

## EVOLUZIONE, TEMPO, ENDOFISICA

*Rosolino Buccheri*

Istituto per le Tecnologie Didattiche del CNR di Palermo &  
Centro Interdipartimentale di Tecnologie della Conoscenza, Università di Palermo

### ABSTRACT

It is discussed the persisting necessity for a change in paradigm in science and in the common way of thinking, from the *exophysical* perspective, typical of the classic realism, to an *endophysical* one, where the mutual interaction between us and the environment is not neglected. The necessity clearly results from the continuous debate on the interpretation of Quantum Mechanics in relation with the investigation of the microworld and from the unresolved problem of the compatibility of the linear, reversible and unstructured time of physics with the highly structured time of our perception endowed with an irreversible arrow. The necessity in the proposed change in paradigm is still clearer if we focus our attention to the formation of a representation of the external world in our mind, a process similar to that observed in nature in all complex self-organizing physical systems – including living organisms and human societies – producing order in competition with the second principle of thermodynamics. In such a conceptual schema, in fact, the acquisition of knowledge in man occurs in continuous and strict interaction with the environment and the result is always a new situation in which both man (with his representation of the world) and the environment are irreversibly changed.

### 1. IL REALISMO CLASSICO E L'APPROCCIO EXOFISICO

Nella concezione classica si assume l'esistenza di una realtà oggettiva fornita di proprietà intrinseche, indipendente e distinta dall'uomo che la percepisce, e si pensa essere compito dell'uomo rappresentarla e spiegarla mediante concetti, simboli e valori numerici, definiti all'interno di teorie.

Nella *fisica classica*, nata con Newton, si associa ad ogni sistema fisico un certo numero di quantità o variabili dinamiche con ben definiti valori numerici che definiscono lo stato dinamico del sistema ad ogni istante. Conosciute le forze che agiscono sul sistema, la sua evoluzione nel tempo è interamente determinata se si conosce il suo stato all'istante iniziale.

La Fisica Teorica Classica si prefiggeva quindi di individuare tutte le variabili dinamiche del sistema sotto studio e dedurre le equazioni del moto che predicano la sua evoluzione. Da Newton fino alla fine del XIX sec. questo programma fu svolto con grande successo. Ogni nuova scoperta permise di introdurre nuove variabili e nuove equazioni o modificare le equazioni già note in modo da permettere al fenomeno osservato di essere incorporato nello schema generale.

Tutti i fenomeni fisici noti trovavano la loro spiegazione in una teoria generale della materia e in una teoria generale della radiazione. Secondo queste teorie, la materia è costituita da corpuscoli soggetti alle leggi della meccanica di Newton e, anche se non si era in grado di isolare i singoli elementi che costituiscono i sistemi fisici, la 'teoria corpuscolare' veniva giustificata indirettamente con metodi statistici di indagine mostrando che le proprietà macroscopiche dei corpi materiali possono derivare dalle leggi del moto delle loro componenti. La *Meccanica Statistica* e, in particolare, la *Teoria Cinetica dei Gas* permisero di verificare i fondamenti della teoria corpuscolare della materia.

La radiazione, invece, obbedisce alle leggi di Maxwell dell'elettromagnetismo; le sue variabili dinamiche – in numero infinito – sono le componenti dei campi elettrici e magnetici che permeano simultaneamente tutto lo spazio. Come la teoria corpuscolare, la teoria ondulatoria della radiazione si stabilì solidamente. Tutti i fenomeni luminosi conosciuti poterono essere basati su questa ipotesi. Non c'era niente di nuovo da scoprire; si prevedevano solo esperimenti di verifica.

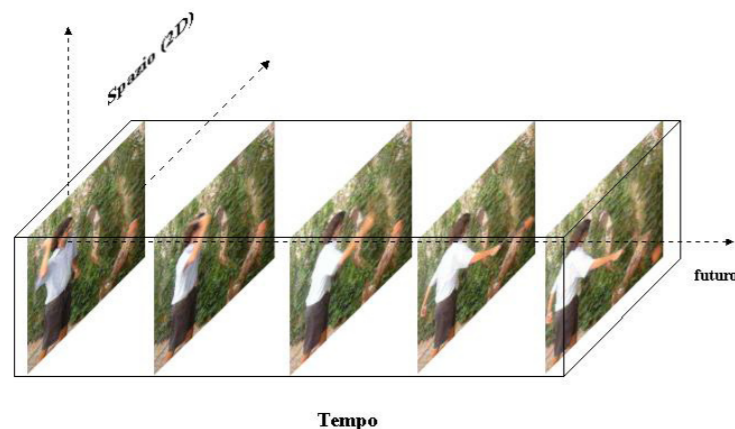
Tuttavia, per raggiungere il massimo grado possibile di unità nella descrizione della natura, si postulò che le onde elettromagnetiche fossero dotate di un fluido di supporto, l'*etere*, la cui struttura e proprietà meccaniche erano da specificare. Con questa ipotesi, le onde elettromagnetiche venivano ridotte a onde di materia, l'entità fondamentale soggetta ai principi della meccanica di Newton.

Gli esperimenti suggeriti dalla ipotesi dell'esistenza dell'etere non rivelarono alcunché rispetto alla sua natura; anzi, uno di questi esperimenti provocò un primo profondo sconvolgimento della fisica. Fu l'esperimento di Michelson-Morley (1887), progettato per rivelare il moto della terra rispetto all'etere, e definitivamente spiegato da Albert Einstein nel 1905 nell'ambito della Teoria della Relatività, che portò al rigetto della nozione di etere, mentre la validità della meccanica newtoniana venne ridotta al caso di velocità piccole rispetto alla velocità della luce  $c$ .

Le modifiche prodotte dalla teoria della relatività alle idee di spazio, tempo, materia ed energia, furono profonde e rivoluzionarie rispetto al quadro generale della fisica così come si era sviluppato nei secoli precedenti ma non intaccarono sensibilmente né il programma classico né il senso comune e non ebbero quindi eccessive difficoltà ad essere accettate e metabolizzate in tempo ragionevole.

Anzi, la concezione classica della realtà venne ribadita nel famoso articolo del 1935, a firma di Albert Einstein, Boris Podolsky e Nathan Rosen, dal titolo «*La descrizione quanto-meccanica della realtà fisica può essere considerata completa?*» dove, sulla base dell'assunto classico, si esprimeva il concetto che il successo di una teoria fisica nel rappresentare la realtà deve essere giudicato da due proprietà, la «correttezza» e la «completezza». La correttezza (la concordanza delle previsioni della teoria con i risultati delle osservazioni) era fin dai tempi di Galileo, il requisito fondamentale di ogni teoria; la completezza, anch'essa implicita nella concezione galileiana, riguardava la capacità della teoria di definire in modo inequivocabile la corrispondenza fra gli elementi della realtà fisica e le loro controparti simboliche nella teoria. Nell'articolo di EPR, correttezza e completezza venivano esplicitamente connesse dalla necessità che gli elementi della realtà fisica soggiacente *possano e devono* essere individuati, qualitativamente e quantitativamente, attraverso l'osservazione e l'esperimento.

Secondo il programma classico, conosciute le forze che agiscono sul sistema, la sua evoluzione nel tempo è interamente determinata se si conosce il suo stato all'istante iniziale. Questo concetto fece scrivere ad Albert Einstein che «*lo scorrere del tempo è un'ostinata illusione umana*» e a Pierre Simon de Laplace quello che è considerato il manifesto del determinismo: «[...] un'Intelligenza che, per un dato istante, conoscesse tutte le forze da cui è animata la natura e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, se per di più fosse abbastanza profonda per sottomettere questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella stessa formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e dell'atomo più leggero: nulla sarebbe incerto per essa e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi [...]». Dal punto di vista deterministico, dunque, l'universo sarebbe visibile dall'esterno come un blocco unico (*block-universe*), dal passato al futuro più remoti.



Inoltre, lo stesso punto di vista deterministico implica la ricerca di una ipotetica *Teoria del Tutto*, capace di definire in modo completo ed esaustivo tutti i fenomeni, noti e non ancora noti, passati e futuri e le loro connessioni. Ciò è in accordo con l'attitudine *exofisica*, l'approccio mentale da sempre adottato da tutte le scienze, per il quale si assume la possibilità che l'uomo sia in grado di raggiungere un completo distacco dal suo ambiente e quindi osservarlo e analizzarlo senza interagire con esso.

Dal punto di vista filosofico, René Descartes, con la sua distinzione fra *res cogitans* e *res extensa*, fece dell'attitudine *exofisica* un paradigma che fu implicitamente accettato nei secoli a venire. D'altra parte, nell'ambito della fisica classica (e della relatività di Einstein), l'attitudine *exofisica* è giustificata dalla circostanza che le equazioni matematiche che descrivono i fenomeni elementari sono reversibili nel tempo. Ciò implica che non è possibile distinguere fra passato, presente e futuro.

## 2. LA RIVOLUZIONE QUANTISTICA

Agli inizi del XX sec., quando la conoscenza dei fenomeni su scala microscopica divenne più precisa, il programma classico versò sempre più in difficoltà e contraddizioni. I fenomeni della scala atomica e subatomica non rientravano nello schema della dottrina classica stessa e la loro spiegazione doveva essere basata su principi del tutto nuovi. La scoperta di questi nuovi principi avvenne intorno al 1925 con la fondazione di una teoria coerente dei fenomeni microscopici, la *Meccanica Quantistica* (MQ), le cui tecniche di calcolo forniscono valutazioni quantitative estremamente accurate su moltissimi fenomeni del microcosmo ma le cui spiegazioni sono drasticamente controintuitive e cozzano violentemente con il nostro modo, radicato nei secoli, di concepire la natura. In particolare:

- *il principio di indeterminazione di Heisenberg* asserisce che “tanto più precisa è la misura della posizione di una particella, tanto meno precisa è la misura della sua velocità e viceversa” e pertanto asserisce di fatto che c'è un limite di principio alla conoscenza simultanea di tutte le proprietà di una particella;
- *la dualità onda-particella evidenziata dall'esperimento della doppia fenditura* esprime un limite di principio alla determinazione di proprietà intrinseche della materia;
- *l'aleatorietà non epistemica* esprime una limitazione al principio di causa ed effetto. I nuclei radioattivi decadono con il tempo emettendo particelle di vario genere, alcune decadono rapidamente, altre impiegano anni o anche secoli secondo la relazione  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ . Si possono fare previsioni statistiche per un insieme di nuclei ma non si può prevedere il momento esatto quando un particolare nucleo decadrà. L'indagine del microcosmo ci obbliga ad accettare come inevitabile la casualità del verificarsi dei fenomeni;
- *l'osservatore e l'oggetto osservato non sono del tutto distinguibili*. La MQ introduce il concetto fondamentale della *indivisibilità* del sistema complessivo osservatore/osservato per effetto della stretta interdipendenza fra i due sottosistemi che lo compongono. Infatti, ogni misura comporta sempre sia un cambiamento di stato in entrambi i sottosistemi sia la presenza di un flusso di energia dall'uno all'altro. Energia che non è possibile distribuire con certezza a ciascuno dei due sottosistemi. Ciò esprime un limite di principio alla netta distinzione fra soggetto e oggetto all'atto dell'osservazione e dell'esperimento;
- *il problema della misura*. In MQ, lo stato di un sistema viene definito da una funzione d'onda  $\psi$ , e la sua evoluzione con l'equazione di Schrödinger  $\psi(t) = A(t)\psi_0$ . Prima di una osservazione, ogni sistema si trova in una sovrapposizione di stati; in conseguenza dell'osservazione la funzione d'onda che descrive lo stato *collapsa* assumendo solo uno dei valori possibili della proprietà osservata. Il collasso della funzione d'onda esprime un evento chiaramente *irreversibile* in quanto una volta

effettuata la misura siamo consapevoli del risultato che abbiamo ottenuto e non possiamo più tornare indietro. Da notare che il collasso della funzione d'onda è parte integrante della *MQ* per gli aspetti che implica una misura ma non è previsto dall'equazione di Schrödinger. Quest'ultima, infatti, è un'equazione *lineare e simmetrica nel tempo* e quindi strettamente *deterministica* e, in quanto tale, permette di conoscere tutti i possibili stati di un sistema ad un qualsiasi istante, presente, passato e futuro. Questa apparente contraddizione è spiegata dal fatto che la descrizione fornita dall'equazione di Schrödinger vale solo per i sistemi chiusi, quelli che non interagiscono con l'esterno. Nel caso di una misura, siamo in presenza di un sistema aperto con l'osservatore che scambia energia con l'oggetto della sua osservazione. Il collasso della funzione d'onda con la conseguente irreversibilità temporale dello stato che essa descrive appartiene al punto di vista dell'osservatore, sottosistema aperto all'interno dell'universo e che interagisce con l'oggetto osservato. Vista dall'osservatore, l'evoluzione dell'oggetto osservato non può essere *né deterministica, né reversibile*. Questa circostanza rompe la simmetria temporale, caposaldo della fisica classica, rendendo possibile, nella prospettiva dell'osservatore, una netta distinzione fra passato e futuro.

L'interpretazione di Copenhagen della *MQ* venuta fuori dal congresso Solvay del 1927 stabilì che:

- l'*indeterminazione di Heisenberg* è fondamentale e non è quindi risolvibile con nessun metodo di misura, per quanto preciso;
- le *proprietà della materia* hanno valenza probabilistica.

Niels Bohr scrisse in seguito che «[...] la scoperta [...] della limitata divisibilità dei processi fisici, giustifica l'antico dubbio sull'adeguatezza delle nostre ordinarie forme di intuizione riguardo alla descrizione dei fenomeni atomici. Poiché nell'osservazione di questi fenomeni non è possibile trascurare l'interazione fra oggetto e strumento di misura, il problema relativo alle possibilità di osservazione ritorna in primo piano. Ritroviamo qui, in una nuova luce, il problema dell'oggettività dei fenomeni, che ha sempre attirato su di sé tanta attenzione nelle discussioni filosofiche [...] si fa osservare lo stretto rapporto esistente fra il fallimento delle nostre forme di intuizione, che ha le sue radici nell'impossibilità di separare nettamente il fenomeno dallo strumento di osservazione, e i limiti generali della capacità dell'uomo di creare concetti, che sono connessi con la nostra distinzione fra soggetto e oggetto [...] la descrizione della nostra attività mentale richiede da una parte un contenuto oggettivamente dato contrapposto a un soggetto percipiente, ma dall'altra, una netta separazione fra soggetto e oggetto non può essere sostenuta in quanto anche quest'ultimo appartiene al nostro contenuto mentale [...] da ciò segue, non solo il significato relativo di ogni concetto che viene a dipendere dall'arbitrarietà del punto di vista ma altresì che noi dobbiamo essere pronti ad accettare il fatto che una spiegazione completa di una stessa questione possa richiedere diversi punti di vista che non ammettono una descrizione unitaria [...]».

La rigida costruzione mentale classica, con riferimento all'esistenza di una *realtà oggettiva pienamente conoscibile dall'uomo*, veniva seriamente messa in dubbio dai risultati degli esperimenti del microcosmo, dubbio sancito dall'interpretazione di Copenhagen a cui aderirono la stragrande maggioranza degli scienziati con alcune importanti dissensi fra cui Einstein e De Broglie.

Abbandonando lo schema mentale classico, potremmo considerare che le proprietà ricavate dalle osservazioni si riferiscono agli oggetti osservati ma sono anche dipendenti dai dispositivi con cui le riveliamo. Secondo questa prospettiva, ogni nostra osservazione del mondo esterno è il risultato di una interazione mutua che modifica in modo irreversibile il nostro stato e quello del nostro oggetto di osservazione. Di conseguenza, noi non siamo osservatori neutrali di un universo dalle proprietà perfettamente conoscibili ma, al contrario, il modo in cui interroghiamo la natura influenza drasticamente le sue risposte in modo tale da modificare essa e noi stessi in modo irreversibile. Il determinismo e il *block-universe* non sono accettabili dal punto di vista umano.

Vengono in mente le parole di Albert Einstein il quale diceva che «... I concetti che si siano dimostrati utili nell'ordinare le cose acquistano facilmente una tale autorità su di noi che ne dimentichiamo l'origine e li accettiamo come invariabili. Allora essi diventano "necessità del pensiero", "dati a priori". La via del progresso scientifico resta allora sbarrata da tali errori per lungo tempo. Non è quindi un gioco inutile abituarsi ad analizzare le nozioni correnti e a mettere in evidenza le condizioni da cui dipende la loro giustificazione ed utilità, e il modo in cui si sono affermate soprattutto in base ai dati dell'esperienza. Così la loro esagerata autorità si infrange. Ed esse vengono rimosse, se non possono dimostrare adeguatamente la loro legittimità; corrette, se la loro corrispondenza con le cose era stata stabilita con troppa imprecisione; sostituite con altre, se possiamo sviluppare un nuovo sistema che per buone ragioni sia preferibile... ».

### 3. I PROCESSI IRREVERSIBILI DI AUTORGANIZZAZIONE

La rielaborazione del secondo principio della termodinamica da parte di Ludwig Boltzmann e l'osservazione di grandi strutture in continua formazione nell'universo (es. stelle e galassie) avevano acceso, verso la fine del XIX sec. un intenso dibattito e stimolato nuove osservazioni per spiegare il formarsi spontaneo in natura di sistemi aperti ordinati di materia che si '*auto-organizzano*' mediante scambio di materia ed energia con l'ambiente.

Fra gli esempi più semplici di autorganizzazione ci sono i cristalli, formazioni minerali solide caratterizzate da una disposizione periodica e ordinata di atomi ai vertici di una struttura reticolare, ma i più spettacolari sono gli *orologi chimici* prodotti da reazioni chimiche caratterizzate da feedback catalitico dove alcuni prodotti della reazione contribuiscono ad accelerare la reazione stessa.

Un esempio di orologio chimico è fornito dalla reazione tipo Belousov-Zhabotinsky<sup>1</sup>, un miscuglio di bromuro di potassio (KBrO<sub>3</sub>-), acido malonico (CH<sub>2</sub>(COOH)<sub>2</sub>) e solfato di manganese (MnSO<sub>4</sub>), preparato in una soluzione riscaldata di acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Il manganese oscilla fra due diversi stati di ossidazione e provoca una variazione periodica di colorazione di circa 4 sec. Un altro semplice ma interessante esempio di autorganizzazione, molto comunemente osservato, è quello delle *celle di Bénard*, prodotte in un liquido riscaldato dal basso.

Nel 1967, Ilya Prigogine stabilì la nozione di *struttura dissipativa*, valida per i sistemi fisici lontani dall'equilibrio termodinamico, capaci di produrre ordine e informazione. Questa capacità è dovuta all'esistenza di processi non lineari dove l'energia e l'entropia acquisite in input vengono compensate con quelle dissipate in output. Durante il processo di autorganizzazione, la struttura dissipativa aumenta in complessità modificando in continuazione il proprio comportamento fisico, non sempre derivabile dalle leggi fondamentali. In questi sistemi, la velocità del processo di autorganizzazione si va riducendo fino a stabilizzarsi in configurazione e comportamento per un certo tempo.

La NASA ha recentemente annunciato la creazione di aminoacidi, necessari per la vita, in un ambiente che riproduce le stesse condizioni dello spazio interstellare. In un laboratorio della *Silicon Valley*, un gruppo di astrobiologi ha irradiato luce ultravioletta su del *ghiaccio spaziale* (comune ghiaccio d'acqua con aggiunta di molecole semplici) che ha provocato la produzione di aminoacidi, in particolare glicina, alanina e serina. Questo testimonia che gli aminoacidi possono essersi formati spontaneamente nell'universo. A conferma di ciò è stata verificata la presenza degli stessi aminoacidi in alcune meteoriti

<sup>1</sup> Sito per la reazione di Belousov-Zhabotinsky: <http://online.redwoods.cc.ca.us/instruct/darnold/DEProj/Sp98/Gabe/> Cliccare sulla figura per osservare la periodicità del cambiamento di colore della soluzione.

cadute sulla terra. Ma già nel 1953 Stanley Miller, sotto la guida di Harold Urey (che poi ricevette il premio Nobel) e sulla base dell'idea della *zuppa primordiale* di Oparin e Haldane, aveva verificato la possibilità di autoformazione di molecole basilari per la vita. In un tubo, contenente acqua, ammoniaca, idrogeno e metano, aveva fatto scoccare delle scintille per una settimana fino che si rese conto che il tubo si stava ricoprendo di una patina. Analizzando questa patina trovò tra i suoi componenti piccoli quantitativi di due semplici aminoacidi, l'alanina e la glicina.

L'autorganizzazione è oggi molto ben studiata nei processi biochimici sia all'interno della singola cellula che fra cellule diverse (sintesi degli enzimi), in genetica (sintesi delle proteine), nei processi di metabolismo, nella stabilizzazione del ritmo cardiaco e così via.

Le strutture dissipative sono caratterizzate dalla presenza di *biforcazioni* nelle loro traiettorie temporali, dovute alla non linearità dei processi in gioco. In corrispondenza ai punti di biforcazione, il sistema può scegliere fra diversi cammini evolutivi, la scelta essendo determinata casualmente da fluttuazioni statistiche (anche estremamente piccole). Questa caratteristica implica la *irreversibilità* del processo evolutivo, specie nel caso di sistemi molto complessi per cui il diagramma evolutivo può presentare un enorme numero di biforcazioni.

Fra gli studi seguiti alla scoperta delle strutture dissipative, è importante ricordare il *caos deterministico* che ha contribuito a rivelare l'imprevedibile comportamento dei sistemi complessi descritti da pur rigorose equazioni non lineari. In alcuni di questi sistemi la produzione di informazione può addirittura crescere con il tempo, il che rende improvvisamente instabile il sistema conducendolo all'autodistruzione (da ricordare l'ipotetico *butterfly effect* descritto da Edward Lorenz nel 1972). Alcune di queste strutture instabili sono incluse nella «Teoria delle catastrofi» di René Thom.

Un interessante esempio di struttura caotica è costituito dall'idea di *automa cellulare*, proposto da John Von Neumann a cui si riferì Stephen Wolfram per concepire una macchina virtuale autoevolvente nell'ipotesi che i processi vitali possano essere simulati da modelli computazionali. Un interessante esempio è costituito dall'automa cellulare denominato *Gioco della vita*<sup>2</sup> proposto da John Horton Conway.

Claude Shannon, Christopher Langton ed altri hanno proposto che la stabilità dei sistemi che si autorganizzano dipende in modo critico dalla quantità di informazione scambiata nel processo di interazione con l'ambiente. In particolare, la stabilità è connessa con la complessità: sistemi troppo semplici non sono in grado di ottenere dall'ambiente energia e informazione sufficiente per evolversi; d'altra parte, troppa informazione può causare la distruzione del sistema.

I sistemi viventi sono sistemi aperti, lontani dall'equilibrio termodinamico, che si evolvono insieme e in competizione con l'ambiente. Come per altre strutture dissipative, la quantità di informazione scambiata con l'ambiente mantiene i sistemi viventi ad un livello di complessità sufficiente per una buona stabilità. È ragionevole considerare l'origine e l'evoluzione degli organismi viventi come derivate dalla tendenza della materia inerte ad organizzarsi in strutture temporaneamente stabili.

Humberto Maturana e Francisco Varela hanno descritto il funzionamento di un sistema vivente come una rete dove tutti i nodi si scambiano mutuamente informazioni a partire dagli stimoli ricevuti dall'esterno. In questi *sistemi autopoietici*, le relazioni di feedback fra i nodi possono modificare (in qualche caso eliminare o anche creare *ex novo*) le loro funzioni allo scopo di mantenere stabile l'intero sistema.

<sup>2</sup> Sito per l'utilizzo del gioco della vita di John Horton Conway: <http://www.bignell.demon.co.uk/life.htm>

Inserire nel reticolo un qualsiasi disturbo grafico di partenza e attivare il "play". Si noterà una evoluzione caotica ordinata di strutture di vario genere.

I risultati di tutti questi studi ci portano a pensare che la formazione e la susseguente evoluzione caotica di strutture complesse mediante processi di autorganizzazione potrebbe essere un principio generale a cui obbedisce la natura, in competizione con il secondo principio della termodinamica.

Alcuni aspetti di questo argomento furono già discussi circa 30 anni fa da Ilya Prigogine nella sua «Nouvelle Alliance», dove si proponeva uno studio unificato di tutti i fenomeni naturali in ambito scientifico, economico e sociale.

#### 4. L'EVOLUZIONE DELLA CONOSCENZA

Le società umane sono sistemi aperti a molti corpi, che interagiscono con l'ambiente da cui ricevono risorse e informazione. Inoltre, sono caratterizzate da interazioni complesse fra i propri componenti, alla stregua dei sistemi autopoietici di Maturana e Varela. Queste interazioni creano e mantengono coerenze di comportamenti. Molto probabilmente, le società umane possono essere descritte da sistemi di equazioni non lineari di ordine elevato e quindi caratterizzate da evoluzione caotica e irreversibile. La storia dell'umanità e lo sviluppo della sua civiltà sembra, infatti, essere caratterizzata dagli stessi processi caotici tendenti all'autorganizzazione, presenti in altri aspetti dell'evoluzione dell'universo.

In modo simile, anche la formazione e l'evoluzione, a grandi scale di tempo, di una rappresentazione del mondo nella mente dell'uomo all'interno della società, ha tutte le apparenze di un processo caotico di autorganizzazione. Nel corso di questo processo evolutivo, impariamo a distinguerci dall'ambiente che ci circonda. Si forma un *soggetto* – un sistema lontano dall'equilibrio termodinamico che scambia materia e informazione con il mondo esterno, *oggetto* di osservazione. L'informazione accumulata dal soggetto, utile nella sua lotta per l'esistenza, viene organizzata nella mente in *unità conoscitive* fra loro concatenate che permettono una stabile rappresentazione della realtà esterna.

La nostra visione globale del mondo è infatti composta da un insieme di *unità conoscitive* sui vari aspetti della realtà esterna e sulle relazioni causali osservate fra i fenomeni che cadono sotto la nostra osservazione. Le *unità conoscitive* sono connesse fra loro in una costruzione mentale integrata che costituisce uno scenario interpretativo che integra i dati osservativi con molti altri dati e connessioni, assunte essere vere per intuito o per convinzione ideologica, politica o religiosa (dati di tipo *mitico*). Questo scenario ci permette di avere una visione globale più o meno completa e autoconsistente dell'ambiente esterno. Seguendo Kenneth Craik chiamiamo *Mental Model of Reality (MMoR)* queste costruzioni mentali integrate.

Ogni *MMoR* individuale ha due caratteristiche basilari: il cambiamento irreversibile e l'interazione, caratteristiche tipiche del suo continuo aggiornamento con sempre nuovi dati mediante scambio di informazione con gli altri individui della società e con il resto della natura circostante per essere sempre al passo con le variazioni dell'ambiente e poterlo controllare.

Noi aggiorniamo il nostro *MMoR* individuale riempiendo i vuoti di conoscenza per mezzo di osservazioni dell'ambiente circostante ed esperimenti su di esso. Inoltre, il continuo confronto con gli altri membri del gruppo sociale induce modifiche e/o aggiunte di dati e relazioni non osservate direttamente ma comunicate da altri che li avevano già integrati nei loro *MMoR*. Così, gli *MMoR* individuali si evolvono verso un modello che ha una parte molto grande in comune con la maggioranza degli altri membri della società di cui fa parte. Questa parte comune, a sua volta, influenza di riflesso gli *MMoR* individuali in un ciclo interattivo individuo-società-individuo, tendente ad una rappresentazione del mondo sempre più condivisa e precisa.

La scelta (per lo più inconscia) su cosa e come osserviamo la realtà esterna, come anche su quali indicazioni vogliamo integrare nei nostri *MMoR* fra tutte quelle fatte dagli altri membri della società,

dipende sia dal nostro presente *MMoR* che dalle nostre convinzioni a priori e può variare da individuo a individuo e anche nello stesso individuo in differenti situazioni fisiche e/o psichiche. A causa di questa grande varietà di influenze, e nonostante l'intersoggettività, si osservano sempre importanti instabilità nei *MMoR* individuali e sensibili differenze fra i *MMoR* dei membri della società.

Non sempre i nuovi dati acquisiti tramite osservazione o comunicati da altri sono compatibili con i modelli che abbiamo in mente. Ciò provoca in genere delle contraddizioni che possono essere eliminate con nuove osservazioni ed esperimenti. A volte, però, i risultati di queste nuove osservazioni possono produrre drastiche modifiche ai modelli mentali già stabiliti, che possono provocare anche gravi instabilità psichiche.

In generale, il processo di *feedback* individuo-società-individuo tende a mediare i modelli individuali all'interno della società che così sviluppa la sua rappresentazione collettiva del mondo (*SMoR: Social Model of Reality*) e a ridurre al minimo le nostre convinzioni a priori, non confortate dall'osservazione. In seguito al continuo confronto sociale vengono incorporate nei nostri *MMoR* sempre maggiori conoscenze che includono, oltre a sempre nuove relazioni fra eventi, anche tutti gli aspetti della coesistenza sociale (leggi, tradizioni, modi di comunicare, ecc...). Viene quindi affermato con sempre maggiore forza quel senso comune chiamato *intersoggettività* che è parte essenziale di ogni *MMoR* e che costituisce una base importante per la costruzione del consenso sociale all'interno di ogni società umana.

Insieme alla formazione degli *SMoR*, il confronto sociale facilita il consenso sulle metodologie di indagine della natura e sull'uso di un comune linguaggio di comunicazione. Tutti i processi comunicativi, tuttavia, hanno dei limiti per quanto riguarda la completezza dell'informazione (quantità e qualità di dettagli) in quanto schematizza per ragioni di brevità e usa anche codici non formali (gesti, modi di esprimere lo stesso concetto) non univocamente interpretabili.

A causa di questi limiti, il processo di mediazione è attenuato, permettendo l'interpretazione della comunicazione all'interno del proprio *MMoR* così riducendone la drasticità delle modifiche che possono essere causate da dati non compatibili. Ciò contribuisce alle instabilità individuali e alle differenze fra individui e stimola la ricerca di sempre più precise regole di comunicazione.

Si noti che il cammino verso un sempre più universale *SMoR* è scandito in modo aleatorio dalle idee innovative elaborate da individui di grande personalità, capacità di comunicazione e forti (ma spesso anche rigidi) ideali. Queste idee fungono da attrattori verso nuove convinzioni, nuovi metodi per la indagine della natura e modifiche e/o aggiunte ai metodi di comunicazione. A volte, inoltre, le nuove idee agiscono da fluttuazioni negative che producono lunghi e terribili conflitti sociali per l'incompatibilità con i modelli già esistenti o con i modelli proposti da concorrenti personalità. La opposizione alle nuove idee o al vigente *SMoR* e fenomeni come l'*anticonformismo* o l'*eresia*, servono comunque a riprendere il processo di mediazione fra singoli e gruppo sociale.

Nel linguaggio corrente (dai vocabolari), è usuale dare l'attributo di *oggettivo* a qualcosa di assolutamente vero, non vincolato a strutture psicologiche individuali. Dal ragionamento fatto sembra invece chiaro che il termine *oggettivo* esprime solo il consenso sociale risultante dalla mediazione delle esperienze soggettive individuali, che rimangono alla base del processo umano di conoscenza. I termini *soggettivo* e *oggettivo* non rappresentano dunque una dicotomia: l'*oggettivo* non è altro che il *soggettivo* riferito al gruppo sociale invece che all'individuo. È possibile che l'attitudine *exofisica* abbia, senza volerlo, innalzato di rango il termine '*oggettivo*' assimilandolo al concetto di *intrinsecamente vero*.

Il continuo aggiornamento delle metodologie di osservazione e del linguaggio di comunicazione ha dato origine, ad un certo punto della storia, al *metodo scientifico* ed alla *matematica*. Come ogni altro prodotto dell'intelligenza umana, queste ultime si sono evolute in modo da risolvere problemi sempre più complessi. Sono quindi nate nuove discipline scientifiche e nuovi strumenti matematici, alle volte basati sugli stessi assiomi (calcolo differenziale, tensori) altre volte con l'aiuto di nuovi assiomi (*cfr.* le geometrie non-euclidee). In ogni caso, lo scopo è stato sempre quello di descrivere in modo preciso

e *condiviso* i fenomeni sotto studio. Tuttavia, è proprio del realismo classico connesso con l'attitudine *exofisica*, che l'essenza intrinseca del mondo esterno è considerata accessibile all'uomo e che il metodo scientifico è in grado di descriverla nei suoi dettagli. Per questo, il significato di *vero* al termine *oggettivo* è spesso attribuito alle proposizioni provenienti dalla comunità scientifica specie se espresse in termini matematici. Inoltre, molti vedono la matematica come un'entità assoluta, indipendente dall'uomo, i cui aspetti vengono portati alla luce dalla sua intraprendenza e curiosità.

D'altra parte, non può essere negato che anche gli scienziati hanno interpretazioni più o meno diverse delle teorie scientifiche, anche se condivise. Ciò è dovuto alle differenze individuali di cui già detto, quasi sempre conseguenza di assunzioni o credenze *a priori*, proprie di ciascuno. Possiamo dedurre che anche le teorie scientifiche, pur espresse in termini matematici, possono essere considerate come esempi particolari di *SMoR* su cui c'è un accordo all'interno della comunità scientifica. In questo quadro, si può condividere l'opinione di Friedrich Dürrenmatt che: «ogni teoria è sempre da considerarsi una ipotesi di lavoro conforme all'uomo e non una verità assoluta a cui l'uomo deve conformarsi».

È comune esperienza che non esiste sulla terra una *SMoR* unica per tutte le società umane, neppure in campo scientifico all'interno delle singole discipline, nonostante l'aiuto di un linguaggio di comunicazione interno molto rigoroso. All'interno delle discipline scientifiche, e in particolare nella fisica, la descrizione della natura è fatta mediante l'uso di molte diverse teorie, ognuna di esse valida all'interno di limiti di applicazione ben precisi. Ciò è conforme con il fatto che la descrizione del mondo da parte dell'uomo non può che essere di tipo *endofisico*, una descrizione per settori, che migliora con il tempo per mezzo della continua interazione fra le varie società umane e fra queste e i propri membri.

La pretesa di elaborare una unica *Teoria del Tutto* (*TOE: Theory Of Everything*), capace di predire tutti gli eventi futuri è inconsistente per il semplice fatto che una tale teoria coinvolgerebbe lo stesso soggetto della predizione, ignorando la sua interazione con il resto della natura. È comune esperienza, infatti, che le teorie funzionano solo entro i limiti della interazione fra chi teorizza e l'oggetto della sua teoria. Due esempi estremi per tutti: la teoria della gravitazione (sia classica che relativistica), dove l'interazione è praticamente nulla, descrivono con altissima precisione il movimento dei corpi celesti, mentre una descrizione precisa del movimento degli elettroni attorno al nucleo è impossibile.

## 5. LA FRECCIA PSICOLOGICA DEL TEMPO

Il senso del fluire del tempo varia da persona a persona. In particolare, la valutazione soggettiva della durata di un evento dipende da molti fattori, fra cui l'età e le condizioni psicofisiche del soggetto. In particolari condizioni, come nei cosiddetti *stati alterati della coscienza*, vengono addirittura riferite distorsioni del tempo vissuto, come la frammentazione, il fermarsi del tutto o l'espandersi indefinitamente. In questi casi, anche il senso della spazialità può apparire amplificato o compresso, condensato o rarefatto: può diventare piatto, acquisire ulteriori dimensioni o essere ridotto ad un punto senza dimensioni nella nostra coscienza.

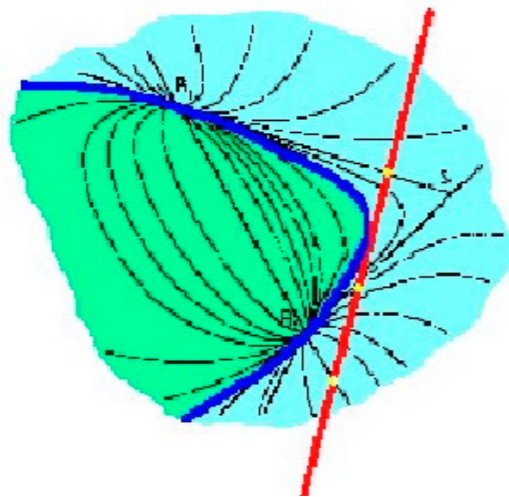
Il *Tempo* delle equazioni del moto in fisica è, invece, lineare e reversibile il che fece dire ad Einstein che il fluire del tempo è *una ostinata illusione dei sensi*. Se accettassimo l'affermazione di Einstein, non avrebbe alcun senso cercare una relazione fra il tempo psicologico e il tempo della fisica. Per Prigogine, invece, non si può pretendere di avere compreso il mondo fisico nella sua totalità senza avere prima risolto questa importante discrepanza fra i due concetti di tempo; bisogna riconsiderare in fisica l'importanza della *freccia psicologica del Tempo*, anche a costo di pensare a nuovi paradigmi investigativi utili a trovare una relazione fra i due concetti di tempo.

Adottando il punto di vista di Prigogine, ci si può proporre di rivedere il concetto di *Tempo* in fisica per rappresentarlo in modo da essere aderente alle nostre percezioni, includendo in particolare la sua irreversibilità. Per far questo, sembra necessario uno studio del tempo soggettivo con l'uso degli strumenti della scienza, al di là della dicotomia *soggettivo-oggettivo*. Fra l'altro, incorporare la non banale struttura del tempo soggettivo in fisica, potrebbe anche aiutarci a risolvere un'altra intrigante dicotomia, quella fra libero arbitrio e intellegibilità della natura.

Nello studio del *Tempo* soggettivo, abbiamo a che fare con un fenomeno, la percezione del cambiamento e del movimento, la cui quantificazione non è possibile su base concettuale poiché essa dipende dallo stato particolare del percettore, l'unico che può riferirne e darne una stima quasi-quantitativa. Di conseguenza, poiché l'approccio *exofisico* corrente evita di entrare nel dominio della soggettività, dobbiamo usare l'approccio *endofisico* che ne tiene conto. Nel primo caso, le differenze soggettive vengono ignorate e relegate nella categoria delle illusioni, per costruire un tempo astratto lineare e senza struttura. La fisica, infatti, *schematizza* e *quantifica* i punti della dimensione temporale, non tenendo conto della struttura fine del tempo psicologico. Come conseguenza di ciò, il tempo fisico diviene una semplice astrazione matematica senza alcuna connessione con la complessità degli aspetti dell'esperienza.

Adottando il punto di vista *endofisico*, viene superato l'impossibile vincolo della riproducibilità, allo scopo di costruire un modello matematico, anche se non del tutto quantitativo. In altre parole, per tener conto dell'esperienza soggettiva individuale, i dati sperimentali da trattare sono basati solamente su narrazioni soggettive che non possono essere mai confutate o confermate da altri e quindi senza la caratteristica di uniformità e riproducibilità che contraddistingue il metodo scientifico. Inoltre, è necessario andare oltre la quantificazione e considerare un concetto matematico di dimensione in cui implementare una rigorosa distinzione *qualitativa* fra i suoi elementi individuali. È quello che ha fatto Metod Saniga. Il suo modello algebrico-geometrico è capace di descrivere a livello semi-quantitativo, non solo il senso *ordinario* del tempo ma anche i più pronunciati casi anomali di percezione.

Il modello di Saniga può essere schematizzato con la figura seguente dove è rappresentato un fascio di coniche su di piano proiettivo. La dimensione temporale è rappresentata dalle coniche non degeneri del fascio. Ogni fascio di rette passanti per un punto di una conica degenera definisce una potenziale dimensione spaziale. La specificità individuale è rappresentata da una linea retta (linea rossa in figura) che interseca le coniche del piano proiettivo. La regione del piano proiettivo dove questa retta interseca le coniche è la regione del passato, quella dove le coniche non sono intersecate è la regione del futuro per l'individuo rappresentato dalla retta rossa. Le due regioni sono separate da una conica (il presente) tangente alla retta rossa. I tre punti in cui la retta rossa interseca le tre coniche degeneri sono le tre dimensioni spaziali percepite dall'individuo. Quando la retta rossa passa per uno dei tre punti-origine del fascio di coniche o addirittura coincide con una delle tre coniche degeneri, si hanno le deformazioni dello spazio-tempo percepito dei cosiddetti *stati alterati della coscienza*.



Il modello di Saniga costituisce il primo tentativo di *oggettivizzazione* dell'esperienza psicologica individuale del tempo. Esso tiene conto a livello semi-quantitativo della direzionalità del tempo e della presenza dell'*adesso* oltre che ad un gran numero di stati percettivi bizzarri e stupefacenti, considerati patologici.

Basandosi sui risultati della ricerca di Saniga, si può concludere che un grande passo avanti è stato compiuto verso l'oggettivazione della *freccia del Tempo*, finora non considerata degna di attenzione in fisica. Per la prima volta, infatti, la freccia del tempo è descritta semi-quantitativamente da un modello algebrico-geometrico, e quindi con un metodo accettato dalla scienza. Se accettiamo questa descrizione matematica, la supposta illusorietà del cambiamento viene esclusa e la fenomenologia della percezione soggettiva del tempo acquisisce nuovo valore scientifico.

## 6. L'APPROCCIO ENDOFISICO

È da considerare che se la matematica è una struttura immobile dell'universo che esiste indipendentemente dall'uomo che ne va con il tempo scoprendo la trama, allora il modello di Saniga ci dice che anche la *freccia psicologica del Tempo*, per il fatto che segue le regole della matematica, è una legge della natura. Ma come si farebbe a conciliare, in questo caso, l'evoluzione temporale irreversibile degli eventi con l'esistenza di un Ente statico che esiste indipendentemente dall'evoluzione stessa?

Se, invece, la matematica fosse soltanto un linguaggio, per quanto rigoroso, soggetto all'evoluzione irreversibile dell'interazione uomo-natura, anche per essa il concetto di *oggettività* verrebbe ricondotto ad una *estensione sociale del concetto di soggettività*, e il modello di Saniga non farebbe altro che ribadire la *soggettività sociale* del fluire del tempo.

Il termine *endofisica* è stato coniato da David Finkelstein e Otto Rössler per esprimere il concetto che l'osservazione del mondo viene fatta dall'uomo dall'interno del mondo stesso e in interazione con esso. Secondo Finkelstein e Rössler il tener conto della mutua interazione fra membri della società e fra questi e il resto della natura potrebbe permettere una conoscenza più profonda della natura.

Immanuel Kant, nella «*Critica della ragion pura*», scrisse che «il punto di vista cosmico (*sub specie eternitatis*) doveva essere ridotto ad un punto di vista umano (*sub specie homini*)». Karl Popper, nel «*The Open Universe: An Argument for Indeterminism*», scrisse che «il demone laplaciano deve fare predizioni su un sistema dal suo interno, non dal di fuori, poiché nessuno può predire i risultati delle sue stesse predizioni, non foss'altro che per il limite della velocità di propagazione dell'informazione. Lo scienziato non può essere considerato uno spirito senza corpo che guarda il mondo dall'esterno».

L'idealizzazione *exofisica* con il trascurare il processo interattivo fra osservatore e oggetto osservato, implica una enorme facilitazione nella scrittura delle equazioni matematiche che descrivono i fenomeni naturali. Le teorie sulla condotta della materia inerte sono molto eleganti e dettagliate il che ha permesso un fantastico sviluppo della scienza e della tecnologia; è pur vero, d'altronde, l'aver trascurato le nostre interazioni con l'ambiente e ciò che queste producono con il rischio di elevare al rango di verità assolute i risultati dell'indagine scientifica.

George Kampis scrive che «il punto di vista *exofisico* è in contrasto con il ruolo dell'uomo che osserva il mondo con cui interagisce pesantemente. Vi è il pericolo che, al di là di certi limiti, le teorie scientifiche possano perdere di significato». Lo stallo in cui versa da molti lustri la fisica teorica potrebbe indicare che l'insieme delle leggi oggi note costituisca un limite non estendibile con l'approccio *exofisico*. È possibile che degli avanzamenti possano essere ottenuti adottando il punto di vista *endofisico* per il quale l'irreversibilità e l'interazione sono componenti intrinseche essenziali di un universo che include gli esseri umani che indagano sulle sue leggi.

Un approccio *endofisico* pratico alle scienze è stato discusso estensivamente a partire dagli anni '80 del secolo scorso ma non ancora reso praticabile perché è molto più difficile di quello *exofisico* in quanto richiede nuove e del tutto diverse tecniche metodologiche, matematiche e di comunicazione. Per il momento, l'attuale matematica può benissimo essere usata, avendo comunque sempre ben chiari la mutua interazione fra il soggetto e l'oggetto della descrizione e limiti di validità che questa comporta nella descrizione.

Se accettiamo il salto di paradigma e l'oggettività della freccia del tempo, è pensabile uno scenario teorico (*non una Teoria del Tutto*) capace di collegare la condotta della materia inerte con quella dei sistemi viventi che indagano su di essa. In un tale scenario teorico, l'universo potrebbe comportarsi come un automa quantistico autoreferenziale che si evolve attraverso una sequenza di stadi autodeterminati e governati dalle leggi della meccanica quantistica.

## 7. CONCLUSIONI

Le indagini del microcosmo con i metodi della Meccanica Quantistica e della Teoria dei Campi Quantistici; l'osservazione dei processi di autorganizzazione, inclusi i processi di evoluzione della conoscenza nell'uomo e nelle società umane e l'*oggettività* sociale del tempo soggettivo inducono a considerare la necessità di un cambio di paradigma: dalla presuntuosa *exofisica* cartesiana ad una *endofisica* più umile ma più aderente alla posizione dell'uomo nell'universo.

## 8. BIBLIOGRAFIA

N. BOHR, *I quanti e la vita*, Boringhieri, 1965.

R. BUCCHERI, *Le frecce del Tempo - Ordine, Autorganizzazione, Irreversibilità - La rivoluzione quantistica*, in M. Hack, P. Battaglia & R. Buccheri, *L'idea del tempo*, UTET, 2005, pp. 133-189.

R. BUCCHERI, G. JAROSZKIEWICZ & M. SANIGA, *Endophysics, the fabric of Time and the self-evolving universe*, in Recent Res. Devel. Astronomy & Astrophysics, Research Signpost, 1, 2003, pp. 609-623.

R. BUCCHERI & M. SANIGA, *Endo-physical paradigm and Mathematics of subjective Time*, Frontier Perspectives, 12, n.1, 2003, pp. 36-41.

K. CRAIK, *The Nature of Explanation*, Cambridge University Press, 1943.

F. DÜRENMATT, *Nel cuore del pianeta*, Marcos y Marcos, 2003.

J. EAKINS & G. JAROSZKIEWICZ, *The Quantum Universe*, arXiv: quant-ph/0203020, v1, 2002.

A. EINSTEIN, *Pensieri degli anni difficili*, Boringhieri, 1965.

G. KAMPIS, *Explicit Epistemology*, in K. Masuno (ed.) *Revue de la pensée d'aujourd'hui*, pp. 264-275, 1996.

M. GARDNER, *Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life"*, Scientific American, 223, pp. 120-123, 1970.

H. MATURANA E F. VARELA, *Autopoiesi e cognizione*, Marsilio, 1985.

I. PRIGOGINE & I. STENGERS, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, Einaudi, 1981.

O. RÖSSLER, *Endophysik-Die Welt des Inneren Beobachters*, in P. Weibel (ed.) *Merwe*, 1992.

M. SANIGA, *Pencils of Conics: a Means Toward a Deeper Understanding of the Arrow of Time?*, Chaos, Solitons and Fractals, 9, pp. 1071-1086, 1998.