

# TERMODINAMICA- CRITICA

## *Principi della termodinamica nei sistemi biologici: rassegna critica e presentazione del CD-ROM sulle Reazioni Oscillanti.*

Paolo Manzelli <[RE@UNIFI.IT](mailto:RE@UNIFI.IT)> ;



Bio-CHIP: fonte <http://www.fondazionebassetti.org/06/bertolini/coyoud.htm>  
*"Finora ci siamo limitati a leggere il Dna; è tempo di cominciare a scriverlo". J. Craig Venter,*

Premessa:

In questa breve rassegna critica osserveremo come la Termodinamica debba rinnovarsi per favorire la comprensione Biologica della vita e della sua evoluzione. Comunque pur avendo la Scienza storicamente superato le concezioni termodinamiche, classiche purtroppo esse sono ancora retaggio di una formazione concettuale non più all'altezza delle problematiche di ricerca contemporanee. Pertanto in questo convegno "COHERENCE 2005", simuleremo di osservare la trasformazione cognitiva facendo uso dell'occhio delle libellula, che permettendo di osservare a 360° rende possibile vedere l'ostacolo anche quando di fatto è stato largamente superato. E' importante, in questo contesto, sottolineare il fatto che attualmente la ricerca trans-disciplinare sulle scienze della vita, rapidamente si sposta dal fare riferimento ai modelli meccanici a modelli bio-elettrochimici nel quadro degli sviluppi della BIOLOGIA SINTETICA, che già si propone di sviluppare strategie commerciali pur essendo assai rischiose per il fatto stesso che, per quanto sappiamo clonare esseri viventi, ancora siamo molto lontani dal capire come avviene il concepimento e la evoluzione della vita per vie naturali. Quanto sopra è stato messo in evidenza per il fatto che le attuali bio tecnologie sono essenzialmente prive di un controllo culturale e cognitivo adeguato. Infatti varie imprese quali la Bio-technomy e la Synthetic Genomics hanno già riscritto il DNA per realizzare forme di vita artificiali ed infatti recentemente hanno già prodotto (2002) un virus ottenuto assemblando diversi elementi del DNA ottenuti per sintesi in laboratorio in modo che il virus artificiale, possa agire da veicolo per introdurre specifiche funzioni vitali da integrare nelle riproduzione delle cellule di Piante Animali.

La composizione ed assemblaggio delle catene del "DNA di Sintesi" attualmente avviene mediante l'utilizzo di conoscenze bio-elettriche, in base alle quali i circuiti genetici di riproduzione cellulare vengono trattati in guisa di circuiti elettronici, di informazione, la dove determinate sequenze genetiche (BIO-BRICKS) vengono assemblate e sostituite l'una all'altra in modo da studiare come modificare le caratteristiche naturali degli organismi viventi. Proprio i successi delle bio-tecnologie oggi impongono alla scienza l'opportunità di condividere le conoscenze e divulgarle anche al fine di permettere ai cittadini di rendersi conto che la scienza si trova ad agire nell'ambito di un cambiamento epocale tra la società Industriale e quella post Industriale della Economia della Conoscenza. Pertanto in tale contesto di transizione conoscitiva, le conoscenze di indole meccanica e le concezioni termodinamiche necessitano di correlarsi quali conoscenze di base agli sviluppi delle innovazioni bio-tecnologica finalizzando le nuove ricerche alla comprensione del funzionamento della Informazione bio-chimica nella organizzazione della vita. Quanto sopra risulta evidente dato che purtroppo mi sono trovato di fronte ad una cospicua serie di detrattori accademici, quando ho tentato di capire come il DNA potesse essere considerato similmente ad una antenna rice-trasmittente, che agendo come tale risulti capace di realizzare un gruppo di sintonia con i catalizzatori biologici, ponendo in risonanza le energie di attivazione, che determinano un comportamento oscillante delle reazioni biochimiche. Fatte salve le esperienze personali di effettivo "mobbing" perpetrato quasi regolarmente dalla accademia scientifica, dobbiamo considerare che di fatto "Biologia-Sintetica" oggi è alle prime armi e pertanto diviene altamente necessario, se non vorremo proibire definitivamente la ricerca bio-tecnologica, proporci di evitarne i rischi provenienti da eventuali contaminazioni incontrollabili della sintesi di nuovi DNA, di fatto non preesistenti in natura. Certamente per agire in piena coscienza con cognizioni adeguate, dovremo innanzi tutto superare la mancanza di diffusione e disseminazione delle conoscenze biologiche innovative, che ad oggi risultano delimitate dalla incomprendenza generate dal fare riferimento ad antiquate acquisizioni di indole meccanica della scienza, così da poter favorire lo sviluppo di una cultura utile e favorire il cambiamento storico-sociale della scienza e della economia nel quadro cognitivo e di sviluppo della "Società Europea della Conoscenza".

Quanto sopra indubbiamente significa adoperarsi per una strategia di innovazione concettuale tesa verso il superamento delle vecchie concezioni meccanicistiche della scienza, ivi comprese quelle della Termodinamica classica, in quanto esse non risultano più correlabili alla comprensione delle problematiche contemporanee a riguardo delle scienze della vita.

Ricordo infatti le conoscenze biologiche fino ad oggi si sono limitate ad una descrizione meccanica del metabolismo cellulare così che la cellula vivente sembra essere una "tipografia" basata sul modello della catena di montaggio e finalizzata unicamente alla produzione delle proteine. Pertanto le tradizionali conoscenze meccaniche della scienza applicate alla Biologia oggi non permettono più il controllo cognitivo e culturale delle contemporanee attività di BIO-SINTESI GENETICA, proprio perché non sono focalizzate ed i sistemi di informazione e comunicazione biochimica che permettono il funzionamento interattivo del metabolismo cellulare. Pertanto per comprendere più facilmente la esigenza di anticipazione di conoscenze scientifiche e tecnologiche innovative, viste in relazione sfide poste dallo sviluppo delle scienze della vita e proverò, su richiesta del Comitato Organizzatore di COHERENCE 2005, a sintetizzare, un profilo storico-cognitivo delle concezioni termodinamiche, passando attraverso le concezioni di NEG-ENTROPIA, di Schroedinger, a quelle della relazione tra Entropia Negativa ed informazione di Leon-Brillouin, agli studi di Giorgio Piccardi, sulla influenza dei campi elettromagnetici sulle trasformazioni chimiche e bio-chimiche, e dagli studi di Ilya Prigogine e di Raphael Eduard Liesegang, sul tema delle reazioni chimiche oscillanti e della loro struttura non lineare ad anelli alternanti condizioni di reazione e non reattività

### Rimembranze di termodinamica

È noto che, il concetto di ciclo espresso da **Sadi Carnot** (1796-1832) nelle "Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu" del 1824 è relativo al rendimento di un motore ideale che effettua un ciclo reversibile tra due condizioni termiche una più calda ed una più fredda. Dato che il calore fluisce spontaneamente da un corpo caldo ad un corpo freddo e non viceversa, per rendere reversibile il sistema di flusso di calore che genera la potenza di un motore, si deve spendere energia come lavoro meccanico; ciò comporta di fatto una dispersione energetica che riduce il rendimento ideale del motore di oltre il 60%. L'idea di S. Carnot fu quella di considerare un sistema di trasformazione reversibile capace di ritornare nella condizione o nello stato originario, simulando la trasformazione irreversibile del flusso di calore, in una particolare sequenza ideale di successivi punti di equilibrio, così da poter ritenere ipoteticamente reversibile il sistema di scambio tra calore e lavoro. Quindi la termodinamica nacque in seguito a la estensione delle concezioni di Carnot, in modo che fosse applicabile a tutte le trasformazioni suscettibili di descrizione teorica attraverso valori medi, detti variabili di stato macroscopiche, quali il Volume, la Temperatura, la Pressione, le quali assumono valore misurabile come differenza tra differenti stati di equilibrio. Pertanto conoscendo i valori delle coordinate termodinamiche di un sistema, nell'ipotesi che esse siano uniformi in tutto il sistema ed inoltre nella ulteriore ipotesi che i suddetti valori restino costanti nel tempo ed in condizioni di equilibrio, diviene possibile affermare di conoscere lo stato termodinamico del sistema e quindi controllarne le migliori condizioni di rendimento.

Nel 1864 **Rudolf Clausius**, comprendendo la necessità per la scienza di dover garantire la conservazione della Energia nel passaggio tra calore e lavoro, introdusse "ex-novo" il concetto di "Entropia" nel suo trattato: "Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie (tr. Trattato sulla teoria meccanica del calore)", così che successivamente agli studi di Sadi Carnot, si ristabilì il fatto che la energia non si distrugge neppure nelle trasformazioni irreversibili tra calore e lavoro, poiché essa si degrada; infatti il livello di degradazione viene indicato dal valore della Entropia. La parola ENTROPIA fu definita da Clausius come una grandezza "anomala" in quanto per essa non vale un principio di conservazione, ma viceversa un "principio di "non" conservazione".

Proprio da questa considerazione ENTROPIA è un vocabolo tratto dalla lingua greca e significa "contenuto in mutamento", ed infatti l'ENTROPIA (**S**) indica un gradiente qualitativo delle energia, che Clausius definì come il rapporto tra la somma dei piccoli incrementi (infinitesimi) di calore (**dQ**) rilevabili nelle vicinanze dell'equilibrio, divisa per la temperatura assoluta (**T**) misurata durante l'assorbimento del calore a pressione costante. È importante notare come tale equazione non definisca l'entropia del sistema, ma solo la variazione (**dS**) di entropia dello stesso. Pertanto era necessario avere un punto di riferimento per calcolare la variazione dell'Entropia di un sistema a questa esigenza provvede il Terzo Principio - **Teorema di Nerst** - (1906) dicendo arbitrariamente che la Entropia ad un ipotetico Zero assoluto ha un valore limite equivalente a Zero. Comunque sappiamo che lo Zero assoluto non è fisicamente raggiungibile e pertanto la variazione di entropia risulta essere un dato quantitativo fortemente limitato ai sistemi di equilibrio, da cui si desume una approssimata indicazione di tendenza dello sviluppo di una trasformazione.

**Ludwig Boltzmann** (1844-1906) cercò di comprendere il significato fisico della tendenza all'aumento dell'entropia, considerata da Clausius, come principio generalizzato di degradazione dell'energia, proprio per il fatto che l'ENTROPIA in un sistema chiuso diventa un deterrente che rende progressivamente sempre meno disponibile per realizzare un lavoro utile. Boltzmann pertanto ritenne che l'Entropia fosse una misura statistica della distribuzione delle molecole, vista in relazione alla possibilità di definire la direzione media del moto di ciascuna molecola nello spazio cartesiano; in tale guisa ritenne che la Energia Cinetica di ciascuna molecola di un gas ideale potesse essere considerata equivalente nelle tre direzioni dello spazio. Facendo seguito a tale approssimazione considerò di poter definire da un ordine statistico (**P**) di insiemi molecolari che degradavano la loro energia durante le trasformazioni. Pertanto egli suppose di poter asserire che, mentre la energia tende a disperdersi, la entropia di un sistema chiuso a ulteriori scambi di energia e materia, tende ad aumentare fino a raggiungere la "morte termica". Boltzmann espresse queste sue idee con la formula che fece incidere sulla sua tomba  $S = K \log P$ , purtroppo dopo essersi suicidato a Trieste, per la depressione causata dalle forti divergenze di opinione con gli scienziati a lui contemporanei i quali non compresero la sua interpretazione logaritmica delle Entropia. Infatti si ricorda che **Wilhelm Ostwald** (1885) scrisse in proposito della equazione di Boltzmann "The Irreversibility of Natural Phenomena cannot be described by mechanical equations."

Pertanto con Boltzmann la termodinamica classica rimase limitata da tali indicazioni assai teoriche ed ipotetiche, proprio perché già allora era evidente che, nelle trasformazioni chimiche irreversibili avvengono tutta una serie di fenomeni non lineari, i quali danno luogo ad una inversione della direzione della entropia, la quale invece di crescere con la dispersione di energia, tende viceversa a diminuire, creando nuove strutture di ordine molecolare. Di conseguenza il tema fondamentale della termodinamica dei sistemi lontani dall'equilibrio, divenne nel XX secolo, quello teso a capire come si formi dal caos la "Entropia Negativa", ovvero come si è detto in seguito come si sviluppino sistemi di trasformazione "non" lineare, sulla base dello sviluppo di **NEG-ENTROPIA**.

Nel 1944 **Erwin Schroedinger** scriveva a tale proposito: «l'organismo si alimenta di entropia negativa, attraendo su di sé [...] un flusso di entropia negativa, per compensare l'aumento di entropia che esso produce vivendo, con ciò riesce a mantenersi ad un livello di entropia stazionario notevolmente basso». Con l'introduzione del concetto di entropia negativa, poi chiamata da **Leon Brillouin "nega-entropia"**, (vedi: Brillouin, L., Scientific Uncertainty and Information, Acc. Press, New York and London, 1964.), si volle porre in risalto come la "ENTROPIA NEGATIVA" fosse legata all'aumento della misura dell'ordine, in opposizione a quella tendenza naturale che spinge al disordine. Alcuni anni dopo, l'importanza del concetto di Entropia Negativa venne meglio evidenziato da lo stesso Brillouin, che pose l'*ENTROPIA in relazione la INFORMAZIONE* necessaria a definire la tipicità dell'essere vivente. Brillouin affermò che, mentre nel caso di strutture inorganiche si può considerare l'entropia di un sistema come la somma di singoli valori entropici, questo perché non è più non è possibile nel caso si abbia a che fare con un sistema vivente. Pertanto sottolineo come il concetto di entropia risulti valido solo per un sistema perfettamente chiuso, cioè che non riceve dall'esterno alcun tipo di energia.

**Ilya Prigogine** Premio Nobel Per la Chimica 1977, parti da tali considerazioni e mise in evidenza come le strutture organizzate che si formano mediante lo scambio con l'esterno di energia e materia realizzino strutture dinamiche altamente organizzate che sono state chiamate, da Ilya Prigogine, "*strutture dissipative di energia*". In seguito a ciò molti scienziati nell'ambito del secolo scorso hanno teso ad estendere la termodinamica per comprendere le trasformazioni irreversibili che si comportano generando neg-entropia. Un ampio dialogo su tali tematiche è proseguito durante tutto il secolo scorso; è pertanto utile rammentare che **Erwin Schroedinger** (1887-1961) premio Nobel per la fisica nel 1933, sottolineo come gli esseri viventi mostrino un comportamento opposto a quello sancito dal secondo principio, in quanto essi nascono e vivono mantenendo internamente un livello di ordine e organizzazione estremamente elevato. E. Schroedinger avanzò infatti l'ipotesi che gli esseri viventi, pur essendo costretti a degradare energia come ogni altra macchina termica, "*assorbano*" neg-entropia (ovvero entropia con il segno meno) ed ad un tal proposito dice testualmente << ...Meno paradossalmente si può dire che l'essenziale nel metabolismo è che l'organismo riesca a liberarsi di tutta l'entropia che non può non produrre nel corso della vita. >>, ovvero, in parole povere, lo scopo primario delle cause della vita non è certo obbedire ciecamente al secondo principio della termodinamica, ma piuttosto di contrastarlo con tutti i mezzi necessari. (vedi SCHRODINGER, ERWIN. Scienza e umanesimo. Che cos'è la vita. Sansoni, Firenze 1978 (1953-1947). E. Schroedinger pertanto affermò che "gli esseri viventi possono sopravvivere soltanto se si nutrono di entropia negativa, traendola dall'ambiente circostante". Schroedinger, tuttavia, si mosse concettualmente ancora in ambito termodinamico, nel quale la negentropia cambia solo e soltanto il segno di un processo energetico che è sempre inquadrato in una concettualità meccanica proprio in quanto Schroedinger non considerò espressamente la relazione tra "neg-entropia ed informazione", come fenomeno coerente ed oggettivo della trasformazione energetica di un sistema capace di invertire *la transizione da entropico in neg-entropico*.

**Giorgio Piccardi** (1895-1972) Direttore dell'Istituto di chimica Fisica della Università di Firenze, anch'esso ben noto a livello internazionale, diceva, a noi studenti: "non bisogna dimenticare che i sistemi complessi (a partire dagli orologi chimici, agli esseri viventi, ecc), hanno in comune il fatto di produrre essi stessi le proprie caratteristiche della struttura dello spazio-tempo, e ciò significa che essi sono capaci di formalizzare livelli di auto-organizzazione che sono riconducibili sia a livello dei costituenti microscopici che macroscopici. Per Giorgio Piccardi la comparsa della vita, forse, doveva considerarsi come una complessa "*inversione non solo numerica della entropia*", così che da una condizione caotica di interazione tra ed energia materia la natura nella sue evoluzione biochimica aveva appreso sviluppare una strategia incredibilmente complessa, che pertanto diviene particolarmente incomprensibile per coloro che la analizzano in termini di una antiquata concezione lineare della termodinamica classica. Infatti l'aumento di entropia che si registra nelle trasformazioni idealmente chiuse a scambi di energia e materia con l'Universo, corrisponde ad un accrescimento temporaneo dell'Entropia. Viceversa è facile osservare sperimentalmente, che in sistemi reali aperti agli influssi ed influenze cosmiche, la negazione di entropia non consiste in un semplice trasferimento di segno del valore numerico da positivo a negativo. Infatti rammentava Piccardi, la Entropia per significare effettivamente il "contenuto in mutamento" va interpretata nell'attuazione del completo passaggio tra entropia e "neg-entropia nell'ambito di sistemi lontani dall'equilibrio termodinamico. Perseguendo tali obiettivi di ricerca Piccardi si propose di cercare di capire quali fossero gli agenti del processo di trasformazione che conduce la chimica delle reazioni aperte a scambi di energia, ad invertire il sistema entropico in neg-entropico. Pertanto Piccardi iniziò le sue ricerche sui sistemi lontani dall'equilibrio termodinamico, iniziando con lo studio di così detti "Barometri Chimici" detti più comunemente "**STORM GLASS**". Le reazioni chimiche che avvengono nello "STORM GLASS" producono un cambiamento oscillante di solubilizzazione della Canfora quando sono esposte ad una situazione ambientale che permette di osservare solo uno scambio di energia ma non di materia. Infatti gli "STORM GLASS" sono realizzati da una soluzione idro-alcolica di canfora a contrazione costante, sigillata in una provetta di vetro, in presenza di nitrato di ammonio, come si ricava dalle antiche ricette alchemiche. La provetta sigillata viene posta a "bagno maria" a temperatura costante e pertanto la soluzione di canfora e nitrato di ammonio, non subisce influenze dalle variabili termodinamiche essendo costanti, temperatura, pressione e concentrazione. Tali barometri chimici sono noti fin dai tempi antichi della alchimia, e sono utilizzati ancor oggi per sapere in anticipo le variazioni delle condizioni climatiche, in quanto indicano con accuratezza l'evolversi delle condizioni atmosferiche. Infatti se il cristallo di canfora cresce spontaneamente nella provetta dalla soluzione liquida (generando una situazione neg-entropica), si constaterà che è possibile fare una previsione di cattivo tempo atmosferico (pioggia): quando viceversa il cristallo di canfora tenderà nuovamente a disciogliersi solubilizzandosi, ciò indicherà che le condizioni atmosferiche miglioreranno.

Giorgio Piccardi studiò in seguito ,per circa 30 anni, il comportamento di tutta una serie di **"Fenomeni Chimici Fluttuanti"**, quali ad es gli Anelli di Liasegang e le così dette CLOCK REACTIONS individuando nelle *"influenze elettromagnetiche"* derivanti dalla azione delle variazioni del campo elettromagnetico tra il sole e la terra, uno dei motivi essenziali della inversione delle relazioni tra entropia e neg-entropia che danno luogo alla evoluzione dei sistemi viventi.

In seguito **Ilya Prigogine** , premio Nobel per la chimica (1977) prendendo spunto dalle reazioni chimiche oscillanti, asserì che la termodinamica classica si era riferita preferenzialmente ad ipotetiche condizioni di equilibrio falsamente applicate anche nell'ambito delle trasformazioni irreversibili, proprio in quanto tali processi sperimentali venivano considerati nell'ambito della Termodinamica classica, come semplici varianti temporanee di una sostanziale uniformità concettuale propria della fisica meccanica , dove ogni equazione è reversibile rispetto al tempo. Ma tale atteggiamento mentale basato sulla ammissione della reversibilità rispetto al tempo non corrisponde alla osservazione delle reazioni oscillanti. Infatti si osserva che una fluttuazione impercettibile attorno al punto di biforcazione in una reazione di trasformazione irreversibile è in grado di innescare meccanismi di evoluzione che instradano l'intero sistema verso una alterazione ad entropia negativa in relazione allo sviluppo di cambiamenti di stato macroscopici . Ilya Prigogine in sintesi disse : La termodinamica è stata valida nelle condizioni di riferimento di termodinamica di equilibrio. I processi irreversibili infatti ,diversamente dalla condizioni di equilibrio, originano nuovi stati dinamici della materia che riflettono l'interazione di un dato sistema con ciò che lo circonda. Prigogine chiamò queste nuove strutture dinamiche *"dissipative"* per sottolineare il ruolo di scelta tra situazioni di incertezza che generano *"biforcazioni"* in seno allo sviluppo energetico, così da fornire alternative capaci di dare luogo a processi altamente dissipativi di energia che nella loro formazione sviluppano un nuovo ordine molecolare a partire dal caos delle decomposizioni dei reagenti iniziali di una reazione chimica che li trasforma in nuovi prodotti. Pertanto nei sistemi lontani dall'equilibrio le *"strutture dissipative"* originano dalle esitazioni che il sistema manifesta in prossimità di un nodo di biforcazione, così che osserviamo che là dove la fluttuazione è massima , nessuna delle possibili evoluzioni è privilegiata rispetto alle altre. In questi casi la legge della simmetria dei grandi numeri è definitivamente rotta ed il principio di ordine di Boltzman perde il suo rigore scientifico. Una fluttuazione impercettibile attorno al punto di biforcazione è infatti in grado di innescare meccanismi di evoluzione che instradano l'intero sviluppo di trasformazione generando un nuovo ordine molecolare

Con l'introduzione del concetto di entropia negativa, chiamata da **LEON BRILLOUIN** (1889-1969) *"nega-entropia"*, Brillouin volle porre in risalto come quest'ultima fosse correlata alla produzione e comunicazione di informazione. Infatti disse: *"quello che ancora abbiamo bisogno di sapere è come una molecola in una trasformazione bio-chimica diventi un messaggio ovvero un segnale di informazione"*, e ciò è decisamente importante proprio in quanto *"vita e comunicazione di informazione"* sono concetti inseparabili. La negazione dell'entropia nei sistemi aperti a scambi di energie e materia è un processo che conduce alla qualificazione di forme di energia a più basso contenuto entropico ed in tal modo si ottiene il risultato di una maggior efficacia energetica, che non rappresenta di per se stessa un risparmio di energia, ma al contrario provoca una forte dissipazione di calore come avviene necessario per una effettiva crescita della complessità biologica che si sviluppa in parallelo ad una crescita di informazione per la gestione di sistemi evolutivi complessi.

Un esempio delle relazioni tra complessità e qualificazione delle energie a più basso tasso entropico lo abbiamo, considerando la sintesi biologica del ciclo di Krebs, che conduce alla formazione della molecola ATP (Adenosina trifosfato) la quale costituisce la base della energia bio-elettrica dei sistemi viventi. Infatti dalla rottura del triplo legame fosforico si ottiene la liberazione di un doppietto di elettroni che determinano, a cascata, tutta una serie di reazioni catalitiche di natura bio-elettrica che hanno un rendimento elevato in informazione a spese di una elevata dispersione di calore. In seguito a simili considerazioni , con il suo libro Leon Brillouin, *"Science and Information Theory"*, Second Edition, Academic Press, (1962), iniziò un nuovo capitolo della Scienza.

Il successivo sviluppo della moderna *"Teoria della Informazione"* ha comunque trattato la informazione in termini statistici di un ente *"immateriale"* concettualmente privo sia di energia e di massa, trattando il concetto di *"entropia"* nel quadro di una nuova disciplina **l'INFORMATICA** , nettamente separata dalla fisica termodinamica. In tal guisa si è dato adito ad più di una possibile definizione di Entropia, poichè essa può essere presentata sotto vari aspetti (termodinamico, statistico-probabilistico, informatico, ecc). In seguito a tale molteplicità di definizioni la **"ENTROPIA RELATIVA DI SHANNON"** è stata presa in considerazione sotto il profilo delle nuove discipline delle cibernetica e della informatica .Pertanto la formulazione della *"Entropia Relativa"*, che si deve a Shannon, prende le mosse dall'osservazione che *"La natura dell'informazione è discreta"*. Inizialmente si riteneva che il problema, nei sistemi di telecomunicazione, fosse quello di riprodurre fedelmente una funzione continua nel tempo. Invece, con Shannon, ci si accorse che, essendo l'informazione il frutto di una fondamentale selezione della energia vibrazionale coinvolta, risultava sufficiente trasmettere un insieme finito di dati per avere la comunicazione dello stesso contenuto informativo. Pertanto Shannon affermò che, *"ogni volta che elaboriamo dei dati, diminuiamo la quantità di informazione per estrarne il significato"*. Il problema che restava, comunque, aperto, era relativo all'interpretazione dell'informazione come energia. Di conseguenza la **"ENTROPIA RELATIVA DI SHANNON"** tratta solo di un calcolo statistico relativo alla perdita di entità di dati di informazione, questi ultimi sono visti come fattori numerici discreti esprimibili in bit , anziché come una funzione continua nel tempo come è la entropia in termodinamica. Tale approccio di **Claude E. Shannon** fu descritto (1948) nel quadro delle teorie matematiche della comunicazione , quale concetto decisamente importante per comprendere la perdita di informazione nella trasmissione tecnologica di segnali che utilizzano un codice binario. Infatti ad ogni trasmissione di dati attraverso un mezzo o canale di connessione mutuamente reversibile , si verifica una diminuzione della quantità di dati di informazione emessa dalla sorgente. Ciò che unisce la Entropia Relativa di Shannon e quella Termodinamica classica è solo il rendimento e cioè il differenziale tra valori assoluti e non il valore cognitivo intrinseco alla natura fisica dei sistemi naturali che si evolvono sulla base della comunicazione biologica informazione .Pertanto restava aperto il problema precedentemente emerso con Leon Brillouin circa l'interpretazione fisica della informazione. Rendendosi conto di tale dissociazione tra Fisica e la nuova Teoria della Informazione lo stesso Shannon scrisse in proposito del nome da dare alla nuova formulazione matematica:

«La mia più grande preoccupazione era come chiamarla. Pensavo di chiamarla informazione, ma la parola era fin troppo usata, così decisi di chiamarla incertezza. Quando discussi della cosa con John Von Neumann, lui ebbe un'idea migliore. Mi disse che avrei dovuto chiamarla "entropia", per due motivi: "Innanzitutto, la tua funzione d'incertezza è già nota nella meccanica statistica con quel nome. In secondo luogo, e più significativamente, nessuno sa cosa sia con certezza l'entropia, così in una discussione sarai sempre in vantaggio"» In tal modo si comprende come il passaggio dalla società industriale alla **Società della Informazione**, abbia sostanzialmente evitato un approfondimento integrato delle conoscenze scientifiche, procedendo verso una sempre più ampia e specializzazione mirata allo sviluppo tecnologico più che alle strategie di comprensione della natura delle trasformazioni sulla base di una finalità tesa alla comprensione universale e condivisa dei problemi di sviluppo del sapere.

Questa nuova dimensione integrata e trans-disciplinare di interesse sulla realtà fisica e biologica della informazione, emerge solo oggi agli inizi della "**Società della Conoscenza**" in cui stiamo vivendo. Pertanto è oggi il momento storicamente adatto per capire la informazione vista in termini di energia di elevata qualità che quindi corrisponde ad un a basso gradiente entropico, così che l'energia di informazione diviene la base delle effettive capacità di comunicazione della natura, a partire dalle strutture atomiche e molecolari, fino a costruire la complessità biologica degli organismi più evoluti ivi compreso l'Uomo.

Per definire la *Informazione come nuovo parametro energetico* è necessario capire, come ha evidenziato lo storico e filosofo delle scienze **Thomas Kuhn** (1922- 96), che la scienza non ha un carattere sequenziale, ma sviluppa storicamente nuovi paradigmi basati sulla necessità di introdurre nuovi concetti che permettano il superamento delle precedenti logiche riduttive della scienza. Così è stato per la Termodinamica classica che con Clausius introdusse il nuovo concetto di Entropia, che evidentemente non era derivabile dalle precedenti impostazioni della meccanica di Newton, la quale non presumeva la necessità di stabilire che la energia pur conservandosi si andava degradando facendo diminuire la efficienza di un motore.

Allo stesso modo oggi prendendo in considerazione i più recenti sviluppi delle scienze della vita, abbiamo ritenuto opportuno ed appropriato annoverare l'energia di informazione (**EI**) tra le principali forme di energia che vanno sommarci a quelle codificabili Energia Condensata come Materia (**EM**) e quella derivante dall'intero spettro vibrazionale (**EV**), così da mantenere valido quanto propose il chimico **Antonine Laurent Lavoisier** (1743 -1794) dicendo: "*Nulla si distrugge, tutto si trasforma*".

Pertanto addizionando tali *tre forme distinte di Energia* possiamo mantenere l'assioma fondamentale della Scienza di tutti i tempi basato sulla conservazione della Energia Totale, scrivendo:  $\langle EI + EM + EV = \text{Costante} \rangle$ ; di conseguenza datosi che le variazioni (d) di una qualsiasi costante sono nulle, l'equazione precedente diviene  $\langle \langle d(EI) + d(EM) + d(EV) = 0 \rangle \rangle$ . Da essa possiamo ricavare la seguente definizione  $\langle + d(EI) = - d(EM) - d(EV) \rangle$ , che abbiamo definito come **PRINCIPIO di FERTILITÀ EVOLUTIVA. (PFE)**

Il *Principio di Fertilità Evolutiva (PFE)*, consegue alla ammissione che la energia non si crea né si distrugge, ma si trasforma in senso evolutivo. Infatti il "PFE" in sintesi dice che, all'aumentare della elaborazione di informazione (+dI) interattiva, in corrispondenza si ha una forte dispersione delle Energie diversamente codificate. Pertanto lo stato di massima entropia, riletto nel quadro del "PFE", indica che con l'aumento di Entropia viene diminuita l'energia del sistema disponibile per compiere lavoro, ma inoltre il "PFE" pronostica in che modo la energia non viene distrutta ma si è trasformata. Infatti in gran parte la energia viene dispersa nell'ambiente al fine di permettere il raggiungimento di una nuova condizione di minimo energetico nelle trasformazioni, mentre un'altra parte (EI) modifica il suo strato di codificazione in quello di Energia di Informazione, elevando progressivamente il suo livello di qualità NEG-ENTROPICA per regolare la complessità della vita.

Questa formulazione del "PFE" è qui riportata nel modo più semplice ed intuitivo in quanto fa parte integrante di una teoria alquanto complessa, ed infatti introducendo le formulazioni ed i valori relativi ai tre fattori (**E,M,I**) essi vengono ad essere rappresentati da dei tensori tri-varianti anziché da semplici matrici bi-varianti, con cui si trattano le interazioni tra Energia e Materia. Quanto sopra diviene necessario proprio in quanto va presa in considerazione la produzione di Energia di Informazione (**EI**) che sulla base delle nella ciclicità delle trasformazioni di un sistema aperto a scambi di energia e materia, permette la evoluzione della complessità degli esseri viventi guidata dalla generazione della codificazione della energia in un sistema di informazione.

Pertanto la suddetta equazione relativa al "PFE", nella sua teorizzazione più completa, implica la organizzazione di una forma di energia altamente qualificata *come prodotto delle interattività tra EM ed EV*, e pertanto tende ad assumere una dinamica di sviluppo che graficamente diviene simile alla forma tipica della antica raffigurazione alchemica cinese dello **YIN-YANG** (risalente 200 - 300 dC). Ricordo infine che tale antico simbolismo alchemico rappresenta la concezione della continua ricomposizione oscillante delle energie generata dalla così detta legge di "*Opposizione / Interdipendenza relativa dei contrari*", per cui i tratti negativi si riconvertono in positivi in modo ciclico e reversibile, così che Lo Yin e lo Yang possono trasformarsi reciprocamente l'uno nell'altro proprio in quanto non sussistono mai lo Yin e lo Yang come valori assoluti. *L'equilibrio statico NON esiste: se ciò fosse non vi sarebbe nessuna evoluzione*. Infatti fin dalla antica alchimia cinese si ritenne che lo scopo della vita fosse intrinseco alla necessità di adeguarsi ad un continuo miglioramento delle perenni trasformazioni ambientali, come era già allora evidente sulla base delle osservazioni di cambiamenti energetici dell'ambiente nel quale i sistemi si riproducono rispondendo alle cadenze ritmiche generate dalle interazioni evolutive tra energia e materia poiché la vita ha un perenne bisogno di riciclarsi e di rigenerarsi per creare dinamiche di sviluppo evolutivo.

Concludendo questa relazione divulgativa ritengo veramente che una nuova ERA di ricerca nel settore delle scienze della vita possa solo emergere da un cosciente superamento dei limiti storico - cognitivi delle concezioni meccaniche, che già progressivamente stanno evolvendosi come è stato ampiamente delineato da questa relazione tesa ad individuare la dimensione della comunicazione di informazione nello sviluppo delle nuove conoscenze propedeutiche del *passaggio tra la società industriale e la futura società orientata dal quadro dei più recenti sviluppi delle scienze della vita*.

#### BIBLIO ON LINE :

- COHERENCE 2005 ROMA -14/OTT/2005 : Elementi del dibattito on line sul Convegno COHERENCE 2005 sono reperibili su : <http://egocreanet.iobloggo.com/archive.php?eid=8>

ed inoltre in : <http://www.vglobale.it/pub/Allegato/UNA%20PARTITA%20AGOSTANA%20PER%20LA%20TERMODINAMICA.doc>  
<http://jacques.benveniste.org/liens/Termodinamica%20e%20vita%20Coherence%202005.pdf>

- Principi termodinamici : <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/2155/termodinamica.html>

-Termodinamica:<http://www.ba.infn.it/~zito/museo/gemme.html#n6>

[http://giorgio.usr.dsi.unimi.it/webscu/Iss\\_machiavelli/FISICA/tempecalore2.htm](http://giorgio.usr.dsi.unimi.it/webscu/Iss_machiavelli/FISICA/tempecalore2.htm)

-Concetti termodinamici elementari: <http://pcfarina.eng.unipr.it/DispenseFTI-02/mascia145580c.PDF>

-Elementi di Storia delle Termodinamica: <http://www.itclucca.lu.it/museo/termo0T1.htm>

-Elementi di critica alla nozioni termodinamiche : <http://www.dipmat.unipg.it/~bartocci/fis/PROMEM2.htm>

-Incertezza e probabilità: <http://xoomer.virgilio.it/lpassal/prigogine/prigogine14.htm>;

<http://xoomer.virgilio.it/lpassal/prigogine/prigogine5.htm>

-Caos Deterministico : [http://www.giornalediconfine.net/n\\_precedente/art\\_5.htm](http://www.giornalediconfine.net/n_precedente/art_5.htm) ;

<http://www.plancton.com/papers/chaos.pdf>

- La Complessità Biologica: [http://www.unipv.it/iuss/sus/Libro\\_Cap\\_8.doc](http://www.unipv.it/iuss/sus/Libro_Cap_8.doc)

- ILYA- PROGOGINE : <http://www.filosofico.net/prigogine.htm>

- LEON BRILLOUIN : [http://it.wikipedia.org/wiki/Leon\\_Brillouin](http://it.wikipedia.org/wiki/Leon_Brillouin)

- "What Is Life ? "- ERWIN SCHRODINGER : <http://dieoff.org/page150.htm>

STORM GLASS : <http://www.allivanmktg.com/stmglass.htm> ;

<http://chemistry.about.com/od/weirdscience/a/fitzroy.htm>

- Studio dei processi metabolici della alimentazione: <http://www.edscuola.it/archivio/lre/metabol.html>

- Entropia di informazione : [http://it.wikipedia.org/wiki/Entropia\\_\(teoria\\_dell'informazione\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Entropia_(teoria_dell'informazione))

- Angoscia Collettiva : <http://www.ecplanet.com/canale/salute-7/psicologia-84/0/0/16040/it/ecplanet.rxd>

- ENERGIA -MATERIA-INFORMAZIONE : <http://www.e-conomy.it/Risorse/new-economy/caos.htm>

- Dal Mondo degli Atomi al mondo dei Bit : <http://www.psychomedia.it/pm/telecomm/telematic/manzelli.htm>

<http://www.ceu.it/fisica/1001fisc.htm>

- Capire la Chimica: [http://www.edscuola.it/archivio/lre/capire\\_la\\_chimica.htm](http://www.edscuola.it/archivio/lre/capire_la_chimica.htm)

- Catalisi ed informazione: [http://www.edscuola.it/archivio/lre/catalisi\\_ed\\_informazione.htm](http://www.edscuola.it/archivio/lre/catalisi_ed_informazione.htm)

- Tempo di Catalisi: [http://www.edscuola.it/archivio/lre/tempo\\_di\\_catalisi.htm](http://www.edscuola.it/archivio/lre/tempo_di_catalisi.htm)

- Chemical Bases of Biological Information : [http://www.edscuola.it/archivio/lre/chemical\\_bases.htm](http://www.edscuola.it/archivio/lre/chemical_bases.htm)

- Life Science Communication: [http://www.edscuola.it/archivio/lre/life\\_science\\_communication.htm](http://www.edscuola.it/archivio/lre/life_science_communication.htm)

**N.B.** Il CD-ROM sulle Reazioni chimiche Oscillanti, realizzato da I.Borsini,R.Cardellini,M.Costa,P.Manzelli, è stato pubblicato dal Centro Didattico TV. Della Università di Firenze (CESIT) [www.UNIFI.IT](http://www.UNIFI.IT) e può essere richiesto in visione.