

Basi materiali dell'unità psico - fisico - emotiva dell'essere vivente

E. Del Giudice
INFN – Milano

G. Talpo
Sistemi s.r.l.- Settore ricerca- Trento

1. Introduzione

La specie umana è capace di derivare dal proprio automovimento una sfera emotiva, strettamente legata alla sua biochimica, che dà luogo successivamente ad una psiche. E' problema dibattuto, e quindi irrisolto, se tale attributo sia estensibile ad altri esseri viventi; in maniera rafforzativa si pone quindi l'interrogativo se la materia vivente non possa ricavare proprio dalla sua "materialità", investigata secondo alcuni parametri non ovvi, leggi generali che contribuiscano a formulare il rapporto psiche-corpo.

La psicodinamica del profondo, iniziata da Freud, ha sottolineato nell'ultimo secolo come la psiche sia una struttura gerarchica che parte dal livello misterioso in cui le reazioni chimiche delle molecole producono l'energia che viene poi convogliata, incanalata, organizzata (questo livello misterioso fu battezzato Es o Id, cioè "la cosa", da Groddeck [1] e da Freud [2]) per arrivare ai livelli superiori dell'inconscio, del subconscio, del preconscious, fino alle soglie della coscienza.

La psiche non è la mente, anche se ne è l'indispensabile premessa; a differenza della mente la psiche dialoga direttamente con il soma, che accetta ordini dall'inconscio, ma non dalla coscienza, come ampiamente mostrato dall'esperienza clinica.

Viene da sospettare, sulla base di questa constatazione, che la psiche sia il modo di essere del soma, sia in buona sostanza l'organizzazione che regola l'insieme delle molecole e nello stesso tempo il linguaggio che emerge dalla struttura molecolare, che può esistere solo se il suo stato fisico è confinato, come vedremo in questo articolo, in una finestra di valori delle grandezze dei campi (campo elettromagnetico e campo di materia) che ne sono alla base.

A premessa del nostro ragionamento ipotizziamo per un momento che l'insieme di questi valori, entità che si evolve nel tempo, assomigli all'insieme di frequenze che compone una musica, sia cioè un discorso, un logos, la cui decrittazione dà la chiave dei codici che governano le particolari reazioni chimiche che avvengono all'interno della materia vivente.

Il punto di vista susposto era alla base del programma di ricerca dei padri della psicodinamica (Freud, Groddeck, Ferenczi, Reich), ma è estraneo al punto di vista della moderna biologia molecolare [3] che deriva ogni accadimento biologico dalle reazioni chimiche tra molecole, che però si suppone che si incontrino sulla base delle collisioni casuali e interagiscano sulla base di forze di attrazione di natura elettrostatica aventi un raggio d'azione dell'ordine di qualche diametro molecolare, secondo cioè il modello chiave – serratura. Questo punto di vista si trova in difficoltà quando deve spiegare l'aspetto ordinato della biochimica, che richiede sequenze di reazioni molto veloci ed esenti da errori. Queste sequenze richiedono codici di riconoscimento e richiamo molecolare, i quali costituiscono i grafi "biochimici" del codice della vita (il principale esempio di ciò è costituito dalle basi nucleotidiche del DNA la cui sequenza costituisce il codice della polimerizzazione degli aminoacidi in proteine).

Il profano ingenuo può chiedersi come faccia la molecola A ad incontrare la molecola B, prevista dalla sequenza biochimica che li coinvolge, da cui può essere inizialmente separata alcune decine di Angstrom ($1 \text{ Angstrom} = 10^{-8} \text{ cm}$ è l'ordine di grandezza della dimensione di un atomo), in mezzo ad una folla di altre molecole che in principio potrebbero interferire e prevenire l'incontro delle due molecole, sviandole verso altre reazioni e dando perciò luogo ad "errori biochimici" che in realtà sono molto rari. Il biochimico risponde che le molecole si muovono in accordo a codici di

riconoscimento e di richiamo che escludono incontri non voluti, ma questa risposta suona molto simile a quella che Molière mette in bocca al medico nel “Malato immaginario”, cioè che la ragione del potere soporifero dell’oppio risiede appunto nella sua “vis dormitiva”. E’ lecito perciò porsi il quesito di comprendere se le leggi oggi accettate dalla comunità scientifica siano sufficienti a spiegare pienamente la natura fisica del meccanismo dei codici di riconoscimento e richiamo dei componenti biochimici, l’origine della loro selettività e velocità.

Questo è lo scopo del presente articolo. Dall’analisi che svolgeremo potrà emergere la proposta di un ponte tra fenomeni molecolari e fenomeni psico-emotivi all’interno del vivente.

2. Conseguenze della fisica quantistica sulle strutture della materia condensata.

E’ noto che circa un secolo fa la fisica classica fondata da Galileo e Newton fu sostituita nel suo ruolo di base concettuale per la comprensione della materia dalla fisica quantistica, inizialmente grazie al lavoro di Max Planck, Albert Einstein e Walter Nernst e, successivamente, grazie ai contributi teorici di Bohr, Heisenberg, Dirac, Pauli, Feynman e molti altri [4]. Purtroppo è molto diffuso il pregiudizio che, a parte i problemi di principio, le conseguenze pratiche della fisica quantistica siano rilevanti soltanto per il livello atomico e subatomico della materia, mentre i livelli macroscopici e mesoscopici di essa, inclusa quindi la materia biologica, siano ancora totalmente descrivibili dalla fisica classica. Questo pregiudizio si fonda sul riconoscimento del fatto che la maggior parte dei sistemi macroscopici, inclusi i sistemi chimici e biologici, possano essere descritti classicamente, ma trascura il problema della comprensione della legge di formazione di tali sistemi a partire dai componenti; perciò la moderna scienza della materia condensata non riesce a spiegare le transizioni di fase (ad esempio come il liquido si formi a partire dal vapore) o, come sottolineato in precedenza, non riesce a comprendere il carattere selettivo e la sequenza spazio – temporale degli incontri molecolari nella materia vivente.

Per comprendere la rilevanza della fisica quantistica per la biologia è opportuno ricordare quale fosse la natura della crisi concettuale vissuta dagli scienziati del primo novecento. Sulla base dei lavori di Maxwell e Boltzmann, la fisica classica forniva uno schema di calcolo dell’entropia di un sistema fisico complesso a partire dalla molteplicità di configurazioni spaziali e di velocità dei componenti elementari (atomi, molecole). Tale schema dava luogo ad un valore infinito dell’entropia al tendere della temperatura assoluta a zero. L’apparizione di un infinito in una teoria denuncia la presenza al suo interno di una inconsistenza concettuale; d’altra parte l’esperienza indicava, come affermato nel terzo principio della termodinamica enunciato da Nernst, che invece il valore limite dell’entropia, per temperatura tendente a zero, era zero. Dove era l’errore della fisica classica? L’analisi successiva, iniziata da Planck, dimostrò che la catastrofe del concetto di entropia spariva se i componenti primi della materia erano assunti come intrinsecamente fluttuanti, cioè se le loro posizioni e velocità erano “incerte” all’interno di intervalli di valori delle due grandezze. In fisica classica questi due intervalli possono essere resi piccoli a piacere in maniera indipendente; nella fisica quantistica invece la riduzione dell’uno implica l’aumento dell’altro, in definitiva la fluttuazione della materia e’ un fatto intrinseco.

Questa fluttuabilità intrinseca della materia, che ricorda la concezione filosofica di Epicuro, presentava però notevoli problemi all’intuizione degli scienziati dell’epoca, che si era modellata sulla base dell’educazione della fisica classica. Sorsero perciò interpretazioni soggettivistiche della nuova fisica che legavano questo principio di indeterminazione delle grandezze fisiche alla relazione tra l’osservatore e la cosa osservata. Il dibattito è ancora in corso, ma è difficile negare il carattere reale della fluttuabilità intrinseca della materia, dato che altrimenti essa sarebbe caratterizzata da una entropia infinita.

Il significato profondo della fisica quantistica è la negazione della separabilità tra materia e movimento; la materia non può essere concepita come inerte, ma si agita, oscilla, è irrequieta, e, citando Giuliano Preparata [5], è afflitta da un “horror quietis”. Riassumendo, alle fluttuazioni termiche, già previste dalla fisica classica e che contribuiscono all’entropia del sistema fisico, vanno

aggiunte le fluttuazioni quantistiche che non contribuiscono all'entropia e avvengono, al contrario delle prime, anche a temperatura nulla. Nel caso di una particella singola si viene perciò a perdere la nozione di traiettoria, in quanto la particella con le sue fluttuazioni invade una regione dello spazio, all'interno della quale essa può essere concepita solo come campo.

Un insieme di particelle diventa allora un campo di materia, che acquista grazie alle sue fluttuazioni intrinseche un aspetto ondoso; viceversa, come mostrò per primo Einstein, un campo elettromagnetico acquista un aspetto granulare, perché può scambiare energia ed impulso in quantità finite, pacchetti di energia ed impulso denominati "quanti". Nell'ambito della fisica quantistica pertanto materia e luce, materia e campo elettromagnetico convergono verso una comune natura, il "campo quantistico".

Nel 1916 Walter Nernst [6] formulò la congettura che in un insieme di corpi, quando essi fossero in grado di mettere in fase (cioè di far risuonare) le loro fluttuazioni quantistiche, nascesse un'interazione attrattiva. Questa interazione va ad aggiungersi alle ben note interazioni fondate sull'azione di forze "dall'esterno". Per realizzare questa idea di Nernst era però necessario che avesse pienamente luogo la costruzione dell'edificio concettuale della teoria quantistica dei campi, che per quanto riguarda l'elettromagnetismo dà luogo alla Elettro-Dinamica Quantistica (il cui acronimo in inglese è QED) [7].

Uno dei primi successi della QED fu la dimostrazione della esistenza delle fluttuazioni quantistiche del campo elettromagnetico nel vuoto. In fisica classica l'assenza di campo elettromagnetico implica l'inesistenza, in ogni momento dato, di effetti elettromagnetici: forze, energie di interazione, momenti magnetici, ecc.. In fisica quantistica l'assenza di campo elettromagnetico va intesa sempre a meno delle fluttuazioni; in fisica classica una notte nera è assolutamente buia, in fisica quantistica una notte nera è sempre punteggiata da lampi, da luci intermittenti.

L'esistenza di queste fluttuazioni quantistiche del vuoto elettromagnetico fu dimostrata per la prima volta nel 1948 da Willis Lamb che mise in rilievo l'esistenza di una minuscola discrepanza tra i valori calcolati e misurati dell'energia dell'elettrone ruotante attorno al protone nell'atomo di idrogeno. Il valore calcolato era ottenuto dalla considerazione dell'interazione elettrostatica protone-elettrone usando la raffinata costruzione teorica della fisica atomica evolutasi attraverso i contributi di Bohr, Sommerfeld, Pauli ed altri; in questo schema teorico protone ed elettrone interagiscono in assenza di campo elettromagnetico.

L'esistenza della piccola discrepanza tra teoria ed esperimento fu spiegata dai teorici della QED come dovuta all'energia di interazione tra la corrente elettrica prodotta dall'elettrone ruotante attorno al protone e il campo elettromagnetico fluttuante del vuoto. Per la prima volta le fluttuazioni elettromagnetiche del vuoto erano viste direttamente e non inferite da considerazioni di principio sull'entropia. Dopo la scoperta sperimentale di Lamb, altri effetti sperimentali come l'esistenza di una anomalia nel valore del momento magnetico dell'elettrone, oppure piccole differenze di massa tra particelle cariche e neutre all'interno di famiglie di particelle per altri versi uguali, confermarono l'esistenza delle fluttuazioni elettromagnetiche del vuoto. Però questi effetti, sempre riferiti a particelle singole, erano sempre molto piccoli, per cui la loro rilevanza per la materia macroscopica era generalmente considerata nulla.

Questa opinione diffusa trovò però alcuni anni fa una smentita ad opera di Giuliano Preparata [8], che realizzò un grande progresso nell'applicazione della fisica quantistica alla comprensione della materia ordinaria. Preparata si chiese se l'effetto di una fluttuazione, certamente piccolo su una particella singola, fosse ugualmente piccolo su un insieme di un gran numero di particelle. Si noti che parliamo dell'effetto di una unica fluttuazione su tutte le particelle e non dell'effetto di un insieme disgiunto di fluttuazioni. Dato che la minima estensione spaziale di una fluttuazione della componente del campo elettromagnetico avente una definita frequenza è la sua lunghezza d'onda, le particelle considerate devono trovarsi all'interno della regione spaziale la cui dimensione è appunto la lunghezza d'onda della fluttuazione. Queste particelle, durante il tempo (breve) della fluttuazione, interagiscono con la stessa lunghezza d'onda del campo

elettromagnetico, quindi si trovano in accordo di fase tra di loro, cioè si muovono, sotto l'azione del campo elettromagnetico fluttuante, in modo sincrono; di qui il nome di "dominio di coerenza" dato a questa regione spaziale.

Calcoliamo ora il bilancio energetico della fluttuazione. Si noti che, durante una fluttuazione quantistica, la conservazione dell'energia è violata e l'entità della violazione è inversamente proporzionale alla durata della fluttuazione. Tornando al dominio di coerenza, l'energia della fluttuazione è data dalla somma di tre termini:

- 1) l'energia (positiva) del campo elettromagnetico fluttuante accoppiato alla materia
- 2) l'energia (positiva) assorbita dalle particelle e spesa per farle transire in configurazioni eccitate
- 3) l'energia (negativa) di interazione tra le correnti elettriche prodotte dalla transizione delle particelle in configurazioni eccitate e il campo elettromagnetico fluttuante

Se per avventura l'energia totale data dalla somma algebrica dei tre termini succitati fosse nulla o negativa, la fluttuazione cesserebbe di essere tale e darebbe luogo ad una configurazione stabile del sistema, che non violerebbe più il principio di conservazione dell'energia, ma anzi diventerebbe un esportatore netto di energia. Occorre sottolineare che in fisica quantistica il principio, valido anche in fisica classica, che un sistema fisico tende ad assumere la configurazione di minima energia ad esso accessibile acquista un particolare rilievo.

Data infatti la sua fluttuabilità, un sistema quantistico ha la possibilità di esplorare l'ambiente circostante e perciò di scoprire quale sia la configurazione di minima energia, mentre un sistema classico la scopre solo se la sua traiettoria vi passa. E' proprio per la loro fluttuabilità che gli atomi di una data specie assumono tutti, in assenza di flussi esterni di energia, la stessa configurazione, mentre non vi sono, in fisica classica, due sistemi planetari uguali.

Tornando al nostro dominio di coerenza, l'insieme di molecole in esso contenute potrà assumere in modo stabile la configurazione esplorata nel brevissimo intervallo di tempo della fluttuazione se quest'ultima dimostrerà di avere una energia più bassa della configurazione "gassosa" iniziale in cui le molecole erano reciprocamente indipendenti. A tale scopo è importante determinare quale componente del campo elettromagnetico, caratterizzata da frequenza ben definita, abbia la possibilità di dar luogo a questo salto di configurazione, a questa "transizione di fase", come si dice nel gergo della termodinamica.

La fisica molecolare ci insegna che ogni molecola presenta un insieme discreto di configurazioni interne dotate ognuna di energia ben definita; ovviamente la molecola isolata, nel vuoto, assume quella di minore energia. Se una fluttuazione del campo elettromagnetico avente una frequenza capace di far transire le molecole da una configurazione all'altra (per la relazione di Einstein tale frequenza deve essere uguale al salto di energia tra le due configurazioni diviso per la costante di Planck) interagisce con un insieme di molecole, esse vengono poste in oscillazione tra le due configurazioni per tutto la durata della fluttuazione e, come detto in precedenza, questa oscillazione coinvolgerà in modo coerente, cioè in sintonia, tutte le molecole racchiuse nel dominio di coerenza. Preparata [8] ha calcolato la variazione in dipendenza del numero N di molecole racchiuse nel dominio di coerenza, e quindi della densità N/V , delle tre componenti dell'energia totale discusse in precedenza. Si trova che l'energia del campo elettromagnetico fluttuante accoppiato alle molecole è proporzionale ad N , l'energia impiegata ad eccitare le molecole è anch'essa proporzionale ad N , mentre l'energia di interazione tra le correnti indotte dai salti di configurazione delle molecole e il campo elettromagnetico fluttuante è proporzionale al prodotto di N per la radice quadrata di N . Perciò il peso relativo di questo termine negativo della somma rispetto ai primi due termini positivi cresce proporzionalmente alla radice quadrata di N . Esiste perciò sempre un valore critico di N , e quindi un valore critico della densità, per cui l'energia totale della fluttuazione si annulla; perciò la fluttuazione cessa di essere tale e diventa una configurazione stabile. E non solo!

Appena raggiunta la densità critica, il nostro sistema quantistico "scopre", attraverso le sue fluttuazioni, che, aumentando ulteriormente la sua densità, la sua energia diminuisce ulteriormente.

Obbedendo al principio di minimizzazione dell'energia l'insieme di molecole condensa sempre di più, aumentando la sua densità finché le molecole oscillanti tra le loro due configurazioni vengono a toccarsi ed entrano in gioco le forti repulsioni esistenti tra le nuvole di elettroni delle molecole, giunte a stretto contatto. A questo punto la condensazione termina e il sistema si stabilizza. E' facile rendersi conto che lo schema teorico sopra delineato coincide punto per punto con la "transizione di fase" dal vapore al liquido come osservato sperimentalmente [9]. Il meccanismo dinamico delle transizioni di fase trova perciò la sua chiarificazione nell'ambito dei concetti dell'elettrodinamica quantistica.

Esaminiamo ora il ruolo della temperatura. Le fluttuazioni termiche dell'ambiente esterno, cioè le collisioni delle molecole esterne con i componenti del dominio di coerenza, fanno perdere il ritmo dell'oscillazione ad una parte delle molecole. L'entità di questa frazione cresce con la temperatura. Per ogni data temperatura, il sistema condensato consta di due popolazioni;

1) una frazione coerente, in cui le molecole oscillano in fase tra due configurazioni; l'energia del componente di questa frazione è minore dell'energia del componente libero. L'entità di questa differenza - chiamata "gap" nel gergo dei fisici - definisce la stabilità dello stato coerente rispetto alle sollecitazioni esterne e fissa pure il prezzo energetico che deve pagare un agente che voglia modificare un particolare componente rispetto agli altri; infatti la coerenza implica l'uguaglianza di tutti i componenti.

2) una frazione non coerente, le cui molecole componenti si aggirano come gas negli interstizi tra i domini di coerenza, che il requisito della minimizzazione dell'energia spinge ad assumere la struttura più serrata e compatta possibile. La "pressione" esercitata da questa "gabbia" di domini di coerenza tiene le molecole componenti la frazione non coerente legate allo stato condensato. La pressione interna della frazione non coerente cresce con la temperatura e per un certo valore di temperatura compensa la pressione della gabbia; la frazione coerente, lasciata sola, recupera l'equilibrio termodinamico producendo a proprie spese una nuova frazione non coerente, che vola via come la precedente. Questo processo prosegue ad oltranza e termina con la completa sparizione del liquido. Concludiamo questo paragrafo osservando che in una specie molecolare dotata di molte configurazioni interne, la coppia prescelta per dar luogo all'oscillazione coerente è quella caratterizzata dalla densità critica più bassa.

3. Acqua, biomolecole e sistemi di ioni.

Alla luce della teoria generale suesposta sono stati discussi molti sistemi fisici: elio superfluido, superconduttori, ferromagneti. Particolare importanza riveste la trattazione dell'acqua liquida [9], che è la matrice di ogni essere vivente. Si trova che l'acqua liquida ha le seguenti caratteristiche:

a) l'oscillazione molecolare alla base dello stato coerente dell'acqua è compiuta da un elettrone oscillante tra lo stato di minima energia della molecola ed uno stato la cui energia di eccitazione è di 12 eV [1 elettronvolt (eV) è l'energia assunta da un elettrone sotto la differenza di potenziale elettrico di 1 volt]. Questo stato eccitato è soltanto mezzo eV al di sotto della soglia di ionizzazione, per cui quando l'elettrone oscillante nella molecola si trova all'estremo superiore dell'oscillazione è richiesta solo una modesta energia per estrarlo e farlo saltare nelle molecole vicine. Di qui la possibilità di produrre stati eccitati dei domini di coerenza dell'acqua, caratterizzati da correnti elettriche interne che producono campi magnetici statici. L'intensità di questi campi magnetici è proporzionale alla velocità di rotazione degli elettroni nel dominio di coerenza. Questo risultato apre almeno due linee di ricerca:

(i) consente di affrontare lo studio degli strani fenomeni di magnetismo che si manifestano nell'acqua turbolenta e che hanno dato luogo a molteplici applicazioni pratiche, in cui la capacità dell'acqua come solvente viene modificata dall'applicazione di campi magnetici esterni.

(ii) consente di affrontare su nuove basi i problemi energetici posti dall'esistenza di fenomeni di "electron transfer" all'interno delle soluzioni. Infatti all'interno della concezione tradizionale è difficile comprendere come possano essere estratti elettroni dall'interno di molecole in cui essi sono fortemente legati; questo è invece possibile quando, come nel caso delle molecole componenti lo stato coerente, vi sono elettroni che nel corso della loro oscillazione raggiungono una configurazione in cui il loro legame diventa molto debole.

b) lo stato eccitato a 12 eV coinvolto nell'oscillazione coerente ha piccolissime differenze di energia con altri stati eccitati accessibili alla molecola d'acqua. Un campo elettrico esterno può quindi spingere facilmente la molecola in questi altri stati, generando una polarizzabilità per deformazione dello stato coerente.

Il calcolo mostra che la costante dielettrica (che indica la misura della riduzione dell'intensità di un campo elettrico all'interno della sostanza data rispetto al vuoto) della frazione coerente dell'acqua liquida è molto alta, dell'ordine di 160, cosicché i campi elettrici esterni sono quasi totalmente schermati all'interno dei domini di coerenza. Invece le molecole non coerenti, sotto l'azione del campo elettrico applicato, si limitano ad orientare i loro dipoli elettrici nella stessa direzione. Il calcolo mostra che in questo caso la costante dielettrica è molto minore; a temperatura ambiente è dell'ordine di 14. Questa è la costante dielettrica che gli ioni dissolti nell'acqua "sentono", poiché è solo nella frazione non coerente che le molecole esterne si possono situare, quando esse sono sciolte in acqua.

c) all'interno di ogni dominio di coerenza dell'acqua è intrappolato un campo elettromagnetico oscillante su una frequenza contenuta nella regione dell'infrarosso (circa duemila numeri d'onda pari a sessantamila gigahertz). Questo campo si annulla all'esterno del dominio secondo una legge esponenziale di caduta. Nell'elettrodinamica si dimostra che quando esiste un gradiente del campo elettromagnetico, si sviluppa una forza agente su eventuali molecole presenti, che è inversamente proporzionale alla differenza dei quadrati della frequenza propria del campo e della frequenza propria di oscillazione della molecola. Perciò, quando una molecola è capace di risuonare con il campo del dominio di coerenza dell'acqua, essa resta legata al bordo del dominio [10]. L'insieme di queste molecole viene a costituire una sorta di protomembrana nel senso in cui Oparin usava tale termine [11]. Se all'interno di questa protomembrana si raggiunge la densità critica relativa alla specie molecolare data, allora questo insieme di molecole si trasforma in un dominio di coerenza caratterizzato da una sua propria dimensione, un suo proprio "gap" e una sua propria frequenza di oscillazione. Questo nuovo "dominio di coerenza" può diventare a sua volta luogo di attrazione di altre molecole, capaci di risuonare con la nuova frequenza di oscillazione. Queste molecole possono dar luogo ad una interazione sia chimica che elettromagnetica con i componenti del dominio di coerenza verso cui sono state attratte. L'interazione elettromagnetica può portare le molecole interagenti in stati eccitati analoghi a quelli discussi in precedenza, quelli cioè relativi ai domini di coerenza dell'acqua. Quindi anche nelle biomolecole giganti (che per noi sono domini di coerenza di monomeri) possono indursi fenomeni di magnetizzazione, la cui intensità dipende dal livello di eccitazione del dominio di coerenza. L'interazione chimica, mutando la natura chimica degli attori, cambia la natura del dominio di coerenza; emergono in definitiva nuove frequenze del campo elettromagnetico mentre spariscono quelle precedenti.

I livelli chimico ed elettromagnetico della materia vivente perciò vengono ad intrecciarsi strettamente. Nell'ambito del "milieu" coerente, fornito dai domini di coerenza dell'acqua, le molecole si attraggono in modo selettivo sulla base di un codice di riconoscimento e di richiamo fondato sull'uguaglianza delle frequenze di oscillazione. Questo codice opera a lunghe distanze perché l'interazione è trasportata dal campo elettromagnetico dei domini di coerenza. Si può perciò intuire quale possa essere la soluzione del mistero sia della selettività che della velocità delle reazioni biochimiche e in particolare quale sia l'origine dinamica dei codici di riconoscimento e di richiamo. Il meccanismo precedente concerne la dipendenza del livello chimico da quello

elettromagnetico. Esiste anche la dipendenza opposta ; l'insieme di modi del campo elettromagnetico, ognuno caratterizzato da una certa frequenza, che governa l'evoluzione chimica del sistema, è a sua volta modificato dalle reazioni chimiche che mutano la natura dei componenti del sistema. L'insieme, dipendente dal tempo, delle frequenze di lavoro di un dato sistema costituisce la sua "identità", la sua "specificità", la sua "legge di esistenza", la sua "anima", il suo "destino". La stabilità dinamica di questa struttura a due livelli – chimico ed elettromagnetico – richiede che ogni molecola sia capace di risuonare con la frequenza del campo elettromagnetico interno e viceversa che ogni frequenza trovi la molecola capace di risuonare con essa. La violazione di questo criterio lascerebbe molecole interagenti chimicamente in modo non regolato ed imprevedibile o, viceversa, si libererebbe energia non impiegata che si accumulerebbe nel sistema sotto forma di energia elettromagnetica; entrambi gli elementi sono distruttivi dell'integrità del sistema. Abbiamo così esposto succintamente il fondamento dinamico dell'omeostasi.

Concludiamo questa sezione discutendo i sistemi di ioni sulla base di un lavoro recentemente pubblicato [12]. Nella teoria convenzionale, la cui forma più recente è dovuta a Debye e Hückel [13], ogni ione coordina attorno a sé una "atmosfera" di ioni del segno opposto (controioni) ed oscilla nella gabbia da essi formata. Nel Rif. [12] si mostra che, a temperature ordinarie, queste oscillazioni di Debye – Hückel si trovano sempre al di là della soglia della coerenza, per cui ogni elettrolita è l'unione di due sistemi intrecciati di ioni, ognuno separatamente coerente. Il requisito della coerenza richiede che ogni ione oscilli con la stessa frequenza e questo richiede che le "gabbie" di controioni in cui ogni ione è immerso siano uguali. In conseguenza non possono esserci collisioni tra coppie di ioni, perché la collisione richiede che gli ioni forino la loro "gabbia" e questo li renderebbe diversi dagli altri ioni e perciò romperebbe la coerenza. Quindi gli insiemi di ioni sono privi di "rumore termico interno"; il solo rumore è quello derivante dall'urto delle singole molecole non coerenti del solvente contro il sistema coerente degli ioni, il cui rinculo è praticamente nullo, perché tutti gli ioni si muovono all'unisono. L'effetto complessivo di questi urti è la "resistenza viscosa" opposta dal solvente al moto traslatorio degli ioni. Questa "resistenza viscosa" fa sì che l'applicazione di un campo elettrico esterno si traduca in un moto di scorrimento uniforme degli ioni.

L'assenza di "rumore interno" del sistema di ioni spiega perché gli ioni non irraggino onde elettromagnetiche nello spazio circostante. Infatti l'elettrodinamica insegna che ogni carica elettrica, quando venga accelerata, irraggia e, siccome ogni ione che subisce una collisione varia la sua velocità, se le soluzioni degli ioni non fossero coerenti, perderebbero continuamente energia sotto forma di radiazione elettromagnetica.

4. Proprietà magnetiche dei sistemi di ioni e fenomeno di Zhadin.

Negli ultimi decenni sono stati riportati i risultati di ricerche [14] che mostrano come sistemi biologici svariati presentano variazioni discontinue e sensibili della loro fisiologia quando sono soggetti a deboli campi magnetici la cui intensità è una piccola frazione del campo magnetico terrestre, e la cui frequenza è estremamente bassa (pochi hertz). In particolare si scopre che i fenomeni riportati avvengono quando la frequenza del campo magnetico assume un valore uguale alla cosiddetta "frequenza di ciclotrone" della specie ionica irradiata; citiamo ad esempio, la modificazione del contributo del calcio in fenomeni che implicano una variazione della mobilità cellulare, nel caso le strutture biologiche vengano sottoposte a campi magnetici risonanti con questi ioni ed aventi le opportune intensità. Ricordiamo che la "frequenza di ciclotrone" di uno ione è proporzionale al prodotto del rapporto carica-massa, specifica della natura dello ione, per l'intensità del campo magnetico statico presente "in loco". In condizioni ambientali il campo magnetico statico coincide con il campo magnetico terrestre.

Questi esperimenti hanno incontrato forti obiezioni all'interno della comunità scientifica, fondate sulla osservazione, del tutto ragionevole all'interno del punto di vista della fisica classica, che le debolissime forze prodotte dai campi magnetici applicati sono migliaia di miliardi di volte

più piccole delle forze prodotte dalle collisioni termiche che avvengono tra gli ioni stessi oppure tra gli ioni ed il solvente [15]. La sola possibile replica a questa obiezione è che nel sistema di ioni non avvengano collisioni, come detto alla fine della sezione 3.

Per dirimere sperimentalmente la questione fondamentale, insita nei sistemi biologici, sottraendola alla complessità modellistica, lo scienziato russo Zhadin ed i suoi collaboratori [16] hanno realizzato il seguente esperimento. Una cella riempita di una soluzione di acido glutammico è soggetta ad un voltaggio di 80 millivolt ed è posta all'interno di due solenoidi che assicurano la presenza di due campi magnetici paralleli: uno statico, avente una intensità dell'ordine di grandezza del campo magnetico terrestre, l'altro alternato, avente una intensità mille volte più piccola ed una frequenza variabile tra 1 e 10 hertz. Tutto l'apparato sperimentale è posto all'interno di una scatola di permalloy, che è una lega capace di schermare i campi magnetici esterni; perciò esiste la garanzia che i soli campi magnetici all'opera siano quelli sopra specificati.

L'esperimento di Zhadin fornisce i seguenti risultati:

- a) quando la frequenza del campo alternato diventa uguale alla "frequenza di ciclotrone" dell'acido glutammico la corrente elettrica della cella presenta un picco transiente la cui altezza massima iniziale è pari all'80% del valore della corrente stazionaria degli ioni dell'acido glutammico e la cui durata è dell'ordine di 15-20 secondi.
- b) l'effetto precedente sparisce quando l'intensità del campo alternato eccede una soglia, il cui valore è molto basso. In altre parole, l'effetto accade solo sotto influenze "sottili" e sparisce quando il campo applicato "fa la voce grossa".

Entrambi i vincoli succitati, su frequenza e intensità del campo alternato, determinano una situazione in cui, riportandosi all'ambiente biologico, il superamento della barriera del potenziale elettrico della membrana cellulare avviene in modo selettivo per le diverse specie ioniche e a tempi definiti dai campi magnetici variabili prodotti sia dall'ambiente esterno che dall'organismo vivente medesimo. Questa influenza magnetica sul traffico degli ioni richiede la presenza di un campo magnetico statico parallelo, la cui intensità entra nei valori della frequenza di ciclotrone dei vari ioni.

L'esito dell'esperimento di Zhadin dimostra in maniera semplice che la pretesa irrilevanza dell'applicazione di deboli campi magnetici su sistemi viventi non è vera e che quanto meno non è esauriente la nozione che la scienza oggi ha dei meccanismi di diffusione delle sostanze polari presenti nell'organismo degli esseri viventi attraverso le membrane cellulari. La concettualizzazione del comportamento di un sistema di ioni in soluzione presentata alla fine della Sezione 3 si presenta perciò come naturale candidata alla soluzione teorica dell'esperimento di Zhadin, poiché esclude la possibilità che vi sia un rumore termico degli ioni capace di coprire la voce dei deboli campi magnetici applicati.

Applicando lo schema del Rif [12], in un lavoro in attesa di pubblicazione [17], abbiamo analizzato l'esperimento di Zhadin confermandone, all'interno del nostro schema teorico, i risultati. I passaggi teorico-matematici predittivi dei dati ottenuti dallo scienziato russo, sono al di fuori del fine di questo articolo.

5. Implicazioni dell'effetto Zhadin per la biologia.

L'effetto Zhadin, cioè l'azione di una combinazione di un campo magnetico statico e di un campo alternato parallelo di bassa intensità e frequenza sul traffico degli ioni, fornisce alla biologia un formidabile strumento per organizzare le correnti ioniche attraverso le membrane cellulari. Una data specie ionica riesce a sormontare il potenziale elettrico di membrana quando viene prodotta una debole modulazione magnetica di frequenza specifica. Ogni cellula ha la possibilità di autoregolarsi cosicché un eventuale campo magnetico, generato all'esterno o all'interno dell'organismo a cui essa appartiene, qualora la sua frequenza coincida con la frequenza di ciclotrone di una data specie ionica adiacente alla sua membrana, e qualora la sua intensità sia compresa nell'intervallo opportuno, agisce oppure no a seconda del valore del campo magnetico

statico posseduto dalla cellula stessa. Infatti, come detto in Sezione 4, la frequenza di ciclotrone è proporzionale al campo magnetico statico locale; questo campo è la somma del campo magnetico terrestre, di eventuali campi magnetici ambientali e dei campi magnetici prodotti (vedi Sezione 3) dalle eccitazioni dei domini di coerenza sia dell'acqua che delle altre biomolecole attigue alla membrana. Questi ultimi campi magnetici modulano sulla membrana zone a differente magnetizzazione, in cui la frequenza di ciclotrone assume di conseguenza diversi valori.

Il passaggio degli ioni richiede che si verifichi una modulazione magnetica di frequenza uguale alla frequenza di ciclotrone. Questa modulazione può essere fornita in maniera esogena :

- a) dall'attività magnetica terrestre (modi di Schumann). L'analisi di questa sorgente di modulazione può permettere di comprendere l'influenza dei fattori geomagnetici e meteorologici sulla materia vivente, inclusi quei fenomeni che rientrano nella cosiddetta "raddomanzia".
- b) dal "vento solare" e dai campi magnetici associati alla pioggia di raggi cosmici. L'analisi di questo fattore può permettere di comprendere l'origine dei ritmi circadiani e delle altre regolarità esibite dalla fisiologia della materia vivente in dipendenza dei vari cicli astronomici. L'esiguità dell'intensità di questi campi magnetici, che finora aveva alimentato lo scetticismo comprensibile della comunità scientifica nei riguardi della possibilità di influenza del sole e di altri corpi celesti sulla materia vivente, trova riscontro negli ordini di grandezza dei campi coinvolti nell'esperimento di Zhadin.

In maniera endogena:

- c) dall'attività dello stesso organismo vivente partecipe del fenomeno (e forse anche da organismi viventi attigue al soggetto , vedi ad esempio la pratica della pranoterapia) . L'esperienza della magnetoencefalografia attuata con Squid superconduttivi indica in particolare che il cervello ed il sistema nervoso possono produrre modulazioni magnetiche dell'intensità e delle frequenze richieste dall'effetto Zhadin.[18]

La patologia , in questo modello, sorge quando "la risonanza di Zhadin", cioè la corrispondenza tra la frequenza del campo magnetico alternato e la frequenza di ciclotrone di un certo ione su una certa membrana, non riesce ad avere luogo. Allora la corrente attraverso la membrana viene abbattuta e la biochimica della cellula subisce una alterazione.

Una strategia terapeutica può allora essere elaborata, in cui la misura dell'impedenza elettrica dell'organismo fornisce l'immagine dei vari blocchi incontrati nell'organismo dalle correnti ioniche e l'applicazione di campi magnetici di opportune intensità e frequenza favorisce, sulla base del meccanismo di Zhadin, la loro progressiva rimozione, agendo simultaneamente sulla magnetizzazione della membrana e sul valore della frequenza effettiva della modulazione magnetica*.

6. Prospettive per una teoria della sfera emotiva.

L'insieme dei campi elettromagnetici, definiti dalla loro intensità e frequenza, operanti nell'organismo vivente è in primo luogo il livello di direzione dell'attività biochimica e del suo

* *Nota:* un sistema che incorpora nel suo funzionamento molte di queste teorie è stato sviluppato da Sistemi s.r.l. di Trento (il suo nome commerciale è " Seqex ", apparecchiatura di ionoterapia endogena da risonanza ciclotronica).

ordine spaziale e temporale. In particolare il livello elettromagnetico modula, attraverso il controllo dell'intensità dell'attività chimica dell'organismo, la produzione di energia e quindi l'ampiezza dell'insieme di possibilità che si aprono all'organismo, in particolare il suo stato di espansione o di contrazione.

Come discusso nei capitoli 5, 6 e 7 di un libro recentemente pubblicato [19], questa rete di segnali di comando dell'organismo viene a coincidere funzionalmente con il sistema emotivo. L'insieme dei segnali elettromagnetici è un sistema, connesso con il sistema nervoso, ma non coincidente con esso, avente le caratteristiche di un sistema linguistico. Esso dialoga con l'ambiente, si modifica attraverso il dialogo con il livello chimico, avanza richieste e fornisce risposte, esercita e subisce soppressioni.

L'esperienza clinica [18] mostra che questo livello elettromagnetico produce sia modifiche somatiche che psichiche. E' suggestivo quindi ipotizzare che esso fornisce la base materiale della psiche, elemento intermedio essenziale tra la mente e il corpo. Questa ipotesi, che può ora apparire azzardata, potrà essere confermata o smentita dagli sviluppi della nascente biologia elettromagnetica, che si candida a costruire il ponte tra fenomeni biologici e fenomeni psichici.

Bibliografia

- 1) G. Groddeck *Il libro dell'Es: lettere di psicanalisi a una amica*. Tascabili Bompiani (1981).
- 2) S. Freud *Tre saggi sulla teoria sessuale* (1905) in *Opere* Vol. 4 Boringhieri (1972).
- 3) Si veda ad esempio il testo di Albert e altri: *Biologia molecolare della cellula* Zanichelli (1991).
- 4) J. D. Bjorken e S. Drell *Relativistic Quantum Field Theory* McGraw-Hill New York (1965).
- 5) Si veda a tale proposito l'interessante saggio di G. Preparata *An introduction to a realistic quantum physics* Cusl Milano (1999).
- 6) W. Nernst *Über einem Versuch, von quantentheoretischen Betrachtungen zur Annahme stetiger Energieänderungen zurückzukehren* Verh. Deutsch Physik Gesellschaft 18, 83–120 (1916).
- 7) R. Feynman *QED. La strana teoria della luce e della materia* Adelphi (1989)
- 8) G. Preparata *QED Coherence in Matter* WorldScientific (1995).
- 9) R. Arani, I. Bono, E. Del Giudice, G. Preparata *QED Coherence and the Thermodynamics of Water* International Journal of Modern Physics 139, 1813-1841 (1995).
- 10) E. Del Giudice, G. Preparata *Coherent Dynamics in Water as a Possible Explanation of Biological Membranes Formation* Journal of Biological Physics, B9, 20, 105-115 (1994).
- 11) A. Oparin *Le origini della vita* Boringhieri.
- 12) E. Del Giudice, G. Preparata, M. Fleischmann *QED coherence and electrolyte solutions* Journal of Electroanalytical Chemistry 482, 110-116 (2000).
- 13) P. Debye, E. Hückel *Zur Theorie der Elektrolyte II* Physikalische Zeitschrift 15, 305 (1923).

- 14) A. R. Liboff *Cyclotron resonance in membrane transport* nel volume *Interactions between electromagnetic fields and cells* (eds A. Chiabrera e altri) Plenum Press 281-296 (1985).
- 15) R. K. Adair *Constraints on biological effects of weak extremely low frequency electromagnetic fields* *Physical Review A* 43, 1039-1048 (1991)
- 16) M. N. Zhadin, V. V. Novikov, F. S. Barnes, N. F. Pergola *Combined action of static and alternating magnetic fields on ionic current in aqueous glutamic acid solution* *Bioelectromagnetics* 19, 41-45 (1998)
- 17) E. Del Giudice, M. Fleischmann, G. Preparata, G. Talpo *On the "unreasonable" effects of ELF magnetic fields upon a system of ions* Preprint dell'università di Milano 2001 in corso di pubblicazione.
- 18) G. Talpo *Effects of weak magnetic fields on living systems* *Biology Forum* , 2000 in corso di pubblicazione.
- 19) N. Del Giudice , E. Del Giudice *Omeopatia e Bioenergetica: le medicine alternative dalla stregoneria alla scienza - II edizione -* Cortina International, Verona (1999).

www.seqex.com