

**DOCUMENTAZIONE INTERDISCIPLINARE DI SCIENZA E FEDE**

**DISF WORKING GROUP**  
**SEMINARIO PERMANENTE**



**F. Keller**

**La vita come oggetto della filosofia e delle scienze**

**II ANNO**

**Documento 3/2006**

Traccia ad uso dei partecipanti al seminario

Versione in progree, che non tiene conto della discussione avvenuta durante l'incontro. I punti emersi nella discussione saranno considerati nella versione successiva. È vietata la riproduzione senza il permesso dell'autore.

# La vita come oggetto della filosofia e delle scienze

18 marzo 2006

## 0. Premessa

Dato il limitato tempo a disposizione, la metodologia che ho scelto per questo intervento è quella di un confronto critico con tre autori del '900 che affrontano il problema della vita, da prospettive differenti: E. Schroedinger ("Che cos'è la vita?"), J. Seifert ("What is life?"), e M. Polanyi ("La struttura irriducibile della vita"). Si tratta di figure complementari: Schroedinger è un fisico che riflette sulle conseguenze profonde della fisica, Seifert è un filosofo che presta particolare attenzione al mondo scientifico, e Polanyi è un chimico-fisico che, nella seconda parte della sua vita, arriva a dedicarsi a tempo pieno alla filosofia. Inoltre Seifert fa spesso riferimento a Schroedinger.

Per introdurre l'argomento, elenco alcune caratteristiche fondamentali oggettive degli esseri viventi, condivise da molti autori antichi e moderni [cfr. Scheler, Seifert]: 1) auto-movimento; 2) auto-poiesi, 3) generazione a partire da altri essere viventi; 4) auto-regolazione, 5) auto-limitazione, 6) capacità di rispondere a stimoli ambientali in modo finalizzato, 7) identità sostanziale che sopravvive i cambi materiali (identità dinamica), 8) mortalità, 9) capacità di conoscere il mondo e se stessi (questo aspetto assume il suo massimo grado di sviluppo negli esseri spirituali), 10) capacità di entrare in relazione (anche questo aspetto assume il suo massimo grado di sviluppo negli esseri spirituali).

## 1. Il concetto di materia vivente

Il corpo biologico, a differenza di altri corpi pur dotati di movimento (come ad esempio i corpi che sono oggetto dei fenomeni naturali celesti e terrestri), è fatto di materia vivente. Ci si può domandare: La materia vivente è una materia speciale, qualitativamente differente dal resto della materia, detta materia inanimata, oppure è solo una forma particolare di organizzazione della materia? Penso che la relazione tra materia inanimata e materia vivente possa essere caratterizzata come quella di una parziale discontinuità, cioè né totale discontinuità né totale continuità. Tra i moltissimi esempi che si possono fare, uno che mi pare particolarmente rivelatore per evidenziare continuità e discontinuità è quello del Ferro: il Ferro ha un particolare capacità di legare l'ossigeno, un processo che prende il nome di ossidazione. Un atomo di ferro in un cristallo di ematite è legato all'ossigeno. La capacità del Ferro di legare l'ossigeno viene sfruttata in una macromolecola biologica che prende il nome di emoglobina. Un atomo di Ferro in un cristallo di ematite ed una molecola di Hb sono entrambi Ferro, tuttavia quando l'atomo di Fe è incorporato all'interno di una struttura organica che si chiama eme, e l'eme è incorporato all'interno di quattro catene proteiche globulari, le globine, così da formare un complesso macromolecolare, l'atomo di Fe assume caratteristiche totalmente nuove, che non possiede nel reticolo di un cristallo di ematite. All'interno della molecola di emoglobina, il Fe diventa capace di legare oppure cedere O<sub>2</sub> a seconda delle condizioni esterne: lega l'ossigeno nei polmoni e cede l'ossigeno nei tessuti. In tal modo l'Hb diventa un mezzo efficace per il trasporto dell'ossigeno nel sangue. Si badi bene: al fine di essere un mezzo di trasporto efficiente di O<sub>2</sub>, non è sufficiente che il Fe legni l'O<sub>2</sub>, deve anche essere in grado di

cederlo; un altro pigmento simile all'Hb, la mioglobina, presente nei muscoli, lega l'O<sub>2</sub> con una affinità 20 volte maggiore dell'Hb, ma non è in grado di cederlo in condizioni normali, per cui non serve come mezzo di trasporto di O<sub>2</sub>, ma solo come riserva di O<sub>2</sub> in condizioni di ipossia. Una dimostrazione della complessità dei fattori che determinano le nuove proprietà del Fe nell'emoglobina è che non è stato ancora possibile realizzare una "Hb artificiale", cioè una molecola organica che abbia proprietà simili all'Hb e sia quindi in grado di trasportare O<sub>2</sub> nell'organismo.

L'esempio del Fe in natura e nell'emoglobina ci permette di introdurre quello che Polanyi chiama un *principio di controllo duale* che differenzia gli organismi viventi (e le macchine) da una parte, dalla materia inerte. "Controllo duale" indica un controllo da parte di un principio inferiore e contemporaneamente di un principio superiore. Secondo Polanyi, mentre la materia inanimata si trova sotto il controllo di un unico ordine di principi (leggi della fisica e della chimica), le macchine e gli organismi viventi si trovano sotto il controllo di due differenti ordini di principi, un principio inferiore legato alle leggi della fisica e della chimica, ed un principio superiore non riducibile a queste leggi. In questo Polanyi si discosta nettamente da Schroedinger, quando quest'ultimo ammette che la vita è sì legata a nuove leggi, le quali rimangono però nell'ordine della fisica e della chimica.

*Schroedinger "Dal modello generale della sostanza ereditaria proposto da Delbrueck emerge che la materia vivente, mentre non elude "le leggi della fisica", quali sono state formulate sino ad oggi, coinvolge probabilmente "altre leggi della fisica" fino ad oggi sconosciute, le quali tuttavia, una volta scoperte, formeranno parte integrante di questa scienza, esattamente come le precedenti".*

È da notare per inciso che l'Hb isolata (ad es. una soluzione acquosa di Hb) potrebbe essere definita una "macchina biochimica", ma non ancora materia vivente; diventa materia vivente quando è inserita nel contesto di un organismo. *Potremmo dunque affermare che la materia vivente è una materia altamente differenziata costituita da un gran numero di macchine fisico-chimiche, un organismo vivente è costituito da un numero più o meno elevato di macchine fisico-chimiche, ma l'organismo non è esso stesso una macchina fisico-chimica.* Infatti, per quanto altamente differenziate, queste macchine fisico-chimiche soggiacciono al secondo principio della termodinamica (tendenza a passare da uno stato di ordine ad uno stato di disordine) mentre l'organismo in toto è caratterizzato, come ha giustamente osservato Schroedinger, da un'entropia negativa (neg-entropia). Anche qui vale il principio di controllo duale, al livello inferiore troviamo le leggi fisico-chimiche che regolano il numero enorme di macchine fisico-chimiche che costituiscono l'organismo, al livello superiore un principio che mette in relazione ed integra tutte queste macchine in un tutto significativo. Questo principio superiore non è un principio fisico-chimico, ma è quello che Aristotele chiamava "entelechia".

Oggi è possibile ricostituire e far funzionare alcune di queste macchine chimiche in vitro, a partire dagli elementi separati. Questo fatto dimostra però solo che ne abbiamo compreso la struttura ed il modo di funzionare. Spingendo questo esempio verso un futuro forse non immediato, è pensabile che saremo in grado, a partire dai singoli elementi, di creare e far funzionare anche interi organismi, dapprima semplici organismi unicellulari e poi pluricellulari. Ad esempio, sviluppi recenti dell'ingegneria genetica stanno permettendo di fare esperimenti volti a determinare il "genoma minimo", ossia le condizioni necessarie e sufficienti affinché un genoma possa sostenere la vita di un organismo semplice: "batterio sintetico" (Smith e Venter). Se questi esperimenti riuscissero, dimostrerebbero però solo che ne abbiamo compreso la struttura ed il modo di funzionare in modo talmente profondo, che *siamo in grado di creare le condizioni affinché emergano nuove forme di vita senza passare attraverso forme di vita già esistenti*, non già che abbiamo creato la vita.

Già Aristotele aveva osservato che l'arte imita la natura, dunque è necessario che la natura abbia una certa similitudine con l'arte.

Le macchine biochimiche alla base dei processi vitali rappresentano tuttavia solo processi elementari, e costituiscono solo una forma "debole" di vita, come scrive Seifert:

*Seifert: "The partial life-processes in individual cells and cell-cultures, which in multi-cellular organisms can continue after death of the organism. In multi-cellular organisms, these processes are life only in a weak sense."*

La vita come principio superiore che coordina i processi vitali elementari non può essere ridotta alla loro somma, come dimostrato dal fatto che i singoli processi vitali possono continuare a funzionare, per un certo tempo, anche dopo la morte dell'individuo (es. rigor mortis, riflessi di difesa sostenuti dal midollo spinale, che continuano anche dopo la morte cerebrale).

Un esempio lo troviamo nel fenomeno del "rigor mortis", l'irrigidimento dei muscoli dopo la morte; si tratta di un fenomeno "fisiologico" che riflette il progressivo raggiungimento di una particolare configurazione delle teste di miosina nel sarcomero, nella quale le teste sono legate al filamento di actina, e formano un particolare angolo, chiamato appunto "angolo di rigor", causando la rigidità muscolare. Questo fenomeno è dovuto all'esaurimento delle scorte di ATP del muscolo. E' sorprendente che la stessa configurazione, angolo di rigor, la troviamo durante la contrazione muscolare fisiologica, anzi è proprio la configurazione che genera la forza della contrazione muscolare, solo che in questo caso si tratta di un processo reversibile, dato che l'ATP produce in seguito il distacco delle teste, che sono pronte per un nuovo ciclo. E' interessante osservare che, strettamente parlando, l'energia metabolica non serve a produrre la contrazione muscolare, bensì il rilassamento muscolare.

Si potrebbe dire, con Polanyi, che gli organismi viventi, finché vivono, sono sotto il controllo duale, e se la forza del principio superiore diminuisce progressivamente fino a diventare uguale a 0, l'organismo muore, ovvero diventa materia inanimata.

Se alcuni processi vitali continuano per un certo periodo dopo la morte, è ovvio che la vita non può essere ridotta ad essi. La vita è dunque un principio non riducibile ai singoli processi vitali.

*Seifert: "Bios-life is precisely that irreducible power and actuality of which we comprehend that it must lie at the root of all activities and marks of living organisms"... "This bios-life as the principle from which many phenomena in living things proceed was designated by Aristotle as entelechia, which is characterized by nutrition, growth, etc. and brings forth these effects. Therefore, when the same entity that just showed signs of life, dies, the highly complex structures of the organism disintegrate and its activities cease".*

La vita deve essere dunque considerata come un *Urphaenomen* (fenomeno originario) che non può essere ridotto ad altri concetti. Può essere analizzato per capire quali sono le sue caratteristiche specifiche, che cosa distingue il vivente da ciò che non lo è, possono essere condotti esperimenti disegnati per capire quali sono le condizioni necessarie e sufficienti per l'esistenza di un organismo vivente (v. batterio con genoma sintetico minimo per garantirne la vita), ma il "fenomeno vita" non può essere spiegato a partire da altri fenomeni o proprietà.

## **2. L'estrema sensibilità dei processi vitali a piccolissimi cambiamenti all'interno di singole molecole**

Schroedinger si domandava: "Come mettere d'accordo l'elevata stabilità della sostanza ereditaria con le sue piccole dimensioni, e quindi con la sua sensibilità a fenomeni statistici?" Schroedinger, sulla base di considerazioni statistiche, per poter garantire la stabilità dei processi ereditari, arrivava a predire l'esistenza di una macromolecola, ossia di una molecola straordinariamente grossa che doveva essere "un capolavoro di ordine altamente differenziato, difesa

dalla bacchetta magica della teoria dei quanti.”. La predizione di Schroedinger ha significato uno stimolo potente per le ricerche che hanno poi sfociato nella scoperta della struttura del DNA ad opera di Watson e Crick, rendendo finalmente comprensibile il processo della replicazione del DNA e della trasmissione dei caratteri ereditari. E’ da notare per inciso che il fatto che la trasmissione dei caratteri ereditari fosse legata agli acidi nucleici (e non ad altre macromolecole presenti nella cellula, ad es. le proteine) era già noto prima di Watson e Crick.

E tuttavia oggi abbiamo scoperto che queste macromolecole sembrano disegnate apposta per essere sensibili a piccolissime variazioni che avvengono su scala atomica. Si potrebbero fare molti esempi: il fotopigmento che è alla base della sensibilità alla luce, i canali voltaggio-dipendenti che sono alla base della trasmissione dei segnali elettrici biologici, i motori molecolari,... Il sistema olfattivo è in certi casi in grado di reagire ad un singolo atomo di sostanza odorante. I bastoncelli sono sensibili a singoli quanti di luce. Questa elevata sensibilità è dovuta a processi biochimici di amplificazione presenti all’interno delle cellule, per cui il segnale originale (es. una molecola di sostanza odorante) porta alla produzione di un gran numero di molecole che permettono la trasmissione del segnale alle stazioni successive del sistema nervoso.

*“Siamo così giunti alla conclusione che sia un organismo sia tutti i processi (importanti dal punto di vista biologico) di cui esso è sede debbono avere una struttura in cui interviene un gran numero di atomi, in modo tale che eventi casuali dovuti ad atomi singoli non possano acquistare una troppo grande importanza” (Schroedinger, p. 21).*

Questa affermazione è vera in alcuni casi ma non in altri; ad es. nei processi di sviluppo, nell’ontogenesi, piccole differenze casuali di concentrazione di segnali innescano processi di differenziamento (rottture di simmetria). L’ontogenesi può essere considerata come un sistema evolutivo molto sensibile alle condizioni iniziali, che porta all’amplificazioni di piccolissime differenze iniziali, in modo che il risultato varia drammaticamente in base a piccolissime differenze delle condizioni iniziali.

Un altro esempio è che il movimento su scala subatomica, dell’ordine di grandezza dei legami tra singoli atomi, viene amplificato sino ad ottenere effetti che si propagano su distanze che sono ordini di grandezza maggiori. Esempio del potenziale di azione: innescato dall’apertura di canali ionici presenti nella membrana cellulare che sono selettivi per ioni sodio; il segnale per l’apertura del canale è una variazione del potenziale elettrico transmembranario, che causa lo spostamento (= movimento) di cariche elettriche associate ad amminoacidi; questo spostamento si comunica ad altre regioni della proteina che costituiscono una sorta di cancello. Il moto delle particelle può essere spiegato perfettamente dalle leggi che descrivono l’interazione di un campo elettrico con particelle cariche, la propagazione del potenziale di azione nella fibra nervosa può essere descritta dalle leggi della fisica che descrivono il moto di cariche in un cavo elettrico (tuttavia con caratteristiche particolari, che lo differenziano da un “normale” cavo). Quello che è assolutamente nuovo è la relazione tra lo spostamento infinitesimale di una carica elettrica in una macromolecola ed il suo risultato, che è infinitamente più complesso, e può andare da un semplice riflesso di fuga di un pesce, allo schiacciare il pulsante che lancia nello spazio il missile che porta il primo uomo sulla luna. Nella catena di cause ed effetti non vengono violate le leggi della fisica (ad esempio della meccanica, che continua a valere sia nel caso del nuoto del pesce che del volo del missile) ma, al contrario di quanto sostiene Schroedinger, la relazione tra l’evento iniziale ed il suo risultato non è descritto da “nuove leggi della fisica”. Perciò è necessario andare oltre la fisica e guardare alla fisiologia, la psicologia, la

storia.... I principi di causalità che valgono nella fisiologia, psicologia ecc., le “leggi”, non sono riducibili alle leggi della fisica. Per spiegare come l’uomo sia arrivato sulla luna l’uomo ha ovviamente dovuto tenere conto delle leggi della fisica, ma la fisica non spiega come mai l’uomo abbia trovato interessante andare sulla luna. E’ ovviamente possibile costruire dei modelli fisico-matematici che descrivono più o meno bene il comportamento di sistemi biologici, ma i sistemi biologici non possono essere ridotti a questi modelli.

Schroedinger sostiene che i processi vitali dovrebbero essere insensibili al moto casuale degli atomi, da qui la necessità di macromolecole, costituite da un gran numero di atomi, quindi insensibili ad eventi casuali che possono succedere in un singolo atomo. Di fatto oggi sappiamo che ciò non è così, anzi è vero proprio il contrario. Ad es. il moto browniano, che è un moto casuale, permette agli enzimi di “esplorare” numerose possibili conformazioni in periodi di tempo brevissimi: è questo il meccanismo attraverso il quale le teste di miosina trovano la loro corretta posizione di aggancio ai filamenti di actina, che è un passo necessario per lo sviluppo della forza durante la contrazione muscolare. Se così non fosse, qualsiasi piccolissimo errore nel movimento della testa di miosina impedirebbe che la testa trovi la corretta posizione di aggancio sul filamento di actina, e quindi la contrazione muscolare non avverrebbe. Vediamo qui come il moto casuale viene utilizzato per creare un sistema “robusto”, poco sensibile agli errori. *Si può affermare che la vita utilizza il caso per garantire il raggiungimento dei suoi fini.* Vedremo più avanti come il caso viene utilizzato nell’embriogenesi.

### **3. Il concetto di auto-movimento e di finalità intrinseca**

Iniziamo con una considerazione di ordine fenomenologico: come conosciamo che un essere vivente è vivente? Come sappiamo che siamo di fronte ad un essere vivente piuttosto che ad un oggetto inanimato? Aristotele dice che, secondo la comune osservazione, il fenomeno “vita” indica un movimento non comunicato, spontaneo, originantesi dall’interno dello stesso essere, la capacità intrinseca di muovere se stesso e quindi anche di muovere altri.

Esperimenti compiuti su bambini molto piccoli, che non hanno ancora sviluppato un linguaggio e sono sicuramente ad uno stadio prefilosofico e pre-scientifico (“unbefangen”) sono coerenti con questa teoria: infatti i bambini tendono ad attribuire ad un oggetto la capacità di muovere se stesso solo se non possono ricondurre il movimento ad un agente esterno.

La capacità di muovere se-stesso (auto-movimento) è una proprietà fondamentale del vivente, che è riscontrabile in tutti i viventi, ed assume caratteristiche sempre più astratte man mano che si sale nella scala dei viventi. Secondo Platone la capacità di muovere se stesso è la definizione di anima, anima come principio intrinseco di movimento.

Già al livello più basso, quello dei processi vitali, osserviamo che la motilità ha un ruolo centrale in tutti i fenomeni vitali, sia come moto di singole molecole (diffusione di segnali, trasporto di sostanze attraverso le membrane) che come veri e propri motori molecolari, ossia macchine macromolecolari adibite al trasporto di organelli all’interno delle cellule, allo svolgimento del filamento del DNA durante la replicazione cellulare, al trasporto dei cromosomi durante la divisione cellulare, alla contrazione muscolare....

Tuttavia è chiaro che il movimento, per quanto causato dall’interno, non appare sufficiente di per sé per garantire la vita. I motori molecolari che muovono un essere vivente devono agire con un fine

unitario, altrimenti sarebbe un moto puramente casuale, e dunque l'effetto netto sarebbe nullo, in quanto un motore muoverebbe in una direzione e un altro nella direzione opposta: ciò che avviene per caso non può avere uno scopo. Invece vediamo che non è così, già nel caso di un semplice organismo unicellulare (ad es. un paramecio) che si muove verso un gradiente chimico. Il suo movimento richiede il battito coordinato di migliaia di ciglia, ciascuna mossa da un proprio motore molecolare, un po' come una barca mossa da un gran numero di rematori.

Inoltre il movimento finalizzato richiede la capacità di elaborare dati sensibili (sensibilità), altrimenti sarebbe un movimento inappropriato. Sono dunque necessari dei meccanismi atti a monitorare il raggiungimento o meno del fine e a impartire correzioni agli effettori dell'azione (c.d. meccanismi di feed-back), in modo da garantire il raggiungimento del fine anche a fronte di circostanze esterne mutevoli ed imprevedibili (adattività). Tuttavia, i meccanismi di controllo retrospettivo del movimento non sono sufficienti: per realizzare movimenti precisi è spesso necessario anche un controllo prospettivo del movimento, prima che esso avvenga, in base alla percezione dell'oggetto. Dunque l'intuizione di Aristotele secondo la quale *“pare che l'essere animato si distingue dall'inanimato soprattutto per due proprietà: movimento e percezione”* appare tuttora sostanzialmente valida.

La finalità interna come caratteristica essenziale della vita, l'essere orientato intrinsecamente verso un fine è stata riconosciuta da molti filosofi, antichi (Aristotele) e moderni (Hegel, Spaemann). La finalità interna è particolarmente osservabile nei processi di auto-organizzazione, ad es. nello sviluppo embrionale (ontogenesi), e nei processi di auto-riparazione, entrambe caratteristiche degli essere viventi, che ci porta ad ammettere la necessità di un “piano interno” di sviluppo.

Secondo Seifert, la differenza tra riparazione esterna ed auto-riparazione porta a distinguere tra teleonomia (estrinseca, può essere trovata in una macchina) e teleologia, intrinseca. Se io porto la macchina dal meccanico per riparare un pezzo rotto, ad esempio la ventola del radiatore, il meccanico sostituirà il pezzo con un altro ventilatore, non con un'elica di aereo. In questo caso il piano è esterno alla macchina, era nella mente dell'ingegnere che ha progettato la macchina ed è passato, almeno nei suoi elementi essenziali, nella mente del meccanico. La macchina non può autoripararsi, per la stessa ragione che la macchina non si è costruita da sé. E' invece caratteristica degli organismi naturali o artificiale caratterizzati da auto-organizzazione che essi possono ripararsi da sé, perché il piano è loro intrinseco.

Il movimento, per quanto causato dall'interno, non è sufficiente a caratterizzare il vivente. Si può dire che il movimento è alla base di tutti i fenomeni vitali, ma la vita non può essere ridotta a movimento.

“L'idea che ci viene da Galileo e Gassendi, che ogni tipo di cose debba essere compreso in ultima istanza in termini di materia in moto, è confutata” (Polanyi).

Al movimento deve aggiungersi una finalità. Il movimento finalizzato richiede la capacità di sentire e di integrare dati sensibili, e di utilizzare questa informazione per compiere azioni appropriate volte al raggiungimento del fine, altrimenti sarebbe un movimento casuale e comunque inefficace.

Strumia (cit. voce “Determinismo ed indeterminismo, DISF): *“La finalità, esclusa metodologicamente dalle scienze fisiche, si sta riaffacciando da tempo come principio adeguato di spiegazione..., ad esempio in cosmologia nel dibattito sul Principio antropico e in biologia attraverso il concetto di «teleonomia». Questo concetto capovolge, in un certo senso, la nozione di “condizioni iniziali”, propria della fisica, rimpiazzandolo con quello delle “condizioni finali” che devono essere realizzate da un sistema sulla base di un programma predeterminato, come in*

*biologia può essere il codice del DNA... Tra l'altro questa possibilità di scambio tra condizioni iniziali e finali è sempre stata presente, in linea di principio anche nella meccanica classica, in quanto la matematica delle equazioni differenziali non specifica l'istante in cui tali condizioni debbano essere assegnate .... La simmetria tra condizioni iniziali e finali viene significativamente rotta a favore della condizione finale nel caso di un sistema dissipativo dotato di un attrattore stabile: in questo caso, infatti, qualunque siano le condizioni iniziali, che cadono nel bacino di attrazione, l'evoluzione del sistema tenderà a stabilizzarsi asintoticamente, dopo qualche tempo, sull'attrattore che risulta così essere lo stato finale del sistema. L'esempio più familiare è offerto da un pendolo con attrito che tende a raggiungere, dopo un certo tempo, la posizione di equilibrio stabile qualunque siano la posizione e la velocità iniziale del suo moto, o da un circuito oscillante, con resistenza, sollecitato da una frequenza forzante, che dopo un certo tempo raggiunge la condizione di regime avendo dissipato l'energia associata ai "transienti".*

Gli esseri viventi manifestano moltissime differenti modalità di movimento finalizzato. Una forma semplice sono i tropismi e l'accrescimento orientato, che si osserva già nelle piante, ed in modo ancora più interessante anche nello sviluppo embrionale, sotto forma di migrazione cellulare coordinata di intere popolazioni cellulari, che sono alla base della morfogenesi. E' stato dimostrato che, se una cellula dotata di motilità viene isolata dal tessuto e messa in coltura, non perde la capacità di muoversi, ma inizia a manifestare un movimento non orientato ad un fine, come se si fosse "smarrita": questo tipo di movimento a zig-zag è chiamato in biologia "random walk". Non sappiamo ancora se la causa del random walk è intrinseco alla cellula o se dipende da fluttuazioni casuali dell'ambiente esterno che circonda la cellula. Anche questo è un esempio di controllo duale: in condizioni fisiologiche, ad esempio all'interno dell'embrione, vi è un principio organizzatore superiore che orienta il movimento della cellula, se la cellula viene isolata dal tessuto, questo principio è perso, e la cellula obbedisce ad un principio di movimento "indeterminato" e casuale, una sorta di "moto browniano cellulare".

Un essere inanimato può apparire come animato: cfr. progressi della robotica biomorfa (animaloidi e umanoidi). Non più semplici automi rigidi, "orologi"; notevole intelligenza interna insieme a capacità di interagire con l'ambiente e di apprendere per mezzo di imitazione; ciò permette di sviluppare comportamenti nuovi, che non sono pre-programmati; tutti concordano che si tratta di "agenti autonomi"; in questo senso, la distinzione che fa Seifert tra teleonomia (che può essere presente anche nelle macchine) e teleologia (caratteristica degli esseri viventi) mi sembra importante. Oggi sono in corso ricerche per comprendere l'apprendimento nel bambino per mezzo di simulazioni di robot con capacità motorie simili ad un bambino piccolo in grado di "gattonare" (*to crawl*)(cfr. progetto Robot-cub). Tuttavia chi lavora con bambini sa benissimo che l'apprendimento non è un fenomeno lineare, ma è caratterizzato da salti improvvisi seguiti da lunghi periodi di stasi, che non hanno nessuna ragione apparente; inoltre si osservano spesso anche regressioni a stadi più primitivi, si tratta di un fenomeno normale se è temporaneo, patologico se è permanente (es. autismo regressivo). I salti qualitativi hanno spesso origine dalla necessità del bambino di risolvere problemi, es. come raggiungere un oggetto di suo interesse, come manipolarlo in modo da ottenere il risultato vuole. Inoltre l'apprendimento avviene attraverso la strategia del "trial and error". Inizialmente magari il bambino impara a manipolare l'oggetto in modo poco efficiente (ad es. afferrare la matita con tutta la mano), poi passa ad una presa più precisa, a tre dita, però in certe situazioni torna indietro alla presa più primitiva.

Riassumendo, possiamo affermare che è il fine che guida l'azione degli esseri viventi, e nei viventi superiori la motivazione determina la "caparbietà" con la quale il fine viene perseguito, ad esempio per mezzo della ricerca di strategie nuove quando quelle vecchie si rivelano inefficienti. Il ruolo della motivazione, che è essenziale nell'apprendimento, è forse uno degli aspetti che differenzia

l'apprendimento umano (ed in parte anche quello animale) da quello di un automa. Forse la distinzione che fa Seifert tra teleonomia (che si può trovare anche nelle macchine) e teleologia (caratteristica degli esseri viventi) può essere letta anche in questo senso.

Il concetto di auto-movimento non è sufficiente a qualificare un organismo come vivente. Anche corpi inanimati possono essere dotati di moto intrinseco (moto dei pianeti, il moto termico delle molecole, il moto degli elettroni...). Oggi la robotica animaloide e umanoide ci obbliga a confrontarci con agenti autonomi capaci di muovere se stessi e di esprimere comportamenti specie-specifici anche molto complessi, capaci di interagire con l'ambiente in modo sorprendentemente "intelligente", e realistico, e persino di apprendimento: questi esseri artificiali costituiscono una sfida al concetto di vita. Anche se si tratta di veri e propri agenti autonomi, abbiamo difficoltà ad ammettere che siano "vivi", almeno nel senso pieno del termine, così come diciamo che i corrispondenti organismi biologici sono vivi.

È evidentemente possibile ingannarsi e prendere per vivente una cosa che non lo è. E' anche pensabile che la robotica umanoide e animaloide arriverà a sviluppare agenti autonomi il cui *comportamento* risulti indistinguibile dal corrispondente organismo naturale. Questo agente potrebbe essere dunque essere considerato come un "essere vivente"? Penso di no. Al concetto di vita biologica (vita come "bios") è strettamente connesso il concetto di un corpo biologico: cioè un corpo soggetto a generazione, accrescimento, differenziamento, decadimento e morte. Un organismo artificiale che non fosse soggetto a questi processi non sarebbe vivo nel senso pieno del termine.

La definizione di vita che da Tommaso d'Aquino, come capacità di muovere se stessi:

*"We say that an animal begins to live when it begins to move of itself: and as long as such motion appears in it, so long is it considered to be alive. When it has no longer any movement of itself, but it is only moved by another power, then its life is said to fail, and the animal to be dead. Whereby it is clear that those things are properly called living that move themselves by some kind of motion... Accordingly all things are said to be alive that determine themselves to motion or operation of any kind: whereas those things that cannot by their nature do so, cannot be called living, unless by a similitude" [S. Th. Cercare cit. in italiano]*

...andrebbe dunque precisata per tenere conto dei moderni sviluppi, sia della biologia, che della robotica, che mettono in luce le sorprendenti proprietà auto-organizzative dei sistemi complessi naturali ed artificiali.

#### **4. La freccia del tempo come caratteristica dei fenomeni vitali**

Il tempo di un organismo vivente scorre in una sola direzione, è impossibile per l'organismo tornare indietro. Qualsiasi reazione chimica è di per sé reversibile, se ho a disposizione una quantità di energia sufficiente per farla avvenire al rovescio. Unendo idrogeno ed ossigeno in proporzioni opportune ottengo una reazione esplosiva che genera acqua. Facendo passare energia elettrica attraverso l'acqua posso ottenere di nuovo gli elementi originari. Invece, un organismo adulto non può tornare indietro allo stato embrionale, è destinato a percorrere la sua strada dall'inizio alla fine, e non può percorrere a ritroso il percorso intricato ed irripetibile che l'ha portato dallo stato indifferenziato a quello differenziato. Questo fatto è in relazione con il concetto di "entropia negativa", introdotto per la prima volta da Schroedinger per esprimere la novità assoluta dei processi vitali nel panorama della termodinamica.

E' interessante notare che questo fatto è confermato anche dalla moderna genomica: appare sempre più chiaro che il genoma è plastico, soggetto a modifiche epigenetiche, fin dai primissimi

momenti del concepimento (vedi sopra). Non è pensabile “azzerare” le modifiche epigenetiche del genoma che si accumulano durante la vita dell’organismo.

## 5. L’ontogenesi come caratteristica degli esseri viventi

Gli organismi viventi sono caratterizzati da un progetto intrinseco, così che anche in presenza di sostituzione delle loro parti, il tutto rimane invariato, non cambia la loro natura.

L’embriogenesi è particolarmente interessante per una considerazione filosofica della vita perché rappresenta il primo di una serie di stadi successivi attraverso i quali un nuovo essere vivente si adatta ad ambienti sempre più complessi, dapprima come zigote all’interno del corpo della madre, poi come neonato nell’ambiente genitoriale e familiare, poi come bambino nell’ambiente tipico dell’infanzia, poi nella scuola, nella società... (cfr. Trevarthen et al., 2006).

Si è soliti affermare che tutta l’informazione necessaria per lo sviluppo di un organismo è contenuta nel suo DNA. Tuttavia il codice genetico da solo non è in grado, di fare alcunché, se non ha una materia proporzionata da informare, la materia vivente. La pura informazione genetica, ad esempio quella deposta sotto forma di sequenze in un computer, è inerte. Affinché gli acidi nucleici possano agire, sono necessari altri complessi macromolecolari, formati da enzimi, proteine regolatrici ecc. Inoltre si è recentemente scoperto che l’informazione genetica non è invariabile ma è plastica. Durante le prime fasi di sviluppo embrionale, il DNA viene modificato da fattori che dipendono dall’ambiente (tra l’altro questa recente scoperta getta ombre preoccupanti sulla tecniche di fecondazione in vitro, in quanto le prime fasi dello sviluppo di uno zigote fecondato in vitro avvengono in un ambiente totalmente differente da quello fisiologico; non è possibile prevedere le conseguenze a lungo termine di queste modificazioni epigenetiche precoci del genoma).

L’ambiente agisce modificando il genoma in maniera unica ed irripetibile, questo fatto sta alla base del fatto che anche gemelli monozigoti, geneticamente identici, sono comunque differenti dal punto di vista del profilo di attivazione dei geni, e quindi anche del fenotipo. Inoltre il processo di fissione dello zigote che talvolta avviene e genera due individui a partire da uno solo, provoca differenti misure di “sofferenza” nei due embrioni gemelli, generando dunque delle differenze tra di essi. Se il processo della fissione gemellare (*twinning*) non è un processo fisiologico, appare fallace l’argomento secondo il quale l’individualità dell’embrione non è data finché c’è la possibilità di generare due individui identici da un solo zigote.

“L’essere umano va rispettato e trattato come una persona fin dal suo concepimento” (cfr. Istruzione *Donum Vitae*, I, 1). La battaglia odierna sull’utilizzo degli embrioni soprannumerari per la ricerca e per la terapia (cellule staminali) rappresenta un sopruso dei forti nei confronti dei deboli perché gioca sulla “non-visibilità” dell’umanità nei suoi primissimi stadi, e sul fatto che l’embrione che “dona” le cellule staminali per curare un paziente che oggi le reclama, non avrà mai la possibilità di essere confrontato con il paziente, almeno per riceverne un po’ di gratitudine. Immaginiamo che un embrione, al quale vengono espianate cellule staminali per curare un paziente tetraplegico, sopravviva all’espianato ed arrivi a nascere menomato. Quale sarebbe la reazione del paziente? Si può misurare il grado di sviluppo di una società dalla capacità di cogliere i segni dell’umanità là dove sono meno evidenti.

In sintesi, un aspetto che emerge è che il DNA non controlla deterministicamente la morfogenesi, ma fornisce solo delle condizioni al contorno, ossia dei piani approssimativi per la morfogenesi. Polanyi scrive che “... il DNA *evoca* l’ontogenesi dei livelli superiori, piuttosto che *determinare*

questi livelli” (op. cit., pag. 275). L’individualità di ogni organismo non è da cercare, dunque, solo in una sequenza di basi unica.

L’ontogenesi è un processo che caratterizza gli organismi viventi. La maggior parte degli organismi viventi non nasce così come è, ma ha origine da un organismo molto meno differenziato, che chiamiamo “embrione”, attraverso un processo che avviene essenzialmente in due dimensioni, quella dell’ accrescimento (moltiplicazione cellulare) e quella del differenziamento (da cellule indifferenziate hanno origine cellule specializzate).

L’embrionogenesi può essere considerata come un processo evolutivo molto sensibile alle condizioni iniziali, che porta all’amplificazione di piccolissime differenze iniziali, in modo che il risultato finale è molto differente, sebbene le condizioni iniziali siano molto simili. Questo è il motivo per il quale specie geneticamente molto simili possono arrivare ad essere fenotipicamente molto differenti. Un esempio ne è l’uomo, che condivide con i primati superiori (grandi scimmie antropomorfe) il 95% del patrimonio genetico.

L’ontogenesi si trova confrontata con due sfide fondamentali: 1) il fatto che la scala dei tempi della morfogenesi è vari ordini di grandezza (giorni, settimane, mesi, a seconda della specie) maggiore rispetto alla scala dei tempi delle reazioni chimiche che avvengono nell’organismo; 2) il fatto che l’organismo si trova confrontato con circostanze ambientali mutevoli imprevedibili.

Anche nell’embrionogenesi vediamo che il caso viene imbrigliato affinché lo sviluppo dell’embrione segua il corso previsto. Le singole cellule costituenti l’embrione possono essere paragonate a delle roulette, nelle quali però alcuni numeri escono con una probabilità leggermente maggiore di altri. L’embrione può essere paragonato ad un sistema fatto da numerosissimi elementi che lasciati a sé si comporterebbero in modo casuale, ma che all’interno di un “paesaggio di energia” definito (principio organizzatore) si comportano come un sistema coerente unitario. Un esempio è fornito dalla determinazione della asimmetria destra-sinistra del corpo.... Segnale morfogenetico che in condizioni normali viene guidato dal battito di cilia verso uno dei due lati. In assenza di questo movimento.... il risultato non è il sito inverso nel 100% dei casi, ma solo nel 50% dei casi (ossia fenomeno casuale). Abbiamo qui, mi sembra, un esempio di sistema sotto controllo duale, (cfr. Polanyi), dove le leggi della fisica e della chimica obbediscono a principi casuali, ossia non hanno una direzione preferenziale di azione; queste leggi sono imbrigliate da “paesaggi morfogenetici”, che possono essere compresi come qualcosa di simile ai “paesaggi di energia” nei sistemi complessi, ossia dalle condizioni al contorno (ingl. *boundary conditions*, ted. *Randbedingungen*) che agiscono sul sistema embrione. Le condizioni al contorno sono dunque estranee alle leggi della fisica e della chimica (al contrario di quanto sostiene Schroedinger). Sono queste condizioni al contorno che è possibile ricreare artificialmente, ad esempio in organismi artificiali capaci di auto-evolversi. Ma quali sono precisamente queste condizioni al contorno alle quali abbiamo fatto costante riferimento? Sono ad es. la necessità di trovare fonti di energia, di muoversi con la maggiore efficienza possibile, di auto-ripararsi, ecc. Vediamo dunque che l’analisi degli organismi artificiali in grado di autoevolversi (cosiddetta “vita artificiale”) sembra confermare l’esistenza di almeno 3 piani distinti e irriducibili, il piano della fisica e della chimica (alle quali vi sarebbe da aggiungere le leggi della probabilità), il piano delle caratteristiche alle quali deve soddisfare l’organismo in quanto tale, in quanto unità, per poter sopravvivere ed evolversi nel suo particolare ambiente, e il piano del fine verso il quale si muove l’organismo.

Vorrei innanzitutto parlare del ruolo della stocasticità di alcuni processi biologici nella morfogenesi dell'embrione. E' noto da tempo, infatti, che il processo di differenziamento dello zigote nei vari tipi di tessuti che costituiscono l'embrione non è strettamente predeterminato dal DNA, ma si avvale anche di meccanismi non strettamente genetici, quali ad esempio gradienti di concentrazione di sostanze ad azione morfogenetica, detti anche *organizzatori*, che guidano il differenziamento di cellule indifferenziate verso specifiche linee cellulari (epidermide, tessuto nervoso, ecc.), oppure specificano a quale parte di un organo devono dare origine determinate cellule (es. differenziamento delle dita della mano). Le sostanze con azione morfogenetica (ad es. l'acido retinoico) agiscono tramite il meccanismo della diffusione, e hanno la caratteristica di essere attive a concentrazioni così basse per cui possono diventare rilevanti fattori casuali legati al meccanismo della diffusione. Il principio alla base del fenomeno della diffusione è il moto termico o moto browniano, già citato in precedenza, che è stato affrontato da un punto di vista teorico da L. Boltzmann per quanto riguarda la diffusione dei gas, e da A. Einstein per quanto riguarda la diffusione di un soluto in un solvente.

Quando la concentrazione di segnale morfogenetico è molto bassa, si possono creare delle disomogeneità nel gradiente, per cui vi è la possibilità che cellule con identica sensibilità al segnale morfogenetico e che erano inizialmente indeterminate per quanto riguarda il loro destino, risultano esposte a differenti concentrazioni di segnale: quelle esposte a concentrazioni sopra-soglia assumono una determinata linea di differenziamento, mentre quelle sotto-soglia assumono una linea evolutiva differente. E' evidente che la linea di differenziamento imboccata da una cellula non era predeterminata nel suo genoma. Vediamo dunque come fenomeni di tipo casuale possono introdurre rotture di simmetria, o se si preferisce "*biforcazioni*", nello sviluppo dell'organismo.

Dobbiamo dunque correggere parzialmente Schroedinger sul fatto che i fenomeni vitali debbono necessariamente essere basati sui grandi numeri in modo da non essere soggetti a fluttuazioni casuali: nel caso della morfogenesi il caso viene spesso utilizzato per creare rotture di simmetria, biforcazioni, ed i grandi numeri servono per amplificare gli effetti delle biforcazioni.

In termini generali, si può dire che lo sviluppo embrionale è un processo che appare *disegnato per amplificare differenze iniziali molto piccole*, grazie all'azione combinata del programma genetico, che lavora in modo relativamente deterministico, e di processi stocastici, quali ad esempio la diffusione dei segnali morfogenetici, l'efficienza variabile della trascrizione dei geni, e altri fattori non genetici. Questo modello concettuale, dove coesistono sia aspetti deterministici che indeterministici, in combinazione con una serie di numerosissime "*biforcazioni*", spiega due osservazioni apparentemente difficili da conciliare tra di loro: da una parte la robustezza dello sviluppo embrionale (da uno zigote di cavallo si sviluppa sempre e solo un cavallo...), dall'altra le grandi differenze a livello somatico e ancor più a livello psichico, esistenti tra specie con genomi molto simili tra di loro, ad esempio la specie umana e le specie delle grandi scimmie antropomorfe (scimpanzé, orang-gutang, gorilla) ma anche tra organismi geneticamente identici come gemelli omozigoti. *In sintesi, la dinamica dell'embrione non appare dunque essere quella di un "orologio", che ad un certo punto viene messo in moto, ma piuttosto quella di una "roulette truccata", nella quale alcuni numeri escono con una frequenza leggermente maggiore di altri. E' solo dopo un gran numero di tentativi che si scopre quale direzione sta prendendo il gioco. Se il risultato dei processi di crescita non è casuale lo si deve al fatto che durante l'embriogenesi operano moltissime roulette sotto la guida di principi organizzatori che le controllano imponendo loro dei limiti per quanto riguarda le configurazioni che possono assumere. Una strategia del genere ha il vantaggio di consentire di adattare lo sviluppo alle condizioni esterne che l'embrione incontra,*

condizioni che non sono ovviamente prevedibili e che cambiano nel tempo. Detto in altre parole, si tratta di una strategia flessibile.

Bisogna aggiungere che il fatto che alcune caratteristiche somatiche arrivino a darsi oppure no può a sua volta determinare una biforcazione evolutiva perché rende una determinata specie capace di qualcosa di totalmente nuovo e ricco di conseguenze: penso alle caratteristiche strutturali specifiche del corpo umano, quali ad es. la locomozione bipede, la forma e mobilità della mano, la struttura dell'apparato fonatorio ecc. che rendono possibile lo sviluppo di *capacità meta-genetiche* (o meta-biologiche), quali il linguaggio, la storia, le teorie scientifiche, le istituzioni sociali, le opere d'arte, ecc. (il *mondo 3* di Popper e Eccles), che arrivano a liberare l'uomo dalla "schiavitù" dei processi vitali inferiori, almeno fino ad certo punto (es. nutrizione artificiale, protesi per aiutare o persino sostituire la funzione di organi corporei malati). In questa prospettiva, l'unità ed il carattere trascendente dell'essere umano rimangono in piedi malgrado il fatto che gli umani condividono con forme superiori di primati circa il 99,5% della loro storia evolutiva ed il 95% del loro patrimonio genetico.

La morfogenesi dell'embrione può dunque essere vista come una "progressiva intensificazione dei principi superiori della vita. Questo è ciò di cui siamo testimoni nello sviluppo dell'embrione e del bambino che cresce, si tratta di processi affini all'evoluzione".

Negli ultimi 20 anni o giù di lì è emerso chiaramente che anche il cervello utilizza meccanismi non deterministici, per ottenere un risultato preciso. Infatti, le strategie computazionali messe in atto per risolvere un medesimo problema non sono sempre le stesse ma cambiano di volta in volta. Possiamo fare l'esempio di un semplice riflesso di difesa in un organismo molto semplice: *Aplysia*. Nessun neurone attivato ha una probabilità  $p = 1$  di essere attivato dal riflesso, indicando quindi che ci troviamo di fronte ad un sistema probabilistico e non deterministico, malgrado il risultato finale non sia aleatorio bensì determinato (ogni volta che applico lo stimolo, il riflesso avviene).

La base biologica di questa indeterminazione a livello degli elementi del riflesso è probabilmente da cercare in fenomeni aleatori quali la variabilità della quantità di neurotrasmettitore liberato, le fluttuazioni casuali del potenziale di membrana che fanno sì che l'eccitabilità dei neuroni non è sempre identica ecc. [N.B.: sarebbe interessante verificare se questo sistema ed altri analoghi seguono le leggi del caos deterministico].

È da notare che questa strategia piuttosto imprecisa per ottenere un movimento che adempie un fine preciso, è utilizzata anche negli organismi superiori, ad esempio allungare il braccio in una determinata direzione per afferrare un oggetto: reclutamento di unità neuronali, ognuna di esse con orientamento piuttosto impreciso. Combinando un gran numero di queste unità si ottiene l'attivazione di un set di muscoli che esercitano la forza necessaria per ottenere quel determinato movimento. Strategia di controllo piuttosto imprecisa, la cui precisione viene garantita da un altro meccanismo, che viene chiamata "feed-back" sensoriale (es. lunghezza e tensione dei muscoli, posizione delle articolazioni della spalla e del gomito rispetto al proprio corpo e rispetto al mondo esterno, ecc.). Non solo, alcuni istanti di tempo prima che la mano raggiunga l'oggetto, la mano si apre di quel tanto necessario per poter afferrare l'oggetto; la forza esercitata inizialmente per afferrare l'oggetto dipende dalla stima che abbiamo fatto in precedenza del peso, della consistenza ecc. dell'oggetto, stima che si basa su informazioni che ci arrivano per mezzo della percezione visiva e della esperienza previa mediata dalla memoria. Il movimento animale, anche il più semplice, è dunque frutto di una

stretta integrazione sensori-motoria, o più precisamente, dall'integrazione tra sensi esterni, sensi interni (propriocezione e memoria) e movimento.

Per concludere questa sezione, abbiamo visto come una caratteristica fondamentale della vita è quella di "imbrigliare" (Ingl. *to harness*) processi di tipo indeterministico per ottenere fini precisi. In questo senso l'ontogenesi ed il funzionamento degli organismi appaiono simili ad un *gioco*. E' probabile che la teoria dei giochi possa in futuro aiutarci a comprendere con maggiore profondità la natura dei processi vitali.

## 6. La vita al suo livello più alto: La coscienza

Le caratteristiche fondamentali dei processi vitali che abbiamo rinvenuto fin qui, nelle forme di vita più semplici (quelle che vengono classicamente definite come vita vegetativa e vita sensitiva) possono essere ritrovate anche nella vita cosciente, la vita della mente? Oppure la coscienza obbedisce a principi totalmente nuovi? Nel seguito cercherò di mostrare come i concetti di movimento, irreversibilità, ontogenesi, principio organizzatore,... sono molto utili per l'analisi della vita al suo livello più complesso, quello della coscienza. Certamente è necessario assumere una prospettiva dinamica, evolutiva, adattiva, della coscienza, e in questo hanno avuto intuizioni profonde pensatori come Freud e Bergson. Per un'interpretazione non riduttiva della coscienza, ad esempio, sarebbe necessario un lavoro di riportare alla luce le intuizioni fondamentalmente giuste di Freud, ad esempio il suo concetto profondamente dinamico della mente. Purtroppo questo lavoro è reso difficile dalla scarsissima considerazione che gode oggi la sua psicoanalisi dal punto di vista clinico.

Innanzitutto dobbiamo osservare che la coscienza trascende il cervello, allo stesso modo che la percezione visiva trascende i processi fisico-chimici che avvengono a livello della retina: questa semplice affermazione la possiamo desumere già dal fatto che un soggetto cosciente non è cosciente della sua attività cerebrale, così come quando vede un oggetto non è cosciente dei processi fisico-chimici che avvengono nella sua retina. L'attività dell'organo in qualche modo "recede", rimane implicita, per permettere ai contenuti di coscienza veri e propri di emergere. Se l'attività dell'organo diventa eccessiva, predominante (come ad es. durante una crisi epilettica), la coscienza anziché esserne aumentata, si perde. Anche qui potremmo dire che siamo in presenza di un principio di controllo duale: al livello inferiore abbiamo le leggi che governano la funzione neuronale, e degli insiemi di neuroni. Si badi bene che non si tratta solo di leggi fisico-chimiche, in quanto la materia cerebrale è una materia altamente organizzata, e la prospettiva fisico-chimica (molecolare) non è un livello sufficientemente significativo se vogliamo affrontare il problema della coscienza, è necessario prendere in considerazione le relazioni tra popolazioni neuronali, il fatto che alcune strutture cerebrali sono immediatamente connesse agli organi della sensibilità e della motricità, mentre altre sono ad un livello gerarchico più elevato, ecc.

È interessante notare che anche a livello della coscienza, così come nei processi vitali di ordine biologico, possiamo trovare elementi di *irreversibilità*. Un esempio lo possiamo trovare nel fenomeno della conoscenza: una volta che sono passato da uno stato di ignoranza ad uno stato di conoscenza di una cosa non posso più tornare indietro allo stato di non conoscenza. Ad esempio, una volta che ho appreso che la somma dei quadrati costruiti sui lati corti di un triangolo rettangolo è uguale al quadrato costruito sul lato lungo, posso bensì dimenticare la dimostrazione del teorema, ma non posso più tornare indietro allo stato di ignoranza del teorema. Il percorso costituito dalla somma

di tanti passaggi irreversibili nel passaggio dalla ignoranza alla conoscenza costituisce l'individualità della conoscenza, parte dell'individualità del soggetto.

Uno schema d'inquadramento delle relazioni tra i vari livelli dei processi vitali per quanto riguarda la coscienza è mostrato nella seguente diapositiva. In questo schema abbiamo appunto al livello più basso i processi fisico-chimici, le frecce orizzontali rappresentano le relazioni/leggi che agiscono a questo livello (geni, neurotrasmettitori...). Il livello intermedio può essere caratterizzato come quello dell'"architettura" del cervello, dove troviamo le varie sotto-strutture che integrano il cervello e le relazioni tra di loro. Anche a questo livello troviamo delle relazioni o principi, che sono nuovi, e non sono riducibili a quelli del livello fisico-chimico. Un esempio di questi principi è quello della sincronizzazione tra differenti popolazioni neuronali che è oggi considerato fondamentale per il riconoscimento *gestaltico* degli oggetti come un tutto significativo. Al livello superiore troviamo l'attività mentale che qui è indicata come unitaria. Di fatto la ricerca neuropsicologica ha dimostrato che è possibile suddividere la mente in ulteriori moduli e relazioni specifiche, ma per semplicità questi moduli, che rappresenterebbero l'architettura della mente, sono omessi. E' anche da sottolineare che non vi è una mappa uno-a-uno (una corrispondenza precisa) tra moduli della mente e moduli del cervello. È da notare che il fatto che la coscienza, almeno secondo le analisi neuropsicologiche più recenti, possa essere suddivisa ulteriormente in moduli, dunque in parti, potrebbe significare che questo tipo di coscienza è un fenomeno vitale relativamente vicino alla materialità corporea, dato che sarebbe formata da *partes extra partes*.

La vita della coscienza è tuttavia un tipo particolare di vita perché a questo livello il principio organizzativo unificante è l'io (Ingl. *self*), che è il soggetto delle operazioni. Solo a questo livello i processi che avvengono ai livelli inferiori, anche quelli a livello dei vari moduli che formano l'architettura della mente, acquistano un significato per l'io, diventano di suo interesse. Un osservatore esterno che fosse in grado di conoscere in ogni istante di tempo lo stato di tutti i processi dei livelli inferiori, non per questo sarebbe in grado di conoscere il contenuto della coscienza del soggetto, perché non può assumere il punto di vista del soggetto.

In altre parole, mente e materia dovrebbero essere considerati allo stesso livello, come due co-principi, che appaiono differenti se sono considerati dal punto di vista di un osservatore esterno, ma in realtà, cioè al livello dell'esperienza soggettiva cosciente, mente e corpo confluiscono e sono unificati in una entità che chiamiamo "io", come soggetto di tutte le azioni. Infatti "io" non sono cosciente della separazione tra mente e materia quando mi muovo e penso e cerco di spiegarvi quello che intendo, proprio perché sono concentrato sul fine che ho in mente, cioè spiegarvi quello che intendo. Se invece di concentrarmi su questo fine, mi concentrassi sulle parole che sto dicendo sul movimento delle labbra, ecc. voi non capireste più niente; è noto che se uno si sforza di ripetere ad alta voce la stessa parola, la parola perde progressivamente il suo senso. La separazione tra mente e materia appare quando uno si sposta dalla prospettiva soggettiva a quella oggettiva. Quindi, al contrario di chi sostiene che la coscienza è un'illusione soggettiva che emerge dall'attività cerebrale, io penso che sia più corretto sostenere che il dualismo mente-materia è un'illusione che appare quando ci si sposta dal punto di vista del soggetto a quello dell'oggetto.

Supponiamo che mi affaccio alla finestra e guardo il paesaggio. I miei occhi "vedono" delle macchie bianche dentro una superficie azzurra nella parte superiore del campo visivo, ed una superficie verde con macchie rosse e gialle nella parte inferiore, ma *io vedo* una prato fiorito, al cui orizzonte si staglia il cielo con le nuvole. Io posso anche osservare il mio corpo dall'esterno, ad

esempio posso osservare come una ferita si rimargina progressivamente, utilizzando uno specchio posso osservare i miei occhi come si muovono a mio piacimento (tuttavia se osservo i miei occhi non posso osservare contemporaneamente il mondo che mi circonda, e viceversa se osservo il mondo esterno non posso osservare i miei occhi).

Nello schema le frecce che mettono in relazione i differenti livelli significano appunto che ogni livello è sottoposto al principio duale già più volte menzionato. Lo schema mostra solo tre livelli ma ovviamente è possibile prenderne in considerazione più di tre, il punto che volevo segnalare con questo schema è che, prima di affrontare il problema della vita cosciente, è importante domandarsi quali sono i livelli significativi ai quali condurre un'analisi della vita cosciente.

Alcuni punti che volevo ancora segnalare sono i seguenti: 1) a seconda della domanda che ci poniamo, il livello che risulta significativo per dare una risposta può cambiare; se scegliamo il livello sbagliato, non riusciremo mai a dare una risposta corretta; 2) è metodologicamente scorretto e pericoloso saltare da un livello ad un altro senza passare attraverso il livello intermedio; 3) non dobbiamo dimenticare che, man mano che migliorano gli strumenti che permettono di mettere in relazione l'attività mentale con quella cerebrale, potranno emergere nuovi livelli di analisi che risultano significativi.

## 7. Considerazioni finali

Sono convinto che, sulla base dei risultati della biologia sperimentale, si possa arrivare ad una "filosofia dell'essere vivente", che interpreta e approfondisce i risultati della biologia secondo principi propri e fornisce alla biologia la sua giustificazione razionale, e può persino stimolare la biologia ad affrontare nuove linee di ricerca fruttuose e rilevanti (cfr. L. Melina, voce "Vita", DISF).

Se ciò è vero, allora la ricerca filosofico-etico-epistemologica *può e deve* diventare parte integrante di un progetto di ricerca, particolarmente in ambito biologico, a pari dignità con le altre discipline. Attualmente la maggior parte degli uomini di scienza hanno una visione riduttiva dell'etica, come una sorta di ospite ingombrante ed indesiderato, che arriva in ritardo e mette scompiglio nei piani già perfezionati. Per cambiare questo pregiudizio penso sia necessario riportare la bioetica entro un orizzonte filosofico. In altre parole, il ruolo del filosofo all'interno di un progetto scientifico è quello di aiutare lo scienziato ad essere consapevole delle premesse implicite, già presenti nel momento stesso di formulare le ipotesi scientifiche e disegnare i metodi ed il piano sperimentale. Queste premesse di ordine filosofico condizionano infatti le cose che un ricercatore sarà in grado di trovare o non sarà in grado di trovare nel corso della ricerca, e le strategie sperimentali che metterà in atto. In altre parole, il ruolo del filosofo è quello di aiutare lo scienziato a diventare consapevole delle radici profonde dei concetti che utilizza nella sua ricerca, a "posizionarsi" in modo consapevole ad uno dei differenti livelli indicati nello schema citato prima, a conoscere a quali condizioni è possibile passare da un livello ad un altro, e soprattutto a tenere presente i limiti del suo metodo scientifico, e quindi a non perdere di vista l'oggetto nella sua interezza, soprattutto nei momenti chiave. Infine, sono pienamente convinto che le ricerche più avanzate ed innovative possono persino suggerire domande di carattere tipicamente filosofico, che non erano mai state poste prima, in quanto i tempi non erano maturi, oppure che erano state poste sulla base di conoscenze oggi superate.

**BIBLIOGRAFIA GENERALE**

- J. Seifert. *What is Life? The Originality, Irreducibility, and Value of Life*, H.G. Callaway, Amsterdam 1997
- E. Schrodinger. *Che cos'è la vita?* Sansoni, Firenze 1988
- H. Jonas. *The Phenomenon of Life: Toward a Philosophical Biology*, Harper & Row, New York 1966
- M. Polanyi. "La struttura irriducibile della vita". In: *Conoscere ed essere*, Armando, Roma 1988
- M. Scheler: *Biologievorlesung. Schriften aus dem Nachlass*, vol. 5, *Varia*, Bouvier, Bonn 1993
- C. Trenarthen, K. Aitken, M. Vanderkerckhove, J. Delafield-Butt, E. Nagy. *Collaborative regulations of vitality in early childhood: stress in intimate relationships and postnatal psychopathology*, in Cicchetti & Cohen (Eds.) *Developmental Psychopathology*, 2nd Wiley, 2006.