo legato da ponti idrogeno delle molecole dell'acqua diventa l'immagine fenomenica della frazione coerente.

#### 4. L'acqua liquida attigua alle superfici.

Una conclusione nella precedente sezione è stata che la normale massa d'acqua liquida lontana dalle pareti è una combinazione di una fase coerente e di una fase non-coerente, le cui quantità dipendevano dalla temperatura. Tuttavia, ogni molecola oscilla con continuità tra le due fasi in accordo ad una tipica scala temporale del rumore termico cosicché noi otteniamo, alla fine, una immagine spaziale oscillante. Vicino ad una superficie l'interazione tra le molecole e le pareti introduce un nuovo fattore nella dinamica. Se l'interazione acqua-parete è fortemente attrattiva, come nel caso studiato dal gruppo di Pollack (27-31), l'effetto distruttivo delle collisioni termiche viene neutralizzato e l'intera acqua interfacciale riesce a rimanere coerente, imitando il comportamento dell'acqua a bassa temperatura ( $T \leq 200$  K), che è tutta coerente come si dimostra nel riferimento (61). Di fatto, un'acqua pienamente coerente appare come un vetro poiché è impossibile toccare una molecola senza influenzare tutte le altre, la viscosità conseguentemente cresce come osservato sperimentalmente. E' interessante osservare che l'acqua nelle cellule viventi, dove ogni molecola d'acqua non dista più che qualche frazione di micron da una qualche superficie, assume un'apparenza vetrosa (62), che gioca un ruolo importante in biologia. Come osservano Pagnotta e Bruni (63): *“l'acqua interfacciale intra-cellulare è direttamente coinvolta nella formazione di matrici amorfe con proprietà dinamiche strutturali simili al vetro. Noi proponiamo che questa vetrosità dell'acqua, geometricamente confinata dalla presenza di superfici intracellulari solide, è una caratteristica chiave che è stata sfruttata dalla natura per costruire un meccanismo capace di accordare tra loro le molto differenti scale temporali della dinamica della proteina e del solvente; cioè di rallentare la dinamica veloce del solvente e farla sovrapporre con i tempi di trasformazione, molto più lenti, della proteina in modo da sostenere le funzioni biologiche. In aggiunta, ed egualmente importante, lo stesso meccanismo può essere usato per fermare completamente o rallentare i processi biologici, come una protezione contro condizioni estreme come la bassa temperatura o la disidratazione.”*

Paragoniamo ora le predizioni dell'Elettrodinamica Quantistica sull'acqua coerente con le proprietà osservate dell'acqua EZ (27-31). L'assenza di soluti in acqua completamente coerente (stato vetroso) può essere facilmente compresa considerando che nello stato coerente le molecole d'acqua sono strettamente impacchettate insieme l'una all'altra il più che possono. Tuttavia, la densità dell'acqua coerente è minore di quella dell'acqua normale, poiché le molecole coerenti sono spazialmente più estese di quelle non-coerenti, poiché esse sono una combinazione dello stato fondamentale e di uno stato eccitato molto più esteso. Conseguentemente, l'acqua coerente è un liquido a bassa densità ma le sue molecole sono simultaneamente così impacchettate che l'ingresso di molecole esterne non è consentito ed esse possono soltanto affollarsi sulla superficie. La strana proprietà dell'esclusione di soluti dall'acqua interfacciale diventa allora comprensibile nello schema fondato sulla Elettrodinamica Quantistica.

In più, nell'acqua coerente gli elettroni sono mantenuti in oscillazione tra uno stato fondamentale, dove essi sono strettamente legati e non possono sfuggire a temperatura ambiente, ed uno stato eccitato in cui un elettrone è molto debolmente spenzolante fuori della nuvola elettronica. L'insieme di elettroni quasi liberi dà luogo a due principali conseguenze:

- 1) essi possono dar luogo, come discusso nella precedente sezione, a vortici freddi eccitati.
- 2) essi possono rilasciare elettroni fuori del Dominio di Coerenza, sia per effetto tunnel quantistico, sia per piccole perturbazioni esterne.

La seconda conseguenza rende conto della presenza di proprietà di *electron transfer* sulla superficie dell'acqua coerente. L'interfaccia tra acqua interfacciale pienamente coerente e la massa d'acqua normale lontana dalle pareti diventa quindi una pila redox, come richiesto da Szent-Gyorgyi (3-5).

Queste stesse proprietà sono state osservate nell'acqua EZ (27) corroborando l'assunzione della sua identificazione con l'acqua interfacciale coerente.

Nel riferimento (20), il salto di potenziale elettrico esistente sull'interfaccia tra acqua coerente ed acqua non-coerente è stato stimato essere nell'intervallo  $55 \div 120$  mV, in buon accordo con i valori osservati dei potenziali elettrici sulle membrane cellulari e sull'acqua EZ.

Noi concludiamo questa sezione osservando che in un organismo vivente l'acqua, che risponde di circa il 70% della massa totale e del 99% del numero totale di molecole, può essere considerata come acqua totalmente interfacciale poiché ogni molecola è sempre più vicina di una frazione di micron da una qualche superficie o scheletro macromolecolare, mentre l'osservato spessore dell'acqua EZ è molto più grande.

## 5. Acqua liquida coerente come struttura dissipativa

La possibilità di stati eccitati coerenti dei Domini di Coerenza dell'acqua apre un'affascinante prospettiva: la possibilità di coerenza tra Domini di Coerenza dell'acqua! In questo modo, molte regioni coerenti – ognuna avente una taglia di 0,1 micron – potrebbero dar luogo a regioni coerenti molto più estese come negli organismi viventi. Una gerarchia di regioni organizzate, ognuna contenuta nella precedente, può emergere. Di fatto, questa possibilità vale soltanto per liquidi in cui la componente eccitata dello stato coerente giaccia proprio al di sotto della soglia di ionizzazione e questo è proprio il caso peculiare dell'acqua. Tuttavia questa prospettiva può diventare reale soltanto se un certo numero di condizioni sono soddisfatte.

Noi abbiamo visto che i Domini di Coerenza dell'acqua possono essere facilmente eccitati.

I Domini di Coerenza dell'acqua sono capaci di raccogliere un gran numero di piccole eccitazioni esterne (energia di basso grado, alta entropia) producendo singoli vortici coerenti la cui energia è la somma di tutte le piccole energie di eccitazione, ma la cui entropia è piccola (quindi energia di alto grado e bassa entropia). Questa energia collettiva, tuttavia, non può essere rilasciata all'esterno in modo termico e questo spiega la lunga vita degli stati eccitati dei domini di coerenza. Per produrre coerenza tra i Domini di Coerenza è necessario far oscillare i Domini di Coerenza, il che vuol dire che i Domini di Coerenza debbono diventare capaci di scaricare all'esterno la loro energia.

Una possibile via d'uscita potrebbe essere uno scarico chimico dell'energia. Esaminiamo in dettaglio questa possibilità. Prima di tutto noi osserviamo che, se una molecola esterna non acquosa contenesse nel proprio spettro una frequenza vicina alla frequenza di oscillazione del Dominio di Coerenza dell'acqua, questa molecola potrebbe diventare un ospite che partecipa della dinamica coerente dell'acqua e potrebbe sistemarsi sulla superficie del Dominio di Coerenza. La differenza di frequenza tra i Domini di Coerenza e le molecole ospiti dovrebbe essere più piccola del livello  $kT$  del rumore termico, cosicché la molecola potrebbe uguagliare la frequenza del Dominio di Coerenza rubando l'energia richiesta al bagno termico. Questo è un fenomeno ben noto in Ottica Quantistica, dove è denotato con il nome di raffreddamento laser, *laser cooling* (64). Questa condizione determina quali molecole possono diventare ospiti dei Domini di Coerenza dell'acqua ad un dato valore di  $T$  (e diventare conseguentemente biomolecole). Chiamando  $\nu_{CD}(T)$  la frequenza del Dominio di Coerenza dell'acqua (che dipende dal numero di componenti che dipendono a loro volta da  $T$ ),  $\nu_i$  la frequenza del  $i$ -esimo modo molecolare, la condizione diventa:

$$|\nu_{CD}(T) - \nu_i| \leq kT \quad (4)$$

La disuguaglianza (4) suggerisce un possibile criterio per selezionare la molecole capaci di partecipare ad un processo biologico. Per esempio, è noto che la natura sceglie 20 aminoacidi soltanto che possono essere usati negli organismi viventi, su un totale di circa un centinaio. Emerge la possibilità che la spiegazione del precedente mistero possa risiedere proprio nella disuguaglianza (4). La frequenza di oscillazione del campo elettromagnetico, intrappolato nel Dominio di Coerenza, è 0,26 eV a  $T=0$  nello stato fondamentale del Dominio di Coerenza (18). Quando il

Dominio di Coerenza accumula energia questa frequenza cambia; in più la frequenza, che dipende dal numero di molecole coerenti, diminuisce quando questo numero diminuisce aumentando la temperatura. Noi non abbiamo ancora calcolato la velocità di questa decrescita, che potrebbe concepirsi dar luogo ad una frequenza di circa 0,2 eV a temperatura ambiente. E' interessante che gli aminoacidi coinvolti negli organismi viventi mostrano linee spettrali vicino a questo valore. Noi pensiamo che la precedente congettura meriti un'investigazione.

Tuttavia, le differenze tra i momenti di dipolo radioattivo delle molecole ospiti e delle molecole d'acqua, potrebbe in principio distruggere la coerenza totale, a meno che il numero di ospiti sia piccolo rispetto al numero di molecole d'acqua. Usando una metafora, una dozzina di cantanti che cantano a gran voce potrebbe non disturbare un coro di un migliaio di bambini che cantano, ma potrebbe disturbare in un coro diciamo di 50 bambini. Questa considerazione potrebbe aiutarci a capire perché l'acqua è così abbondante in un organismo vivente (99% del numero totale di molecole). E' concepibile che i Domini di Coerenza dell'acqua potrebbero essere incapaci di governare un numero maggiore di molecole ospiti.

Quindi, se un Dominio di Coerenza dell'acqua dovesse accettare un piccolo numero di molecole ospiti tra i suoi partecipanti allora l'energia di eccitazione immagazzinata nel Dominio di Coerenza potrebbe diventare disponibile per queste molecole ospiti. Quando l'ammontare di energia immagazzinata uguaglia le energie di attivazione delle molecole ospiti, questa energia può essere trasferita ad esse, producendo simultaneamente la loro attivazione chimica, la scarica energetica del Dominio di Coerenza ed uno schema di reazioni chimiche. Il Dominio di Coerenza, allora, si comporterebbe come un laser a molti modi (18, 56). Un certo numero di conseguenze emerge:

- 1) il Dominio di Coerenza ha completato un'oscillazione, la cui durata dipende dalla velocità di immagazzinamento dell'energia, dall'altezza della richiesta energia di attivazione e dalla velocità della reazione chimica. L'inverso di questo tempo è la frequenza di oscillazione del Dominio di Coerenza. Se molti attigui Domini di Coerenza si trovano nello stesso ambiente chimico e termodinamico essi potrebbero entrare in una oscillazione collettiva coerente, che potrebbe a sua volta aumentare il grado di coerenza - che è la larghezza della frequenza di oscillazione - di ognuno dei domini partecipanti.
- 2) Le reazioni chimiche che si verificano alla superficie dei Domini di Coerenza, e che possono beneficiare anche dell'*electron transfer* disponibile lì, non sono più governate dalla diffusione ma sono governate da attrazione elettrodinamica. In accordo ad un teorema di Elettrodinamica Quantistica, due molecole oscillanti con frequenze  $\nu_1$  e  $\nu_2$  dentro una regione riempita da un campo elettromagnetico, oscillante con frequenza  $\nu_0$ , sviluppano una forte attrazione quando le tre frequenze coincidono. Questa attrazione di lungo raggio d'azione sostituisce la diffusione come agente di interazione tra le molecole. L'esistenza di codici governanti il sistema di reazioni biochimiche potrebbe quindi essere compresa (65).
- 3) Il rilascio di energia delle reazioni chimiche è investito, a causa della coerenza, in forma di una eccitazione del campo elettromagnetico intrappolato nel Dominio di Coerenza ed è assorbito dal Dominio di Coerenza dell'acqua. Un corrispondente spostamento della frequenza del Dominio di Coerenza è prodotto cambiando, a sua volta, le specie molecolari capaci di essere attratte e aprendo, conseguentemente, un nuovo ciclo biochimico. Ogni ciclo è quindi aperto dall'esito di quello precedente. La possibilità di un insieme ordinato di reazioni biochimiche emerge.

Due dinamiche correlate sono quindi all'opera:

- a) l'emergenza di una coerenza estesa tra Domini di Coerenza dipendente dalla frequenza dell'oscillazione del Dominio di Coerenza, governata dai processi di carica energetica e di scarica energetica.
- b) L'emergenza di una rete biochimica ordinata nel tempo, governata da attrazioni selettive tra le molecole.

Le due dinamiche sono strettamente interconnesse cosicché si potrebbe dire che la biochimica è lo strumento necessario per tenere l'acqua organizzata su grandi distanze.

Lo sviluppo di una coerenza tra Domini di Coerenza stabilizza la frazione coerente dell'acqua, poiché l'*energy gap* di ogni coerenza addizionale si aggiunge all'*energy gap* dei Domini di Coerenza singoli, fornendo una protezione addizionale contro gli effetti disordinanti del rumore termico.

Conseguentemente, i liquidi che abbiano questa coerenza estesa mostrano un panorama interno meno fluttuante, dando luogo alla possibilità di una massa d'acqua che mostra modi coerenti. Questo è esattamente ciò che viene osservato nelle acque speciali prodotte recentemente (42 -45). Noi osserviamo anche che la coerenza tra Domini di Coerenza non è equivalente a incollare i Domini di Coerenza tra di loro, ma implica semplicemente che domini separati oscillano all'unisono.

Conseguentemente, al contrario del caso dell'acqua EZ, dove i domini di coerenza si incollano tra di loro a causa della comune attrazione alla parete, in questo caso noi possiamo avere un liquido meno viscoso, come osservato nell'elio superfluido e nell'acqua speciale descritta nel riferimento (45).

La formazione di un insieme di Domini di Coerenza è accompagnata dall'espulsione dei soluti, inclusi i gas atmosferici, dal loro interno cosicché, nel preciso momento della formazione del Dominio di Coerenza, all'interno della massa d'acqua una micro-bolla appare. Nella normale acqua lontana dalle pareti le micro-bolle appaiono e spariscono in modo fluttuante, rispecchiando la distribuzione spaziale fluttuante dei Domini di Coerenza. Al contrario, nelle acque speciali, in cui la coerenza estesa viene stabilita, la distribuzione spaziale dei Domini di Coerenza diventa molto meno fluttuante e questo è rispecchiato da una distribuzione spaziale ordinata, non fluttuante, delle micro-bolle. Questo è esattamente ciò che è osservato nella Neowater descritta nel riferimento (42). Quindi, la transizione tra insiemi fluttuanti ed ordinati di micro-bolle nell'acqua liquida riflette la transizione tra coerenza e non-coerenza dei Domini di Coerenza dell'acqua.

Concludiamo questa sezione descrivendo l'energetica della coerenza estesa dell'acqua.

Raccogliendo energia da un gran numero di gradi di libertà (grande valore dell'entropia iniziale  $S_{ini}$ ) il sistema produce un sistema coerente esteso avente un piccolo valore dell'entropia finale  $S_{fin}$ .

La quantità  $T(S_{fin} - S_{ini})$  negativa, cosicché il Secondo Principio della Termodinamica richiede il rilascio di una corrispondente quantità di energia che il sistema può usare per eseguire lavoro. La rete coerente di Domini di Coerenza dell'acqua diventa allora un candidato per essere un sistema dissipativo *à la Prigogine* (66).

## **6. Il dialogo tra acqua liquida coerente ed ambiente: l'emergenza dell'informazione che si evolve con il tempo.**

L'esistenza di una struttura dissipativa costituita da un insieme coerente di Domini di Coerenza dell'acqua, la cui coerenza estesa dipende dalla presenza di molecole ospiti non acquose nell'acqua, fornisce a questo liquido la capacità di comunicare con l'ambiente. Molto tempo fa Giorgio Piccardi (67 – 69) ha riportato che mutamenti significativi nelle proprietà fisiche dei sistemi molecolari sospesi nell'acqua liquida capitavano simultaneamente ad eventi cosmici o ambientali. Per esempio egli scoprì mutamenti nelle velocità di precipitazione dei colloidi che seguivano l'evoluzione temporale delle macchie solari o eventi climatici. Di fatto l'acqua appariva come un accurato strumento di misura per un gran numero di avvenimenti esterni. Questa proprietà getta una possibile luce sulla capacità degli organismi viventi, che noi sappiamo avere un contenuto dominante di acqua, a percepire avvenimenti esterni. Più sorprendente, l'acqua e gli organismi viventi sono mostrati esser capaci di percepire eventi molto sottili, anche al di sotto della soglia di risoluzione di strumenti tecnici. Noi vogliamo citare in questo contesto la ricerca di V.L. Voeikov e dei suoi colleghi russi (70-71), che sono stati capaci di scoprire picchi nell'intensità di fotoni emessa nell'acqua, arricchita con bicarbonato e Luminol, in coincidenza di eclissi di sole e di luna o anche di terremoti che capitavano molto lontano da Mosca, dove il laboratorio era situato. E' importante ricordare che l'acqua pura non ha questa proprietà di sensitività, ma solo l'acqua contenete soluti o

particelle sospese, come le soluzioni colloidali. Questa proprietà ricorda molto le condizioni necessarie, nell'approccio teorico dell'Elettrodinamica Quantistica, per ottenere la coerenza estesa nell'acqua.

Le proprietà sorprendenti, trovate tra gli altri da Piccardi e Voeikov, non sembrano per nulla sorprendenti nell'approccio dell'Elettrodinamica Quantistica. Di fatto i Domini di Coerenza dell'acqua contengono campi elettromagnetici intrappolati, che producono un potenziale vettore magnetico  $\mathbf{A}$  nello spazio circostante, il cui rotore - e quindi il campo magnetico - è zero (ricordiamo che  $\mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A}$ ).  $\mathbf{A}$  si estende su un range molto più grande di  $\mathbf{H}$ , poiché quest'ultimo campo è dato dalle derivate spaziali di  $\mathbf{A}$ . Vi è, quindi, un accoppiamento tra il potenziale vettore prodotto dai Domini di Coerenza dell'acqua e il potenziale vettore che si origina nella dinamica elettromagnetica che capita nell'ambiente, come la radiazione elettromagnetica prodotta da macchie solari, eventi cosmici, eventi atmosferici e movimenti nella crosta terrestre.

Questa situazione è esattamente quella che dà luogo all'*effetto Bohm-Aharonov* (72), in accordo al quale la fase del sistema è cambiata dal potenziale vettore magnetico. Come conseguenza di questo effetto, i sistemi coerenti in generale ed i sistemi acquosi, che includono gli organismi viventi in particolare, sono rivelatori molto sensibili di deboli campi magnetici attraverso la rivelazione del loro potenziale magnetico. Il ruolo del potenziale magnetico nel dar luogo a comunicazioni tra organismi viventi e ad organizzare ecosistemi è stato discusso nel riferimento (73). L'evidenza raccolta per molti anni dell'impatto di campi magnetici deboli su sistemi acquosi e viventi, fin qui non spiegata, potrebbe trovare, alla fine, una ragion d'essere nell'esistenza di strutture elettromagnetiche nell'organizzazione sovramolecolare dell'acqua liquida. Recentemente il gruppo guidato da L. Montagnier è stato capace di trovare sperimentalmente la presenza di segnali elettromagnetici originatisi nell'acqua che circonda le biomolecole (74).

Poiché la nascita di una coerenza estesa dell'acqua liquida dipende dalla presenza di molecole non acquose, un utile sistema-modello non biologico è fornito dalle rocce che contengono acqua. In accordo alla dinamica descritta nella precedente sezione, l'acqua nelle rocce - attraverso le reazioni chimiche tra i carbonati e i gas atmosferici - produce acqua che ha una più alta coerenza della normale massa d'acqua lontana dalle pareti. I fenomeni strani osservati nell'acqua che viene dalle sorgenti, localizzate nelle grotte, può essere analizzata proprio in questo contesto.

Un interessantissimo articolo di Balk *et al.* (75) ha riportato che, all'interfaccia roccia-acqua, fenomeni ossidativi molto interessanti e anche stress ossidativi appaiono, in analogia a quello che accade negli organismi viventi. Di fatto, le rocce e gli organismi viventi hanno in comune la presenza di uno strato interfacciale di acqua coerente che appare, allora, come un ragionevole candidato ad essere l'attore dei fenomeni riportati. Un contributo lungo questa linea è stato fornito da P.R. Spinetti (76), che ha analizzato il ruolo delle rocce nella dinamica di un particolare ecosistema cioè il giardino.

Un altro significativo sistema-modello è stato fornito da A. Tedeschi (45), che è stato capace di osservare mutamenti nelle proprietà fisiche dell'acqua liquida stimulate dagli eventi biologici che capitano al loro interno. Questi eventi erano la risposta delle foglie e delle alghe sottilmente triturate, quindi biologicamente irritate, in modo da esaltare il più possibile la loro dinamica vivente. In accordo ai risultati di Montagnier (74), è concepibile che in queste condizioni segnali elettromagnetici potrebbero essere emessi dal sistema vivente mutando allora la fase dei Domini di Coerenza dell'acqua. È stato riportato nel riferimento (45) che l'acqua trattata nel modo precedente mantiene le sue proprietà per un lungo periodo e, quindi, diventa capace di rispondere all'ambiente molto di più dell'acqua non trattata. È possibile che quest'ultima proprietà possa segnalare l'emergenza di un più alto livello di coerenza interna. Attraverso il suo accoppiamento con l'ambiente questa acqua diventa un metodo efficiente per trasmettere informazione agli organismi viventi.

## 7. Conclusione e prospettive.

La Teoria Quantistica dei Campi ha prodotto una visione dell'acqua liquida come un mezzo che, per una peculiarità dello spettro elettronico della molecola, si rivela come uno strumento essenziale per comunicazioni a grande distanza, essendo capace di mutare la sua organizzazione supramolecolare in accordo all'interazione con l'ambiente. I campi elettromagnetici, intrappolati nei Domini di Coerenza e nelle loro reti coerenti, producono potenziali elettromagnetici governanti la fase dell'intero sistema, che a sua volta dà luogo ad attrazioni selettive tra le molecole dissolte. In questo modo una rete di reazioni biochimiche (soma) e una informazione che si evolve con il tempo si evolvono simultaneamente, conducendo all'apparizione di quell'auto-consistenza che apre una nuova prospettiva per auto-mantenere e stabilizzare il sistema in studio.

Inoltre, vi è una crescente evidenza a favore delle basi fisiche dell'approccio proposto. Noi ci limitiamo a citare l'affascinante esperimento della formazione del *ponte d'acqua flottante* (77-84) dove sorprendentemente l'acqua si auto intuba, in presenza di alti voltaggi, e diventa capace di fluire, in assenza di ogni contenitore, da un bicchiere ad un altro. Una possibile spiegazione di questo effetto lungo le linee dell'approccio dell'Elettrodinamica Quantistica è stata proposta nel riferimento (85).

## Ringraziamenti.

Noi dedichiamo questo articolo al nostro defunto amico Enzo Tiezzi, che è stato nella sua intera vita scientifica un sostenitore del fondamentale ruolo dell'acqua nell'organizzazione della vita. Noi vogliamo anche ringraziare i nostri amici Larissa Brizhik, Vittorio Elia, Elmar Fuchs, Roberto Germano, Livio Giuliani, Nadia Marchettini, Luc Montagnier, Elena Napoli, Jerry Pollack, Giuseppe Vitiello e Vladimir Voeikov per le appassionante discussioni che hanno contribuito all'emergere del punto di vista presentato in questo articolo.

## Bibliografia

- (1) Kirk, G.S.; Raven, J.E.; Schofield, M. *The Presocratic Philosophers*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1990.
- (2) Henniker, J.C. The depth of the surface zone of a liquid. *Rev. Mod. Phys.* **1949**, *21*, 322-341.
- (3) Szent-Gyorgyi, A. *Bioenergetics*; Academic Press Inc: New York, NY, USA, 1957.
- (4) Szent-Gyorgyi, A. *Bioenergetics*. *Science* **1956**, *124*, 873-875.
- (5) Szent-Gyorgyi, A. *Introduction to a Supramolecular Biology*; Academic Press: New York, NY, USA, 1960.
- (6) Marx, D. Proton transfer 200 years after von Grotthuss: insights from ab initio simulations. *Chem. Phys. Chem.* **2006**, *7*, 1848-1872.
- (7) de Grotthuss, C.J.T. Mémoire-Sur la décomposition de l'eau et des corps qu'elle tient en dissolution à l'aide de l'électricité galvanique. *Ann. Chim. (Paris)* **1806**, *58*, 54-74, (in Francese).
- (8) Stanley H.E.; Teixeira J. Interpretation of the unusual behaviour of H<sub>2</sub>O and D<sub>2</sub>O at low temperatures: tests of a percolation model. *J. Phys. Chem.* **1980**, *73*, 3404-3422.
- (9) Weast, R.C. *Handbook of Chemistry and Physics: 1st Student Edition*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1988; pp. F74.
- (10) Berg, J.M.; Tymoczko, J.L.; Stryer, L. *Biochemistry: International Edition*, 6th ed.; W.H. Freeman: New York, NY, USA, 2006.
- (11) Baserga, R. Biochemistry of the cell cycle: a review. *Cell Proliferation* **2008**, *1*, 167-191.
- (12) Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Walter, P. *Molecular Biology of the Cell*, 4th ed.; Garland Science: New York, NY, USA, 2002.
- (13) Marcus, R.A. Electron Transfer Reactions in Chemistry: Theory and Experiment. (Nobel Lecture). *Angewandte Chemie* **1993**, *32*, 1111-1222.

- (14) Voeikov, V.L.; Del Giudice, E. Water respiration: the base of the living state. *WaterJournal.org* **2009**, *1*, 52-75.
- (15) Chen, C.H.; Liu, K.Y.; Sudhakar, S.; Lim, T.S.; Fann, W.; Hsu, C.P.; Luh, T.Y. Efficient light harvesting and energy transfer in organic-inorganic hybrid multichromophoric materials. *J. Phys. Chem.* **2005**, *109*, 17887-17891.
- (16) Engel, G.S.; Calhoun, T.R.; Read, E.L.; Ahn, T.K.; Mančal, T.; Cheng, Y.C.; Blankenship, R.E.; Fleming, G.R. Evidence for wavelike energy transfer through quantum coherence in photosynthetic systems. *Nature* **2007**, *446*, 782-786.
- (17) Collini, E.; Wong, C.Y.; Wilk, K.E.; Curmi, P.M.G.; Brumer, P.; Scholes, G.D. Coherently wired light-harvesting in photosynthetic marine algae at ambient temperature. *Nature* **2010**, *463*, 644-647.
- (18) 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.
- (19) Del Giudice, E.; Tedeschi, A. Water and the autocatalysis in living matter. *Electromagn. Biol. Med.* **2009**, *28*, 46-54.
- (20) Marchettini, N.; Del Giudice, E.; Voeikov, V.L.; Tiezzi, E. Water: A medium where dissipative structures are produced by a coherent dynamics. *J. Theo. Bio.* **2010**, *265*, 511-516.
- (21) Clegg, J.S. Alternative views on the role of water in cell function. In *Biophysics of Water*; Franks F., Mathias, S.F., Eds.; John Wiley and Sons: New York, NY, USA, 1982; pp. 365-385.
- (22) Drost-Hansen, W. Vicinal hydration of biopolymers: Cell biological consequences. In *Water and the Cell*; Pollack, G.H., Cameron, I.L., Wheatley, D.N., Eds.; Springer-Verlag: Berlin, Germany, 2006; pp. 175-217.
- (23) Antonenko, Y.N.; Pohl, P.; Rosenfeld, E.; Visualisation of the reaction layer in the immediate membrane vicinity *Arch. Biochem. Biophys.* **1996**, *333*, 225-232.
- (24) Barry, P.H.; Diamond, J.M. Effects of unstirred layers on membrane phenomena. *Physiol. Rev.* **1984**, *64*, 763-871.
- (25) Pollack, G.H.; Clegg, J. Unexpected linkage between unstirred layers, exclusion zones, and water. In *Phase Transitions in Cell Biology*; Pollack, G.H., Chin, W.C., Eds.; Springer Science & Business Media: Berlin, Germany, 2008; 143-152.
- (26) Mollenhauer, H.H.; Morré, D.J.; Structural compartmentation of the cytosol: zones of exclusion, zones of adhesion, cytoskeletal and intercisternal elements. In *Subcellular Biochemistry*; Roodyn, D.B., Ed.; Plenum Press: New York, NY, USA, 1978; volume 5, pp. 327-362.
- (27) Zheng, J.M.; Chin, W.C.; Khijniak, E.; Khijniak, E.; Pollack, G.H. Surfaces and interfacial water: evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact. *Adv. Coll. Inter. Sci.* **2006**, *23*, 19-27.
- (28) Pollack, G.H. Water, energy and life: Fresh views from the water's edge. *Int. J. Des. Nat. Ecodyn.* **2010**, *5*, 27-29.
- (29) Chai, B.; Yoo, H.; Pollack, G.H. Effect of radiant energy on near-surface water. *J. Phys. Chem. B* **2009**, *113*, 13953-13958.
- (30) Chai, B.; Pollack, G.H. Solute-Free Interfacial Zones in Polar Liquids. *J. Phys. Chem. B* **2010**, *114*, 5371-5375.
- (31) Chai, B.; Zheng, J.; Zhao, Q.; Pollack, G.H. Spectroscopic studies of solutes in aqueous solution. *J. Phys. Chem. A* **2008**, *112*, 2242-2247.
- (32) Buch, V.; Tarbuck, T.; Richmond, G.L.; Groenzin, H.; Li, I.; Shultz, M.J. Sum frequency generation surface spectra of ice, water, and acid solution investigated by an exciton model. *J. Chem. Phys.* **2007**, *127*, 204710.
- (33) Mártonfalvi, Z.; Kellermayer, M.S.Z. Nanomechanics of exclusion-zone water. Proceedings of 2008 Meeting on Physics, Chemistry and Biology of Water, Mount Snow, Vermont, USA, 2008.
- (34) Rontgen, W.K. The structure of liquid water. *Ann. Phys.* **1892**, *45*, 91-97.
- (35) Bernal, J.D.; Fowler, R.H. A theory of water and ionic solution, with particular reference to Hydrogen and Hydroxyl Ions. *J. Chem. Phys.* **1933**, *1*, 515-548.
- (36) Tisza, L. The theory of liquid helium. *Phys. Rev.* **1947**, *72*, 838-854.
- (37) Franks, F.; *Water, a Comprehensive Treatise*. Plenum: New York, NY, USA, 1982.
- (38) Teixeira, J.; Luzar, A. Physics of liquid water: Structure and dynamics. Hydration Processes in Biology: Theoretical and Experimental Approaches (NATO ASI series A), Bellissent-Funel, M.C., Ed.; IOS Press: Amsterdam, The Netherlands, 1999; pp. 35-65.



- (39) Huang, C.; Wikfeldt, K.T.; Tokushima, T.; Nordlund, D.; Harada, Y.; Harada, U.; Niebuhr, M.; Weiss, T.M.; Weiss, Y.; Leetmaa, M.; Ljungberg, M.P.; Takahashi, O.; Lenz, A.; Ojamäe, L.; Lyubartsev, A.P.; Shin, S.; Pettersson, L.G.M.; Nilsson, A. The inhomogeneous structure of water at ambient conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2009**, *106*, 15214-15218.
- (40) Yang, M.; Skinner, J.L. Signatures of coherent vibrational energy transfer in IR and Raman line shapes for liquid water. *PCCP* **2009**, *12*, 982-991.
- (41) Bakker H.J.; Skinner, J.L.; Vibrational spectroscopy as a probe of structure and dynamics in liquid water. *Chem. Rev.* **2010**, *110*, 1498-1517.
- (42) Katsir, Y.; Miller, L.; Aharonov, Y.; Eshel, B.J. The effect of rf-irradiation on electrochemical deposition and its stabilization by nanoparticle doping. *J. Electrochem. Soc.* **2007**, *154*, D249-D259.
- (43) Andriewski, G.V.; Klochov, V.K.; Derevyanchenko, L.I. Is the C<sub>60</sub> fullerene molecule toxic? *Fuller. Nanotub. Carbon Nanostructur.* **2005**, *13*, 363-376.
- (44) Korotkov, K.; Krizhanovsky, E.; Borisova, M. The research of the time dynamics of the gas discharge around drops of liquid. *J. Appl. Phys.* **2004**, *95*, 3334-3338.
- (45) Tedeschi, A. Is the living dynamics able to change the properties of water? *Int. J. Des. Nat. Ecodyn.* **2010**, *5*, 60-67.
- (46) Elia, V.; Marchese, M.; Montanino, M.; Napoli, E.; Niccoli, M.; Nonatelli, L.; Ramaglia, A. Hydrohysteretic phenomena of —extremely diluted solutions□ induced by mechanical treatments. A calorimetric and conductometric study at 25 °C. *J. Solution Chem.* **2005**, *34*, 947-960.
- (47) von Neumann, J. *Mathematical Foundations of Quantum Theory*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 1955.
- (48) Laasonen, K.J.; Sprik, M.; Parrinello, M.; Car, R. Ab initio liquid water. *Chem. Phys.* **1993**, *99*, 9080-9091.
- (49) Umezawa, H. *Advanced Field Theory: Micro, Macro and the Thermal Concepts*. American Institute of Physics: New York, NY, USA, 1993.
- (50) Sachs, J. Physiologische notizen.II. Beitrage zur zelltheorie. *Flora* **1892**, *75*, 57-67.
- (51) Henry, M. The state of water in living systems: From the liquid to the jellyfish. *Cell Mol. Biol.* **2005**, *51*, 677-702.
- (52) Jørgensen, S.E. Towards a thermodynamics of biological systems. *Int. J. Ecodynamics* **2005**, *1*, 9-27.
- (53) Kurcz, A.; Capolupo, A.; Beige, A.; Del Giudice, E.; Vitiello, G. Energy concentration in composite quantum systems. *Phys. Rev. A* **2010**, *81*, 063821.
- (54) Nernst, W. Über einem versuch von quantentheoretischen betrachtungen zur annahme stetiger energieänderungen zuruckzukehren. *Verh. Deutsche Physikalische Gesellschaft* **1916**, *18*, 83-116.
- (55) Preparata, G. *QED Coherence in Matter*; World Scientific: New Jersey, NJ, USA/Singapore, Singapore/London, UK, 1995.
- (56) Del Giudice, E.; Preparata, G.; Vitiello, G. Water as a free electric dipole laser. *Phys. Rev. Lett.* **1988**, *61*, 1085-1088.
- (57) Del Giudice, E.; Vitiello, G. Role of the electromagnetic field in the formation of domains in the process of symmetry-breaking phase transitions. *Phys. Rev. A* **2006**, *74*, 22105.
- (58) Dang, L.X.; Chang, T.M. Molecular dynamics study of water clusters, liquid, and liquid-vapor interface of water with many-body potentials. *J. Chem. Phys.* **1997**, *106*, 8149-8159.
- (59) Del Giudice, E.; Preparata, G. A new QED picture of water: Understanding a few fascinating phenomena. In *Macroscopic Quantum Coherence*; Sassaroli, E., Srivastava, Y., Swain, J., Widom, A., Eds.; World Scientific: Hackensack, NJ, USA, 1998; pp. 108-129.
- (60) Del Giudice, E.; Galimberti, A.; Gamberale, I.; Preparata, G. Electrodynamical Coherence in Water: A possible origin of the tetrahedral coordination. *Mod. Phys. Lett. B* **1995**, *9*, 953-958.
- (61) Buzzacchi, M.; Del Giudice, E.; Preparata, G. Coherence of the glassy state. *Int. J. Mod. Phys. B* **2002**, *16*, 3771-3786.
- (62) Zhou, E.H.; Trepatt, X.; Park, C.Y.; Lenormand, G.; Oliver, M.N.; Mijailovich, S.M.; Hardin, C.; Weitz, D.A.; Butler, J.P.; Fredberg, J.J. Universal behavior of the osmotically compressed cell and its analogy to the colloidal glass transition. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2009**, *106*, 10632-10637.

- (63) Pagnotta, S.; Bruni, F. The glassy state of water: A ‘stop and go’ device for biological processes. In *Water and the Cell*; Pollack, G.H., Cameron, I.L., Wheatley D.N., Eds.; Springer Verlag: Heidelberg, German, 2007; pp. 93-112.
- (64) Beige, A.; Knight, P.L.; Vitiello, G.; Cooling many particles at once. *New J. Phys.* **2005**, *7*, 96-105.
- (65) Barbieri, M. *The Organic Codes*; The University of Cambridge Press: Cambridge, UK, 2004.
- (66) Del Giudice, E.; Pulselli, R.M.; Tiezzi, E. Thermodynamics of irreversible processes and Quantum Field Theory: An interplay for the understanding of ecosystem dynamics. *Ecol. Model.* **2009**, *220*, 1874-1879.
- (67) Piccardi, G. The 22 years of solar cycle and chemical tests. *J. Interdisciplin. Cycle Res.* **1946**, *3*, 4.
- (68) Piccardi, G. The influence of terrestrial, solar and cosmic phenomena on physical-chemical and biological reactions. *Ciel et Terre* **1956**, *72*, 551-564.
- (69) Piccardi, G. *The Chemical Basis of Medical Climatology*; Charles C. Thomas Publisher: Springfield, IL, USA, 1962.
- (70) Gurfinkel, Y.I.; Voeikov, V.L.; Buravlyova, E.V.; Kondakov, S.E. Effect of geomagnetic storms on the erythrocyte sedimentation rate in ischemic patient. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* **2001**, *29*, 65-76.
- (71) Voeikov, V.L.; Ming, H.D.; Mukhitova, O.G.; Vilenskaya, N.D.; Malishenko, S.I.; Bogachuk, A.S. Activated bicarbonate solutions as models of confined ontic open systems and prototypes of living respiring systems. *Int. J. Des. Nat. Ecodyn.* **2010**, *5*, 30-38.
- (72) Peshkin, M.; Tonomura, A. *The Aharonov-Bohm Effect*; Springer-Verlag: Berlin, German, 1989.
- (73) Brizhik, L.; Del Giudice, E.; Jørgensen, S.E.; Marchettini, N.; Tiezzi, E. The role of electromagnetic potentials in the evolutionary dynamics of Ecosystems. *Ecol. Model.* **2009**, *220*, 1865-1869.
- (74) Montagnier, L.; Aïssa, J.; Ferris, S.; Montagnier, J.L.; Lavallée, C. Electromagnetic signals are produced by aqueous nanostructures derived from DNA bacterial sequences. *Interdisciplin. Sci. Comput. Life Sci.* **2009**, *1*, 81-90.
- (75) Balk, M.; Bose, M.; Ertem, G.; Rogoff, D.A.; Rothschild L.J.; Freund, F.T. Oxidation of water to hydrogen peroxide at the rock—water interface due to stress-activated electric currents in rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.* **2009**, *283*, 87-92.
- (76) Spinetti, P.R. The ecosystem dynamics of the garden. *Int. J. Des. Nat. Ecodyn.* **2010**, *5*, 49-59.
- (77) Armstrong, W.G. Electrical phenomena. *Elect. Eng.* **1893**, *10 February 1893*, 154-145.
- (78) Fuchs, E.C.; Woisetschläger, J.; Gatterer, K.; Maier, E.; Pecnik, R.; Holler, G.; Eisenkölbl, H. The floating water bridge. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **2007**, *40*, 61112-61114.
- (79) Fuchs, E.C.; Gatterer, K.; Holler, G.; Woisetschläger, J. Dynamics of the floating water bridge. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **2008**, *41*, 185502-185507.
- (80) Fuchs, E.C.; Bitschnau, B.; Woisetschläger, J.; Maier, E.; Beuneu, B.; Teixeira, J.; Neutron scattering of a floating heavy water bridge. *J. Phys. D Appl. Phys.* **2009**, *42*, 065502-065506.
- (81) Woisetschläger, J.; Gatterer, K.; Fuchs, E.C. Experiments in a Floating Water Bridge. *Exp. Fluids* **2010**, *48*, 121-131.
- (82) Widom, A.; Swain, J.; Silverberg, J.; Sivasubramanian, S.; Srivastava, Y.N. Theory of the Maxwell pressure tensor and the tension in a water bridge. *Phys. Rev. E* **2009**, *80*, 016301.
- (83) Fuchs, E.C.; Baroni, P.; Bitschnau, B.; Noirez, L. Two-dimensional Neutron scattering in a floating heavy water bridge. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **2010**, *43*, 105502.
- (84) Ponterio, R.C.; Pochylski, M.; Aliotta, F.; Vasi, C.; Fontanella, M.E.; Saija, F. Raman scattering measurements on a floating water bridge. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **2010**, *43*, 175405.
- (85) Del Giudice, E.; Fuchs, E.C.; Vitiello, G. Collective molecular dynamics of a floating water bridge. *Water Journal.org* **2010**, *2*, 69-82.