

## La biologia come scienza non-paradigmatica.

Maurizio Salvi

### Premesse e finalità.

La concezione epistemologica kuhniana implica profonde riflessioni sulla natura della scienza. Essa determina infatti una profonda relativizzazione epistemologica delle coordinate fondamentali su cui il sapere scientifico si costruisce: la scienza come luogo di verità oggettive, e come dimensione razionale della conoscenza. Non intendo qui soffermarmi ed analizzare i meccanismi di razionalità scientifica, quanto piuttosto evidenziare come la visione delineata da T.Kuhn si presti a profonde critiche, e trovi in altri filosofi delle posizioni antitetiche. Riporteremo poi il nostro discorso alle problematiche dell'epistemologia biologica, cercando di esemplificare delle posizioni che rimandano alla visione della scienza come insieme di leggi oggettive (e sintetizzata e comprovata da dati quantitativi), ed altre che soffermano la propria attenzione al piano "qualitativo" della conoscenza. La posizione di Kuhn asserisce che, non solo la scienza è definita nel suo flusso evolutivo come un alternarsi di punti di vista prospettici (i paradigmi) continuamente in competizione tra loro, ma che la stessa verità di una teoria scientifica trova giustificazione solo all'interno del proprio paradigma di appartenenza. Kuhn (attraverso una ricostruzione storica dei paradigmi della scienza -in modo particolare della fisica e della chimica-) a tal proposito parla di una scelta di dati sperimentali non completamente neutrale, che si risolve -a volte- nell'esclusione dei casi che ostacolano l'universalità della teoria scientifica. Ma cosa significa tutto questo? Attribuire la logica di giustificazione epistemica delle proposizioni scientifiche a dati sperimentali influenzati dalle tesi che si vogliono dimostrare, significherebbe mettere in crisi il concetto di "obiettività" scientifica; relativizzare le teorie scientifiche in funzione di posizioni storiche particolari ed introdurre nella visione della scienza due livelli di soggettività intrinseca: l'osservazione guidata dal paradigma di appartenenza del ricercatore (che trova giustificazione all'interno della grammatica logica su cui si è venuta a costruire), e quella legata al paradigma storicamente dominante.

### 1. I paradigmi della scienza.

T. Kuhn in *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*<sup>1</sup> in contrapposizione all'idea di un'evoluzione della scienza come sapere cumulativo, propone la visione di progresso che si attua per "salti" paradigmatici. *La scienza non è intesa come sapere in evoluzione lineare, non è un programma che aggiorna i propri dati in ordine di maggiore complessità nel tempo, ma è un organismo che muta nel tempo. L'evoluzione euristica è un avvicendamento di coordinate gnoseologiche prospettive diverse, di "leggi" paradigmatiche attraverso cui leggere il mondo. I paradigmi sono proprio questi "punti di vista", queste "ottiche" particolari applicate ai problemi scientifici da indagare; sono le dimensioni esplicative dei fenomeni generali, gli impianti interpretativi che illuminano i fenomeni particolari della scienza. Paradigmi sono per Kuhn le leggi della meccanica newtoniana, la relatività einsteiniana, le leggi chimiche booleiane, la fisica aristotelica, l'elettricità di Franklin, la chimica di Lavoisier (ma gli esempi possono essere molto più numerosi).*

*"Per paradigma si intende un modello, uno schema accettato. (...) I paradigmi raggiungono la loro posizione perché riescono meglio dei loro competitori a risolvere dei problemi che il gruppo degli specialisti ha ritenuto urgenti."*<sup>2</sup>

Il paradigma è una coordinata esplicativa su cui porre i problemi scientifici ad esso inerenti. Esso non solo risponde al concetto di scienza come *auctoritas*, ma sostituisce alla concezione di un'evoluzione lineare delle scienze, quella di un progresso che si attua attraverso "salti" euristici. La forza del paradigma è proprio la consapevolezza di una sostanziale sostituzione delle certezze scientifiche che lo hanno preceduto. Esso determina una "riprogrammazione" delle leggi scientifiche, e della stessa visione del mondo, come sottoposto alle leggi paradigmatiche che precedono la manifestazione del paradigma.

### 1.a I paradigmi nella fisica: Newton ed Einstein.

L'accettazione di un nuovo paradigma comporta la negazione dei principi con cui veniva osservata la realtà. Pensiamo alla relatività di Einstein. Il fisico teorizza una visione dell'universo profondamente contrapposta a quella newtoniana. L'utilizzo della geometria non euclidea comporta uno stravolgimento delle stesse "categorie" (per usare un termine kantiano) attraverso le quali percepiamo la realtà fenomenica. Lo spazio non è più da concepire attraverso la geometria euclidea, ma si apre come realtà multidimensionale. La retta diviene una linea curva all'infinito, lo spazio non è più un'infinitudine, ma un finito che, se percorso nel suo *toto*, riporta al punto di partenza. La simultaneità di eventi spazialmente distinti, il tempo trascorso tra due eventi (a condizione della loro non coincidenza nello spazio - tempo), la lunghezza di un corpo solido esteso, la divisione dello spazio tempo a quattro dimensioni in uno spazio tridimensionale, la relativizzazione del tempo in funzione della velocità del corpo che si muove nello spazio (sia esso un vettore, sia esso un pianeta - in questo caso la retta spazio temporale si curva secondo leggi di gravitazione legati alla massa del pianeta, e secondo la velocità dello stesso-), sono alcuni esempi di principi categoriali che la fisica newtoniana esclude intrinsecamente. Allo stesso modo

fenomeni quali la velocità della luce in uno spazio vuoto, che nella teoria classica sono relativi, si assolutizzano nella visione Einsteiniana. Ma cosa vuol dire il paradigma einsteiniano rispetto a quello newtoniano? Cosa significa sposare queste teorie della fisica? Cominciamo dall'analisi del paradigma del fisico del XVIII secolo.

Newton si era formato a Cambridge (egli entrò nell'università nel 1661), dove imperava una visione paradigmatica "platonista". I platonisti di Cambridge ponevano come cardine della propria filosofia la concezione di idee innate e la profonda deità della figura umana. Il Dio dei platonisti si avvicina all'uomo, dove l'uomo stesso, come depositario della dimensione metafisica e religiosa, poteva rivolgere il proprio sguardo al mondo riconoscendo la sua posizione privilegiata nell'universo. L'ontologia platonica era la coordinata di fondo dell'epistemologia del tempo, vedendo nella mente umana un luogo privilegiato da Dio. Da qui la coordinata fondamentale dei platonisti di Cambridge, l'ammissione di idee innate, di archetipi su cui costruire la conoscenza umana (tra alcuni membri di tale circolo ricordiamo: R. Boyle, I. Barrow, H. Moore.). Newton si oppose a tale visione e nella sua opera *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* del 1687 (Draft Regula V) scrisse:

*"sed non sentio quod idea aliquae sit innata. Et pro phaenomenis habeo non solum quae per sensus quinque externos nobis innotescunt, sed etiam quae in mentibus nostris intuemur cogitando: Ut quod, ego sum, ego credo, doleo etc."*<sup>3</sup>

Newton ribadì la necessità dell'apriorismo eidetico, e la necessaria deduzione delle stesse idee dall'esperienza. Egli ha quindi delineato una visione conoscitiva che crea un connubio tra l'esigenza di una corrispondenza diretta con la natura in quanto fenomeno, e una scienza che non trova la propria autorità in principi necessari ed innati. Al di là dei risultati dell'*Ottica* o della meccanica, il fisico ha rivoluzionato metodologicamente la scienza, denunciando un sapere che si costruiva su verità date come postulati, su concetti primitivi che introducevano un sistema inferenziale, sostanzialmente di stampo teologico. Un sapere dipendente da "dogmi" (idee innate, deità umana), o da principi a priori (vedi la non contraddittorietà aristotelica). *Alla fisica cartesiana deduttiva Newton sostituì la fisica induttiva* (anche se alcuni passaggi della fisica newtoniana restano in luce ambigua rispetto a questa coordinata epistemologica - vedi il concetto di spazio assoluto, o le osservazioni sull'anima ne *L'Ottica* -). Il metodo induttivo vede i fenomeni colti dall'esperienza e generalizzati dall'induzione, senza peraltro riportare l'induzione stessa alla necessità, alla generalizzazione universale. La certezza della verità induttiva non è garantita, e questo avviene "necessariamente". La verità è relegata al metodo, quest'ultimo diviene universale, riportando la figura dello scienziato ad un processo infinito di relazione con il mondo, strappando la scienza al piano di intima comprensione assoluta della realtà. La forza della scienza consiste nell'uso del metodo e dei suoi strumenti (le verità matematiche, l'osservazione induttiva), *"tutta la diversità delle cose naturali (...) non potrà essere originata dalle idee di volontà di un essere che esiste necessariamente"*.<sup>4</sup> Conoscere ed indagare le cause ed i meccanismi della realtà o dell'intelligenza umana non significa pretendere l'inconoscibile, ma la realtà fenomenica. Questo accenno alla contingenza del saper umano garantisce la stessa possibilità della scoperta scientifica, come saper non teologico. Cambia con Newton, quindi, lo stesso concetto di esperienza, tramite il quale gli scienziati hanno trasferito le proprie conoscenze teoriche ai fatti della realtà. Tale trasformazione ha permesso il nuovo formarsi di un nuovo ideale di conoscenza scientifica. Bisognava distruggere il mondo e sostituirlo con un altro, doveva essere riformata la stessa struttura dell'intelletto, creare concetti assolutamente nuovi, osservare la realtà in categorie completamente diverse, ed elaborare una nuova concezione della conoscenza. Solo su tale base, risultato dello scardinamento della visione aristotelica del mondo e dell'uomo, divenne possibile la nascita del nuovo ideale di scienza. Al di là delle rivoluzioni euristiche dovute alla meccanica newtoniana, il paradigma che il fisico ha creato acquista una duplice importanza: metodologica ed euristica. Kuhn si sofferma soprattutto sulla seconda dimensione, sottolineando come l'accettazione della fisica newtoniana comporti un meccanismo probatorio applicativo molto particolare, che esclude dei problemi che non possono essere risolti. Passiamo ora all'analisi del paradigma antagonista a quello del fisico del XVII secolo: la teoria della relatività.

La relatività einsteiniana è un paradigma rivoluzionario della stessa portata di quello newtoniano. Al di là della rivoluzione della concezione del tempo e dello spazio, e la relativizzazione degli stessi in funzione della velocità del sistema di osservazione, essa segna un passaggio fondamentale nella stessa concezione del soggetto esperiente la realtà. La visione dell'uomo che seguiva la meccanica classica, vedeva in esso un soggetto di conoscenza intimamente e naturalmente volto alla continua perfezione delle attività di analisi scientifica e all'accumulo potenzialmente infinito di conoscenze. L'uomo, quindi, pur facendo ontologicamente parte della realtà analizzata, in quanto soggetto conoscitivo si considera osservatore esterno non vincolato nelle sue attività conoscitive ad alcuna limitazione di ordine fisico, potendosi così astrarre dal mondo analizzato e, nel contempo, ottenere informazioni su esso ed essere autonomo al suo ambiente fisico. La fisica einsteiniana pone in discussione questa concezione del soggetto. La teoria della relatività segnala l'esistenza di un orizzonte temporale che non può essere valicato dall'uomo (lo spazio - tempo è funzione della velocità, e la velocità massima è quella della luce, da qui l'esistenza di una barriera temporale oltre la quale il soggetto non può ottenere informazioni). Individua inoltre la dimensione temporale che necessariamente investe ogni trasmissione di informazioni sul sistema osservato, rivoluzionando la concezione della informazione istantanea (possibilità di osservare in una dimensione temporale identica i fenomeni). Questo significa limitare la possibilità di previsione di un fenomeno, o la sua stessa postdiagnosi. L'osservazione si relativizza rispetto le condizioni dell'osservatore, la sua oggettività viene negata. A conferma di quest'ultimo punto è anche il principio heisenbergiano dell'indeterminazione.

Heisenberg osserva che ogni stato di osservazione e misurazione di un fenomeno influisce sullo stato del sistema analizzato, e che esistono dei limiti al perfezionamento continuo della sperimentabilità scientifica. L'incontrollabilità di questo "turbamento" viene a scontrarsi con un confine preciso: il quanto di attività. Esso consiste in una costante fisica che priva l'osservazione sperimentale del livello di oggettività, relativizzando l'esattezza della quantificazione numerica dei fenomeni stessi. Il carattere di incontrollabilità dell'osservazione può, per il fisico, essere legato unicamente a leggi statistiche. Einstein e Heisenberg determinano un paradigma metodologico euristico. Il soggetto conoscente è parte del sistema osservato, la sua conoscenza "*non è indipendente dalle sue caratteristiche fisiche i quanto oggetto dinamicamente connesso a questo sistema*".<sup>5</sup> Alla visione paradigmatica della scienza come organismo in evoluzione potenziale illimitata, si sostituisce quella di un sistema intrinsecamente limitato e privato della dimensione gnoseologica di verità assoluta e ultima. Il paradigma einsteiniano completa la direzione di quello newtoniano.

### ***1.b Paradigmi nella biologia: Mendel.***

Consideriamo ora un passaggio paradigmatico che appartiene alla biologia: le leggi di Mendel. Non intendo ripetere i passaggi o i successi gnoseologici che il biologo boemo ha apportato alle scienze che studiano l'eredità dei caratteri nelle discendenze delle specie, ma mostrare come metodologicamente sia stata operata una vera e propria rivoluzione paradigmatica. Già nel 1754 Moreau de moupertius aveva ammesso l'esistenza di particolari particelle responsabili della trasmissione ereditaria, e già nel 1760 Koebreuter aveva basato il proprio studio sull'incrocio di piante; ma cosa rendeva profondamente diverse queste indagini sull'eredità? Era proprio la scelta metodologica degli strumenti probatori a costituire questa differenza. Moreau, Koebreuter cercavano ipotesi giustificative, Mendel valori statistici. La ricerca di Mendel era stata stimolata dalla constatazione della regolarità con cui, incrociando individui di una stessa specie, compaiono individui dotati ora dei caratteri propri di uno dei genitori, ora di quelli dell'altro. Gli organismi derivati dall'incrocio di individui che differiscono per uno o più caratteri sono chiamati ibridi. Mendel seguì lo sviluppo successivo delle generazioni ottenute incrociando gli individui ibridi e analizzò i dati in modo quantitativo, dando grande importanza non solo al fatto che si presentava un dato ibrido, ma anche al numero di volte che esso compariva. L'approccio quantitativo richiede materiale sperimentalmente adatto. Occorre la scelta di organismi che possiedano caratteristiche facilmente distinguibili e che possano riprodursi rapidamente e in gran numero. Da qui la scelta del *Pisum Sativum*. Egli poi indicò con il termine linea pura gli individui per i quali esiste una completa corrispondenza tra il carattere posseduto e il materiale ereditario trasmesso per quel carattere. Incrociò individui di linea pura portatori di caratteri antagonisti (semi rugosi, semi lisci) e li chiamò *generazione parentale* (P). Gli individui ibridi prodotti da questi incroci erano definiti *Prima generazione filiale* (F1), essi mostravano uniformemente un solo carattere dei genitori, tale carattere venne definito *dominante*, mentre quello che non si manifestava fu detto *recessivo*. Mendel proseguì i suoi esperimenti rincrociando mediante autoimpollinazione gli individui della F1, il risultato di questa operazione fu la seconda generazione filiale (F2). F2 presentava sia il carattere dominante che il recessivo, e questo per tutte le coppie di caratteri antagonisti presi in considerazione. Mendel analizzò migliaia di incroci rilevando che in tutti i casi i conteggi indicavano che gli individui della F2 presentavano il carattere recessivo corrispondente a 1/4 circa del totale della loro generazione, mentre gli individui con carattere dominante ne rappresentavano circa 3/4.

La regolare comparsa del carattere recessivo in 1/4 degli individui della F2 è un dato quantitativo di grande importanza. E' proprio questo dato a sostenere la parte più originale dell'ipotesi mendeliana che riguarda il meccanicismo di scelta dell'allele che viene trasmesso in ogni gamete al momento della riproduzione. Il biologo suppose che la scelta fosse del tutto casuale e analizzò i dati applicando il calcolo delle probabilità.<sup>6</sup> Questa spiegazione probabilistica permise a Mendel di spiegare il motivo per cui il carattere recessivo (che sembra sparire in F1), ricompare in F2; essa inoltre ipotizza un meccanismo di trasmissione che si attua nel tempo generazionale in maniera uguale e costante, permettendo di fare previsioni sulle discendenze future.

Il valore degli studi mendeliani non è quindi solo euristico, ma anche profondamente *epistemologico*. *Il paradigma mendeliano segna infatti un nuovo approccio alle scienze biologiche, l'applicazione della metodologia matematica. La biologia si "quantitativizza", diviene scienza che trova negli strumenti della matematica un supporto su cui costruire una evoluzione conoscitiva, che cerca nella verifica dei dati il costrutto probatorio dei propri asserti.* Mendel (come Newton o Einstein) rappresenta un salto paradigmatico (nell'accezione del termine kuhnniana), che viene a modificare profondamente non solo la propria disciplina scientifica, ma la stessa figura dello studioso che si rivolge ad essa (come non completare i propri studi biologici senza la matematica, la fisica, la statistica?). Egli determina una rivoluzione sulla stessa formazione dei biologi che "saranno". Ma non fa solo questo. Strappa la biologia dal piano delle certezze assolute, introduce il concetto di "possibilità" (quanto più possibile prevista e determinata) delle leggi biologiche, allontanandole dal piano ipotetico o dal meccanicismo o determinismo assoluto. Il carattere si manifesta attraverso meccanismi probabili (e sarà il grado di analisi statistico - sperimentale a determinare queste costanti probabilistiche), allo stesso modo dei meccanismi euristici della moderna genetica popolazionale sperimentale. Torniamo ora all'analisi delle posizioni kuhnniane. Il paradigma costituisce l'ottica e la prospettiva con cui vengono osservati e interpretati i fenomeni scientifici. La mancanza di giustificazione di fenomeni particolari (in un'ottica paradigmatica), determina un vuoto nel paradigma stesso.

Esiste tuttavia un processo di resistenza operato dalla comunità scientifica alla sostituzione paradigmatica. I fenomeni che non trovano spiegazione o che contraddicono una teoria scientifica accettata vengono considerati "eccezioni particolari". Essi pertanto sono o forzati alle coordinate gnoseologiche correnti, o pensati come "rompicapi" (si rimanda il lettore all'analisi storica che Kuhn esemplifica nel suo volume). Esiste cioè un movimento di freno e sfiducia per teorie che stravolgano la ortodossia scientifica. Questo perché *l'accettazione di un nuovo paradigma comporta una ristrutturazione della visione del mondo dello scienziato*. Significa distruggere e ricostruire le leggi della realtà.

Il movimento è ancor più paradossale se si pensa che la formazione culturale dello scienziato passa attraverso coordinate gnoseologiche determinate. *L'evoluzione della scienza fa sì che la distruzione delle proprie fondamenta passi attraverso l'accettazione delle proprie certezze*. Pensiamo a Goedel. Il matematico austriaco pensò nel 1931 di indagare il linguaggio matematico come linguaggio logico semantico. Non analizzeremo in questo luogo i passaggi dei teoremi goedelliani, ma le conseguenze che essi determinano. In *Sulle proposizioni formalmente indecidibili dei Principia Mathematica e sistemi affini* (1931) egli formula:

*Ad ogni classe  $K$  di formule che sia  $W$ -coerente e ricorsiva corrispondono segni di classe ricorsivi  $R$  tali che né  $V$  Gen  $R$  né Neg ( $V$  gen  $R$ ) appartengano a Flg ( $K$ ) (dove  $V$  è la variabile libera di  $R$ ).*

Al di là del linguaggio logico questo enunciato vuol dire che tutte le assiomatizzazioni coerenti dell'aritmetica contengono proposizioni indecidibili, e cioè che nessun sistema logico o semantico, a prescindere il livello di complicatezza, può "rappresentare la complessità dei numeri interi: 0, 1, 2, 3 ..."<sup>7</sup>. Questo significava presupporre l'impossibilità di dimostrazione di qualunque teorema matematico, ed evidenziare come il linguaggio matematico non è altro che un sistema semantico referenziale discutibile negli stessi concetti primitivi su cui si costruisce (vedi il concetto di unità o somma, e via discorrendo). *Goedel giunse a tali conclusioni che distruggono la matematica (o il suo costrutto logico), attraverso la matematica*. E questo è sorprendente! E' come se dopo aver salito tutti i piani di un grattacielo ci si renda conto improvvisamente che il grattacielo stesso non può esistere, perché i mattoni che lo compongono non sono adatti alla costruzione. Allo stesso modo la sostituzione di un paradigma con un altro nasce dalla consapevolezza dell'impossibilità di fornire una risposta alle problematiche applicative del paradigma "vecchio". Significa ristrutturare completamente il problema, partendo da diverse coordinate epistemologiche, da un diverso "punto di vista", antitetico rispetto alla visione precedentemente accettata. Ma tutto questo avviene attraverso l'accettazione iniziale di una teoria, attraverso la consapevolezza dell'impossibilità interpretativa dei "rompicapi" che esso determina. Cambiare paradigma significa rivoluzionare la realtà così come essa appare agli occhi dello studioso. Da qui la denuncia kuhniana della resistenza della comunità scientifica a nuovi paradigmi, dove tanto più una realtà paradigmatica è consolidata tanto più si cercherà di restare nell'ambito delle sue coordinate, relegando alla dimensione di "eccezioni" i punti di vuoto del paradigma stesso. E' la stessa mancanza di giustificazione dei fenomeni a determinare la deficienza paradigmatica, un ostacolo misterioso che si oppone all'universalità e unicità del paradigma stesso. I così detti "rompicapo" degli scienziati non sono altro che deficienze euristiche di osservazioni sperimentali. Nascono da punti deboli della teoria scientifica corrente, attraverso cui vengono studiati, e trovano giustificazione nell'assunzione di coordinate prospettive esplicative non appartenenti alla teoria messa in discussione.

### ***1.c Paradigmi che mutano nel tempo: Lavoisier e Priestly.***

Pensiamo all'analisi che Kuhn opera nello studio della scoperta dell'ossigeno.<sup>8</sup> Nel XVIII secolo Lavoisier rivoluzionò la teoria della chimica dei gas. Già nel 1700 grazie all'utilizzo della pompa ad aria, e con l'uso di dispositivi pneumatici nella sperimentazione chimica, i ricercatori si resero conto dell'importanza primaria dell'aria come ingrediente attivo nelle reazioni chimiche; questa consapevolezza si accompagnava alla concezione dell'aria come unica specie esistente di gas. Questa teoria rimase valida sino al 1756 quando J. Black mostrò l'esistenza di un secondo gas che non fosse "aria": il biossido di carbonio CO<sub>2</sub>. Tale gas, per il chimico inglese differiva dall'ossigeno per un livello differente di impurezza<sup>9</sup>. Questa scoperta segnò una fioritura di esperimenti sui gas (Scheele, Priestley), sino a condurre alla produzione dell'ossigeno ad opera di Scheele. Ma c'era un ostacolo gnoseologico che si scontrava con l'evoluzione euristica della fisica dei gas: il paradigma scientifico su cui venivano costruiti e interpretati gli esperimenti. Priestley e Scheele infatti erano legati alla teoria del chimico Stahl. Egli sosteneva che nei corpi combustibili era contenuta una sostanza immaginaria chiamata *flogisto*, che invece di un peso aveva una "leggerezza" che la rendeva volatile al momento della combustione, appesantendo il materiale che veniva bruciato (*teoria del flogisto*). I cardini concettuali di tale paradigma della chimica del diciottesimo secolo erano: "1) I metalli quando bruciano perdono flogisto e lasciano un residuo, chiamato calce; 2) I residui, quando riscaldati con carbone di legna riassorbono il flogisto e ridiventano metallo. Il carbone di legna è necessario perché il flogisto originario è perduto nell'atmosfera; 3) Il carbone di legna è dunque ricco di flogisto."<sup>10</sup>

Lavoisier nel decennio 1770 - 80 concentrò i suoi esperimenti sulla chimica dei gas, egli osservò che se la teoria del flogisto poteva trovare un riscontro nei materiali naturali che venivano bruciati (si pensi al legno), la combustione dei metalli non rispondeva a tali aspettative, l'utilizzo di sistemi di misurazione più sofisticati (bilance più precise), e l'analisi di una casistica sperimentale più estesa (diversi tipi di combustibili), mostravano una discrepanza tra il paradigma di Stahl e l'analisi sperimentale. Nello stesso tempo l'assimilazione dei paradigmi newtoniani (la teoria gravitazionale) condusse i chimici a sostenere che un aumento di peso dovesse

corrispondere ad un aumento della densità della materia come risultato della combustione, anche se esisteva una chiara resistenza all'abbandono della teoria ormai non rispondente alle problematiche sperimentali (una risposta ipotetica a queste problematiche fu che il flogisto avesse peso molecolare negativo). Lavoisier stabilì che la combustione altro non fosse che un'ossidazione, e che in una reazione chimica la somma dei pesi delle sostanze che reagiscono è uguale alla somma dei pesi delle sostanze che hanno origine dai reagenti. Il flogisto non trovò più spazio nella chimica dei gas, e l'ossigeno che Priestly aveva inteso come aria deflogizzata venne riconosciuto come gas. Lavoisier scoprì che i residui di mercurio riscaldati perdono peso dando luogo a mercurio e liberando un gas di cui misurò il volume. Nel riconvertire il mercurio a residui, egli osservò ulteriormente che lo stesso volume di gas sprigionato dalla combustione del metallo veniva riassorbito e che l'aumento di peso era uguale alla perdita precedente. Dopo un'analisi di un'ampia gamma di dati (ottenuti tramite bilancia) dei rapporti di peso del comburente prima e dopo la combustione, egli propose che il materiale combustibile doveva il proprio aumento di peso a reazioni di ossidazione (brucia cioè sommando ossigeno e aumentando per questo motivo di peso). Lavoisier dimostrò poi che i prodotti ottenuti dalla combustione di sostanze naturali (legno, zolfo, fosforo, carbone per es.) erano dei gas, il cui peso era sempre superiore a quello di partenza.

La teoria del flogisto veniva confutata per tre motivi fondamentali: 1) I metalli si combinano con l'ossigeno dell'aria formando gli ossidi. 2) Il carbone da legna caldo rimuove l'ossigeno dagli ossidi dando luogo a metallo e ad un gas O<sub>2</sub>. 3) Il carbone da legna non si combina con il metallo ma invece rimuove l'ossigeno che si era precedentemente combinato."<sup>11</sup>

## **2. Meccanismi probatori della scienza.**

Abbiamo scelto questi esempi dell'analisi storica dell'evoluzione paradigmatica della scienza operata da Kuhn per due motivi ben precisi. Innanzitutto perché mostra come i movimenti paradigmatici sono spesso interrelati tra loro, in secondo luogo per evidenziare come la scelta di prove sperimentali di un paradigma (nella concezione kuhniana) è influenzata da quanto si intende dimostrare. Analizziamo questi due temi. A conferma della teoria del flogisto venivano riportati i dati sperimentali su comburenti naturali di natura particolare: il legno o il carbone per esempio. L'aumento di peso che si riscontrava quando veniva riscaldato un metallo restava agli occhi dei ricercatori un fenomeno isolato, così come la ricerca della chimica dei gas - i cui risultati contrastavano il vecchio paradigma -, segnava un disagio all'interno della comunità dei chimici, determinando un tentativo di giustificazione particolare delle posizioni di Stahl.

I chimici del XVIII secolo cercavano di relegare i dati sperimentali che si contrapponevano alla *teoria del flogisto* alla dimensione di "eccezioni particolari", non significative per una ricostruzione paradigmatica. Il paradigma stahlian veniva quindi difeso in modo particolarmente sentito dalla comunità scientifica del tempo. Si potrebbe pensare che la diversità del livello tecnologico strumentale del XVII secolo (o della prima metà del XVIII) rendeva lecita l'interpretazione dell'aumento di peso dei materiali frutto di una combustione. Se questo fosse stato vero non si sarebbe dovuta verificare la resistenza alla casistica sperimentale sulla fisica dei gas del 1800. L'applicazione di bilance più precise sui comburenti mostrava una discrepanza di dati con la teoria del flogisto. Gli esperimenti di Scheele e Priestley riscontravano queste contraddizioni, solo che i ricercatori non erano disposti a ripensare la chimica sthaliana. I materiali su cui costruire la casistica delle proprie sperimentazioni vennero di conseguenza accuratamente selezionati: solo sostanze naturali. Questo per non doversi impegnare in una decifrazione dei "luoghi" che costituivano rompicapi, che non trovavano nel vecchio paradigma un'illuminazione interpretativa. Abbandonare la teoria del flogisto significava ripensare i fondamenti della chimica (si pensi alla convinzione che l'aria fosse l'unico gas), significava osservare il reale con occhi profondamente diversi.

Non si può parlare quindi di una discrepanza tecnologica degli strumenti di osservazione o quantificazione sperimentale, per giustificare la resistenza alla formulazione di un nuovo paradigma, quanto piuttosto di una resistenza di duplice significato: *psicologico e culturale*. Culturale perché l'accettazione di una nuova teoria costringe a riprogrammare le coordinate gnoseologiche del ricercatore (introducendole nella grammatica logica che il paradigma stesso presuppone), determinando un fenomeno di distruzione delle stesse "certezze" scientifiche su cui il soggetto basa la propria osservazione del mondo; psicologico perché meccanismi gestaltici<sup>12</sup> rendono l'osservazione scientifica fortemente influenzata dal paradigma di appartenenza dello studioso.

### **2.a Influenze gestaltiche nell'osservazione scientifica.**

Non intendo ripercorrere i passi o gli esperimenti sulla percezione che la Gestalt ha compiuto (di particolare interesse sono quelli su percezioni delle figure su sfondi policromatici, o i meccanismi di organizzazione di gruppi di elementi in insiemi ordinati), quanto piuttosto sottolineare come l'osservazione scientifica trovi nelle dinamiche gestaltiche una chiarificazione di fenomeni particolari, quali la convivenza di paradigmi antitetici.

Pensiamo alla luce, o meglio alle radiazioni luminose. Esistono due posizioni antitetiche nella definizione della luce: radiazioni costituite da corpuscoli, o da fotoni. La prima posizione rimanda all'*Ottica* newtoniana, rivoluzionata da Huygens (oscillazioni ondose di etere) e da Maxwell (oscillazioni del campo elettromagnetico), la seconda alla teoria quantistica del campo elettromagnetico. Tale paradigma asserisce che le radiazioni luminose siano costituite da fotoni (particelle elementari della luce teorizzate da Einstein per spiegare l'effetto fotoelettrico nel 1905) aventi nel contempo caratteristiche di un'oscillazione ondosa e di un corpuscolo<sup>13</sup>. *A seconda del paradigma sposato, il ricercatore nella luce vedrà qualcosa di differente da un suo antagonista,*

*allo stesso modo attribuirà ad esso un significato (valore) diverso. I meccanismi percettivi si riflettono sul valore attribuito agli oggetti osservati in funzione delle dinamiche paradigmatiche della scienza.*

### **2.b Percorsi analoghi nel valore: embrione e pre-embrione.**

Consideriamo ora un esempio appartenente alla biologia: un embrione di 10 giorni. Alcuni biologi vedono in esso un embrione (definendo come tale l'ovulo fecondato sin dalla sua divisione in blastomeri), altri un pre-embrione (organismo biologico in cui non si sono ancora verificate la differenziazione di ectoderma e endoderma). Nella conferenza del 1988 della Comunità Europea tenuta sul valore dell'embrione<sup>14</sup>, la biologa Mc.Laren operò una schematizzazione dello sviluppo embrionale molto dettagliata. Venne a distinguere tre momenti ben determinati nel processo di gestazione della donna: 1) Conceptus - fase che va da 0 a 6 ore dalla fecondazione dell'ovulo materno, e che è caratterizzata dalla divisione da 2 a 16 cellule dell'ovulo; 2) Pre-Embryo - fase che va da 4 a 7 giorni dalla fecondazione, caratterizzata dalla divisione dei blastometri da 16 a 200; 3) Embryo - fase che va dal 16 giorno in poi, caratterizzata dalla divisione da 200 blastociti in poi.

All'interno di questa schematizzazione devono essere segnalati due momenti significativi: 1) La trascrizione del genoma paterno solo a partire da 72 ore dalla fecondazione dell'ovulo (nel tempo che precede questo passaggio il genoma materno è l'unico genoma attivo, volto alla produzione di proteine necessarie alla produzione dei blastociti); 2) La formazione dell'asse cranio - caudale e la perdita della totipotenza delle cellule embrionali (14 giorno).

Quest'ultimo dato è particolarmente importante in quanto costituisce l'elemento significativo in nome del quale viene sancita la liceità della ricerca embrionale. Nell'articolo 15 del documento del Comitato Direttivo per la Bioetica (CDBI) del Luglio 1994 leggiamo:

*Lors qu'elle est admise par la loi, la recherche sur les embryons in vitro ne peut être autorisée que sur des embryons que n'ont pas été développés au-delà de quatorze jours.*<sup>15</sup>

Il *pre-embrione* è quindi considerato come un confine che segna la possibilità di intervento sperimentale sull'uomo. Potremmo considerare come elemento puramente formale questa definizione di *Embryo* e *Pre-Embryo*, restando su di un piano puramente biologico- convenzionale, ma se usciamo per un attimo dallo schematismo esasperato della biologa Mc Laren, vediamo che una contraddizione di fondo si delinea all'interno di questa posizione. L'embrione è -biologicamente parlando- il feto potenziale, o meglio, il feto nelle sue fasi che lo precedono. La potenzialità comporta una continuità in senso stretto, nel caso in questione una continuità lineare (*Conceptus* - *Pre-Embryo* - *Embryo* - *Fetus*), ma il concetto di continuità appartiene strettamente alla dimensione o interpretazione ontologica del feto stesso. La potenzialità implica un valore intrinseco del feto. Parlare di "fasi embrionali" assolutamente quantificate, significa individuare una serie di definizioni all'interno della linearità dello sviluppo embrionale ed attribuire ad esse un'importanza biologica -all'interno del processo di sviluppo embrionale-. Il paradosso è che tale visione "a salti", viene fatta convivere con la concezione ad essa antitetica, e cioè lo sviluppo dell'embrione come un *processo lineare* che si esplicherà/tradurrà nel feto stesso. La convivenza della concezione dell'embrione come dimensione biologica che trova nel 14 giorno della gestazione un momento che determina un cambiamento radicale della sua natura (tanto da attribuirgli dei diritti), accompagnata a quella dello sviluppo come *processo*, determina una contraddizione di fondo. Il pre-embrione in nome della sua potenzialità acquista dei diritti intrinseci indipendentemente dalla fase del suo sviluppo (trovare nel suo interno dei momenti biologicamente significativi non significa negarne la valenza di organismo in evoluzione), diritti che l'Articolo 15 del CDBI nega intrinsecamente, e che la scienza stessa non vuole. *La definizione del confine (14 giorno) è infatti introdotta dalla comunità scientifica, per evidenziare come il pre-embrione altro non sia che materiale biologico cellulare, su cui è lecito compiere sperimentazione*<sup>16</sup>. Se viene sposata la posizione della potenzialità dell'embrione si ammette la liceità dell'estensione del valore dell'embrione secondo un movimento a ritroso che si estende sino ai gameti stessi<sup>17</sup>. Uno studioso che sposa il paradigma della Mc Laren vedrà in un embrione al 10 giorno un assembramento cellulare, un altro che sposa la concezione classica della biologia vedrà un embrione nei suoi primi stadi di sviluppo. Eppure l'oggetto dell'osservazione è lo stesso (così come la luce è sempre la stessa), ma allora che cosa cambia in queste due posizioni? E' solo un problema di definizioni (problema accademico)?

Le dinamiche della Gestalt ci mostrano già a livello percettivo un'azione attiva del soggetto come "organizzatore" della realtà percepita, tuttavia nel nostro caso (luce, feto) al discorso percettivo si accompagna quello gnoseologico interpretativo. Quello che ci preme dimostrare è come la dimensione epistemologica influisca direttamente sulla stessa percezione della realtà. Parlare del pre-embrione e dell'embrione significa "vedere" in un ovulo fecondato di 10 giorni due cose diverse (semplice materiale biologico o un prossimo nascituro), così come parlare di materiale frutto di una combustione (CO<sub>2</sub>) in termini di flogisto o biossido di carbonio significa vedere due gas diversi (in questo caso il flogisto non è nemmeno un gas, ma una proprietà della materia - da cui un cambiamento sostanziale della visione della materia stessa).

### **2.c La percezione impregnata di teoria.**

La discussione di paradigmi antagonisti comporta quindi che sia "l'oggetto della percezione, oggetto di descrizione - ad essere - impregnato di teoria"<sup>18</sup>. *Il paradigma adottato si riflette sul mondo, attraverso meccanismi automatici di riferimento a fondamenti gnoseologici attraverso cui vedere la realtà.* Si potrebbe obiettare che la percezione di un soggetto, che sia semplicemente privo di coordinate gnoseologiche con cui

interpretare il reale, sia necessariamente priva di queste problematiche, che cioè l'immagine sia sostanzialmente percezione pura, e che solo in un secondo momento (attraverso l'azione dell'interpretazione) sia operata in essa una mediazione razionale interpretativa. In realtà le cose non stanno esattamente in questo modo. *Le percezioni non sono altro che una serie di interpretazioni del mondo, basate su esperienze precedenti.* Vista la vastità della letteratura sull'argomento<sup>19</sup> mi limiterò ad esemplificare due prove di questo asserto di natura profondamente diversa:

1) *lo studio sui principi di organizzazione automatica della Gestalt;*

2) *la teoria degli assembramenti cellulari di Donald Hebb.*

Opero questa scelta per la diversità metodologica di approccio al problema. La prima posizione nasce come osservazione della percezione umana *tout court*, la seconda riporta a cause fisiologiche questi processi.

### **3. La percezione non più oggettiva: i movimenti saccadi, la Gestalt.**

Gli studi di Kofka (1935) e Kohler (1940) mostrano dei meccanismi interni di organizzazione percettiva del soggetto che osserva un oggetto. Le tendenze universali di organizzazione di una serie di stimoli in gruppi che essi vennero a individuare sono di 5 tipi: prossimità, somiglianza, chiusura continuità e simmetria. Il soggetto organizza automaticamente dei dati di insiemi non ordinati, in sistemi ordinati. Tutto questo avviene non intenzionalmente. Altra forma di organizzazione innata è quella della così detta *figura su uno sfondo*. Essa consiste nella tendenza inconscia a percepire le cose (figure) emergenti contro uno sfondo. Tale è la forza dei meccanismi automatici della percezione delle *figure* da richiedere da parte del soggetto interessato uno sforzo per non rispondere a questi movimenti automatici di organizzazione percettiva. Altre costanti rilevate dagli studiosi gestaltici furono poi quelle della forma<sup>20</sup>, del colore<sup>21</sup>, della profondità<sup>22</sup> ecc.ecc. Non intendo qui analizzare tutti i passaggi che hanno determinato la formazione del paradigma gestaltico, quanto piuttosto soffermarmi ulteriormente sui meccanismi del "vedere".

Contrariamente a quanto si pensa l'osservazione di un oggetto passa attraverso dei movimenti del globo oculare che non procedono con moto continuo (poggiando lo sguardo sulle varie superfici del corpo da osservare), quanto piuttosto attraverso degli spostamenti veloci su determinati punti distinti dell'oggetto osservato (movimenti a *saccade*). Il tempo in cui il globo oculare fissa la propria attenzione su di un punto particolare è di circa 150 millisecondi (tempo di fissazione). I movimenti saccadi danno origine ad un'immagine retinica nitida solo per quella parte della figura che si proietta sulla fovea, il resto risulta tanto più sfumato quanto più lontano dalla fovea è il suo punto di proiezione. Il movimento dei globi oculari sopra la figura da vedere fa in modo che la fovea possa raccogliere i dettagli della visione. E' quindi un processo di velocissime messe a fuoco di porzioni minime della figura. La percezione visiva passa quindi attraverso un'organizzazione del soggetto, che visualizza particolari più significativi (ed indirizza il proprio movimento oculare in funzione di essi).

Consideriamo un esempio molto significativo. Il neurofisiologo Yarbus (1967), tramite l'applicazione di un minuscolo specchietto sul globo oculare di un paziente, è riuscito a ricostruire il tracciato dei movimenti saccadi nella visione di una statua. Tale esperimento mostra come esista un continuo movimento oculare che determina un'interazione tra il soggetto e l'oggetto nel momento della visione, dove il primo è sempre volto ad un'organizzazione della percezione in funzione di meccanismi determinati. Abbiamo detto che la percezione è profondamente legata alla teoria attraverso la quale il soggetto guarda il reale. La percezione pura sembra essere una costruzione ipotetica, molto più della domanda "se sposo un paradigma diverso da un altro come posso negare l'oggettività dell'oggetto da me osservato"? *Proprio perché il soggetto nell'accezione di un paradigma non fa' altro che ripercorre i meccanismi di interpretazione e filtro soggettivante della percezione, che compie ugualmente a livello inconscio.* Così come il soggetto (attraverso le leggi gestaltiche, o gli stessi meccanismi della visione) interviene sulla propria percezione della realtà, allo stesso modo (ed in maniera ancor più amplificata) il ricercatore che costruisce la propria "immagine del mondo" su di una coordinata paradigmatica, opera una interpretazione soggettivante della realtà che si riflette sulla sua stessa percezione del reale. Ma analizzeremo questo processo tra poco, prima dobbiamo chiarire altri meccanismi propri della percezione.

#### **3.a La teoria degli assembramenti cellulari di D. Hebb.**

D. Hebb in *Mente e pensiero*<sup>23</sup> si fa' promotore di una rivoluzionaria interpretazione dei meccanismi neurofisiologici della percezione e della capacità della mente di produrre - organizzare - memorizzare i pensieri. *Il fondamento della sua posizione va rintracciato nella sua affermazione che si possa dimostrare la permanenza dell'eccitazione all'interno del sistema nervoso (tra stimolo e risposta), e la capacità di autostimolazione ed elaborazione autonoma da parte del sistema stesso.* Hebb confuta la concezione del sistema nervoso come elemento passivo trasmettitore degli stimoli ricevuti, proponendo una visione dei meccanismi neurali come elementi attivi e *interpretativi* delle eccitazioni che il sistema stesso viene a subire. A tal fine egli postula l'esistenza di strutture atte a questa funzione (all'interno del sistema nervoso), chiamate *assembramenti cellulari*. Bisogna ora fare una velocissima premessa, per comprendere a fondo la portata di questa concezione rivoluzionaria. Il neurofisiologo Lorente de Nò negli anni '40 aveva già profondamente analizzato i sistemi di trasferimento neurale all'interno del sistema nervoso centrale, sottolineando la funzione primaria della corteccia cervicale nella trasmissione degli stimoli e nella risposta ad essi, ipotizzando una corrispondenza biunivoca e diretta tra gli stimoli e le risposte ad essi. Una corteccia così organizzata quando veniva raggiunta da un'eccitazione, poteva trasmetterla direttamente alla via motoria, o trasmetterla all'interno dei circuiti chiusi (sistemi auto -rieccitantesi), dilatando lo stimolo stesso ricevuto dal sistema. Da qui le problematiche sollevate da

Hebb. La concezione del Lorente de Nò (e del neurofisiologo Brogden) non chiariva bene la natura di questi "sistemi chiusi" contenuti nella corteccia, che venivano a svolgere la vera e propria attività di riorganizzazione degli stimoli recepiti dal sistema nervoso. Se tale sistema auto-rieccitantesi fosse costituito da due o tre neuroni la trasmissione dell'eccitazione trasmessa non poteva essere completa (né un circuito di tali dimensioni sarebbe stato in grado di sostenere l'energia sufficiente a garantire tale trasmissione), da qui l'interpretazione hebbiana:

"[Il sistema auto-rieccitantesi] ... doveva essere costituito da più sottocircuiti, sia per la sua "subnormalità" o fatica (...), sia per essere in grado di emettere un'eccitazione massiva sufficientemente massiva ad un altro sistema analogo da farlo scaricare. Potevo ritenere che se molti neuroni corticali vengono eccitati da un dato input sensoriale essi tendano a diventare interconnessi, e alcuni di loro almeno formano un sistema chiuso multiciruito. Alla fine chiamai tale sistema un assemblamento cellulare."<sup>24</sup>

Gli assemblamenti cellulari non sono altro, quindi che dei circuiti neuronici che entrano in sollecitazione per reciproca influenza -in modo svincolato dalla stimolazione esterna-, in sequenze differenziate. La trasmissione dello stimolo (si pensi al nostro discorso sulla visione) viene fisiologicamente mediata dal soggetto percepiente attraverso la riorganizzazione delle micro - messe a fuoco dei globi oculari, per poi essere ulteriormente riorganizzata attraverso i circuiti neurali relazionati (*assemblamenti cellulari*). *Il soggetto opera, una riorganizzazione della percezione sia nel momento della stessa, sia nel circuito neurale che la immagazzina (la memoria), o la interpreta.* Cade con Hebb -insieme a Luria e Vigotskiy- la visione di stampo cartesiano (accettata dalla psicologia e neurofisiologia della prima metà del secolo XX) del sistema nervoso come trasmettitore passivo delle informazioni. *Il soggetto interpreta continuamente la realtà.*

Pensiamo ai meccanismi del "vedere", se vediamo nel contempo due triangoli simili (angoli uguali) ma di diverse dimensioni, secondo una visione foveale (centrale), non abbiamo una visione di insieme immediata ma visioni saccadi che trasmettono dati alla corteccia. Il riconoscimento delle figure come "triangoli" avviene senza dover osservare tutte le sue parti<sup>25</sup>, quando c'è una familiarità con l'oggetto. Tale familiarità può essere di due tipi: 1) Familiarità dovuta all'esperienza (apprendimento che il soggetto compie nell'arco della sua esistenza<sup>26</sup>); 2) Familiarità dovuta alla credenza.

La prima dimensione trova significato nell'associazione di aspettative che genericamente seguono uno stimolo (si pensi ai tre angoli che formano un triangolo), attraverso meccanismi di relazione che costituiscono il modo usuale del soggetto di vedere il mondo; la seconda relazione (familiarità) risponde più compiutamente alle problematiche che stiamo esaminando (come un paradigma distorca la stessa visione oggettiva del reale). Il paradigma adottato dal ricercatore nella sua osservazione della realtà non è altro che la direzione associativa che egli stabilisce nello stesso riconoscimento dell'oggetto della sua osservazione.

### **3.b Paradigmi e percezione.**

Spesso il paradigma precede e condiziona, quindi l'interpretazione del fenomeno osservato, rendendo non oggettiva la stessa sperimentazione. Non stiamo parlando della quantificazione dei dati sperimentali (anche se la fisica di Heisenberg ha sollevato degli scogli enormi alle pretese di oggettività assoluta dei dati), né della scelta della casistica su cui costruire il paradigma (che abbiamo già detto viene fortemente influenzata da quanto il paradigma stesso intende dimostrare), stiamo parlando della stessa visione del mondo del ricercatore. I chimici sostenitori della teoria del flogisto vedevano la materia come intrinsecamente costituita da due componenti: atomi e flogisto<sup>25</sup>. Abbandonare questo paradigma significava rivoluzionare il proprio modo di osservare e concepire la materia stessa in quanto tale. Analogamente vedere in un embrione di 10 giorni solo del materiale biologico (pre-embryo), significa non concepire l'ovulo fecondato come il potenziale nascituro (attribuendo tale valenza all'embrione dopo il 14 giorno).

Brown, sulla scia di Hanson, a tal merito osserva che "è allora il significato della situazione osservata che viene a far parte della nostra conoscenza, e dunque gli oggetti della percezione significativa sono significati"<sup>27</sup>. Per significato di un oggetto osservato egli intende quelle connessioni che l'osservatore opera nell'introdurre l'oggetto della visione o nei circuiti neurali di familiarità o in quelli che permettono la comprensione di quanto viene osservato. *I dati sensoriali, quindi, devono essere colti come dati che il soggetto accumula introducendoli in un programma determinato.* Noi abbiamo cercato di dimostrare che in ogni caso (livello neurofisiologico, costanti della percezione), la percezione della realtà passa attraverso una mediazione filtrante del soggetto, e che la resistenza ad un nuovo paradigma nasce proprio dalla necessità di rielaborare e reintrodurre i dati sensoriali dell'osservatore in un nuovo sistema di significati, su cui ricostruire il mondo. L'osservazione scientifica è talmente connaturata a questi meccanismi da rivolgere la propria attenzione ai dati e alle casistiche non problematiche per i paradigmi su cui si costruisce il suo sapere. La stessa visione di elementi che non rispondono più all'organizzazione della realtà in un'ottica paradigmatica (il *rompicapo* kuhnniano), trova spazio e senso all'interno dello stesso paradigma (significato) messo in discussione. Un significato che si ritiene non più adeguato, ma che in ogni caso si costituisce come punto di riferimento per la scelta del "caso" da analizzare, anche se il risultato di questa analisi costituirà la distruzione del circuito paradigmatico dell'osservatore. La posizione browniana evidenzia la primalità del tessuto teorico rispetto all'osservazione stessa, dove l'oggetto della percezione visiva necessita una sua traduzione all'interno di un sistema di significati illuminanti per l'osservatore, determinando un fenomeno per cui siano le teorie a precedere e conferire significato all'osservazione (e non viceversa). Il paradigma (l'impianto teorico), in quest'ottica, non solo renderebbe il senso dell'osservazione, ma ne determinerebbe gli stessi campi di attenzione (in senso positivo come gli aspetti più

significanti in un fenomeno osservato, in senso negativo come quanto deve essere ignorato -o considerato non importante- perché in contrasto con il paradigma di appartenenza dell'osservatore).

Questa assolutizzazione si presta ad una critica fondamentale: se la percezione stessa è determinata e guidata dalla teoria dell'osservatore, come è possibile che spettatori diversi di fronte ad una figura (per esempio) vedano la stessa cosa? Se Lavoisier e Priestley osservano una pigna, per quanto sia differente la loro concezione della materia, la pigna resterà sempre tale. Brown è perfettamente consapevole di questo problema e a tal punto osserva che: *"La dicotomia che vede da una parte la percezione come un'osservazione passiva di oggetti, che sono ciò che appaiono essere, e dall'altra parte la percezione come la creazione dal nulla degli oggetti percettuali, non è affatto esaustiva. Esiste una terza possibilità secondo cui noi formiamo gli oggetti della nostra percezione a partire da un materiale già strutturato, ma ancora malleabile. Questo materiale percettuale (...) servirà a limitare la classe dei costrutti possibili, senza imporre un unico oggetto di percezione."*<sup>28</sup>

La percezione, quindi, resta una dimensione che si attua attraverso dei meccanismi filtro (i significati), ma questo non vuol dire che l'oggetto della visione viene assolutamente negato. *Non è (l'oggetto) uno schermo su cui noi proiettiamo il nostro impianto teorico, ma un oggetto che viene introdotto (nell'attimo della percezione) in un sistema di coordinate epistemiche, che solo di riflesso si traducono in esso.* L'oggetto resta sempre lo stesso (negare ciò significherebbe sposare la tesi della realtà come "illusione"); cambia il significato che l'osservatore viene ad attribuirgli, e con esso cambia lo stesso modo di vedere quanto osservato. Ma questo avviene analogamente ai meccanismi percettivi neurofisiologici. *Quello che voglio dire è che così come la percezione passa attraverso un'azione interpretante (si pensi quanto detto sui meccanismi degli "assemblamenti cellulari", o sui movimenti saccadi oculari, o semplicemente sulle dinamiche gestaltiche) del soggetto, allo stesso modo e su di un altro livello (il significato), l'osservatore introduce l'oggetto della visione in un circuito di significati che guidano la percezione - interpretazione del percepito. Gli elementi che intervengono nell'atto della percezione determinano una visione della realtà guidata dal paradigma di appartenenza dell'osservatore, sono quindi sia psicologici che culturali.*

### **3.c Psicologia e cultura nell'atto della visione e nell'attribuzione del valore.**

La dimensione psicologica evidenzia l'impossibilità di una visione neutra del reale, quella culturale la traduzione del percepito a livello di significato. I due momenti sono profondamente interrelati, e funzionali uno all'altro. Tale consapevolezza chiarisce come questa corrispondenza biunivoca si traduca nella percezione del mondo. Lavoisier e Priestley davanti ad una pigna vedono sì la stessa cosa, ma la pigna del primo è profondamente diversa da quella dell'altro. Priestley vede in essa legno e flogisto, Lavoisier solo legno. La divergenza non riguarda solo il piano dei significati, ma coinvolge in toto la stessa visione dell'oggetto. Quest'ultimo è profondamente diverso per i due chimici, e come tale è visto differentemente (pur restando se stesso oggettivamente è "un'altra cosa" per loro). Allo stesso modo l'esempio dell'embrione di 10 giorni è ancor più illuminante. Per i biologi (o medici) che sposano la distinzione "embryo / pre - embryo", un tale oggetto è solo materiale biologico, e per questo non gli attribuiscono quei diritti che sono riconosciuti all'embrione. Vedono in esso "altro" da quanto scorto dai loro antagonisti (coloro che non accettano questa divisione), pur trattandosi di un oggetto identico per tutti gli spettatori. Non pensiamo alle contraddizioni implicite ai meccanismi logici di questa posizione, soffermiamoci sulle sue conseguenze. Non si tratta di una discrepanza concettuale (il significato), ma di un diverso piano su cui introdurre la percezione. Il pre- embrione non è l'embrione, i due spettatori davanti ad un embrione di 10 giorni vedono effettivamente due cose diverse perché la loro visione è necessariamente guidata dall'impianto epistemico in cui calano l'oggetto della visione. *Da qui la consapevolezza di come l'abbandono di un paradigma scientifico, significhi (per il ricercatore) tornare a imparare a riconoscere il mondo.* Abbiamo sin qui mostrato la complessità dei processi (e delle conseguenze) che determinano l'influenza del paradigma kuhniano nell'osservazione del reale, cerchiamo ora di analizzare le conseguenze logiche della posizione del filosofo inglese all'interno della biologia.

### **4. La visione paradigmatica della scienza e la Biologia.**

L'analisi dei trattati di filosofia della scienza evidenzia una profonda discrepanza numerica tra i volumi dedicati alle scienze "esatte" (matematica, fisica, chimica) e quelli che si interrogano sulle scienze della vita. Sembrerebbe che la biologia sia una disciplina che non implichi delle problematiche -e contraddizioni- così profonde da costituire motivo per un'analisi rigorosa delle proprie peculiarità. In realtà le cose non stanno così. La biologia si costruisce come scienza bipolare (qualitativa e quantitativa), intrinsecamente legata alla propria dimensione *polifonica*. La biologia è intrinsecamente legata alla convivenza di diverse discipline scientifiche che si accompagnano nello sforzo di indagare i fenomeni della vita. La possibilità di privilegiare alcuni strumenti euristici invece che altri (si pensi all'utilizzo degli strumenti statistico-matematici della genetica popolazionale, rispetto ai concetti di teleonomia e invarianza genica della microbiologia evolutivista) conduce l'indagine biologica a conclusioni spesso assolutamente contrastanti tra loro -si pensi alle teorie evolutivistiche di Eigen e Kimura, rispetto a quelle di Jacob o Monod-. A questa convivenza di paradigmi scientifici contrastanti si accompagna la complessità dell'oggetto dell'indagine biologica: i meccanismi della vita.

Pensiamo al DNA. Ci troviamo di fronte ad una macromolecola che ha una propria identità chimica (sequenza di basi), è sottoposta a leggi fisiche (le leggi termodinamiche), muta nel tempo (fenomeni mutazionali) pur restando sostanzialmente identica a sé (l'invarianza genica), è costituita da elementi attivi (esoni) e apparentemente passivi (introni), contiene gli elementi della diversità biologica delle specie, pur essendo sostanzialmente identica per

tutte le specie viventi (le basi ATGC), appartiene al singolo individuo (costituisce il suo genoma), e nello stesso tempo è frutto di un processo di accumulo di dati che risale alle prime forme di vita (4.000.000.000 di anni). Se poi a tutto questo aggiungiamo il fatto che il genotipo si traduce in fenotipo, allora a queste peculiarità del patrimonio genetico di un individuo, si aggiungono altri elementi quali: l'influenza dell'ambiente, della cultura, della società (e così via). Alla complessità strutturale del DNA si accompagna la complessità relazionale tra l'individuo stesso e il mondo in cui vive. E non dobbiamo pensare che queste due dimensioni siano separate l'una dall'altra, sia perché il genotipo non è che la traduzione delle istruzioni genotipiche, sia perché la relazione fenotipica tra l'individuo biologico e il mondo in cui vive, si traduce nella stessa struttura genetica (si pensi agli elementi patogeni in cui spesso l'individuo vive -inquinamento, radiazioni, alimentazioni ...). A rendere ancora più complessi i fenomeni biologici è anche la dimensione teleonomica, la selezione naturale, il ruolo dell'organismo nell'ecosistema in cui vive. Tutto questo evidenzia l'estrema complessità del DNA -come oggetto di ricerca-, e la sua polivalenza intrinseca. Una complessità che raggiunge dei livelli quasi inimmaginabili (si pensi che il numero di combinazioni delle basi azotate di un genoma umano è di  $10^{600}$ ), e che non trova nelle scienze "esatte" (matematica, fisica, chimica) una dimensione esaustiva ai problemi e alle peculiarità dei propri fenomeni.

La biologia, contrariamente a quanto può essere pensato, non solo non trova nelle scienze fisiche una chiave esaustiva attraverso cui interpretare le peculiarità dei propri fenomeni, ma presenta, rispetto ad esse, un grado di complessità estremamente maggiore. È molto strano che ad una tale complessità non corrisponda un'analisi di epistemologia scientifica adeguata, ma questo avviene per due ragioni: 1) la difficoltà di circoscrivere un fenomeno biologico ad una dimensione definita (o quantomeno leggibile attraverso strumenti euristici esaustivi -si pensi a quanto osservato prima riguardo al DNA-); 2) la surspecializzazione delle scienze biologiche, e la mancanza di dimensioni interpretative di fenomeni in larga scala (le teorie biologiche sono difficilmente riportate alla dimensione macroscopica, privilegiando piuttosto quella microscopica).

La complessità dei problemi che la realtà biologica ha connaturata in sé, ci costringe ad analizzare le problematiche che essa (la biologia) sottende secondo punti di vista prospettici differenti. La biologia è una scienza in cui convivono dimensioni euristiche che si evolvono tramite l'utilizzo di diversi strumenti di analisi. Questo significa che il confronto con questi approcci diversi ai fenomeni biologici consente la presa di coscienza di dimensioni problematiche apparentemente marginali, ma che prendono sostanza e forma ad uno studio più attento dell'argomento. Nel corso di questo scritto abbiamo cercato di analizzare paradigmi scientifici e metodi euristici diversi. Il nostro intento era ben preciso: comprendere la natura epistemologica della biologia e riportarle alle tesi di Kuhn. Le argomentazioni e le problematiche sollevate ne *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, rimandano continuamente ad esempi appartenenti alla fisica o alla chimica. C'è un motivo per tutto questo? E come si riflette la concezione kuhniana all'interno della struttura delle scienze biologiche? C'è un motivo per cui lo studioso ha tralasciato la biologia?

Per rispondere a queste questioni dobbiamo interrogarci sulle peculiarità di questa scienza. La biologia non si presta alla teoria di paradigmi kuhniani per una peculiarità ben precisa: essa comprende in sé varie discipline diverse tra loro. Possiamo in tal senso parlare della biologia come di una dimensione euristica sincretica (si pensi alla fisica - i principi della termodinamica-, alla chimica -i meccanismi della chimica molecolare-, la matematica -gli studi statistici della genetica molecolare-), o di una scienza multidimensionale (dove le dimensioni sono le discipline che si interrogano su un fenomeno biologico); in ogni caso rimane primaria la consapevolezza che l'analisi di un fenomeno biologico necessita un approccio polivalente (nel senso che uno stesso fenomeno, inquadrato in ottiche e logiche scientifiche diverse, viene ad assumere significato plurimo). Oltre a questa difficoltà di ordine metodologico, non dobbiamo dimenticare che la biologia ci porta a misurare con strutture estremamente complesse.

Pensiamo alla genetica. Il ricercatore deve fronteggiare due livelli di complessità molto pregnanti: 1) Una complessità strutturale (il genoma) al limite dell'immaginabile (e di conseguenza un insieme enorme di dati da analizzare -3,5 miliardi di basi nel genoma umano-); 2) Una complessità storica (il DNA come sistema di informazioni che risalgono agli albori della vita). La prima dimensione rimanda al *microlivello* del DNA - inteso come struttura chimica da studiare nelle sue meccaniche interne-; la seconda al suo *macrolivello* - la traduzione sul fenotipo, le dinamiche popolazionali, ma anche i fenomeni di invarianza e teleonomia-. In realtà (nell'esempio da noi portato) non si può parlare di una netta distinzione di queste due dimensioni, questo perché esiste una "circolarità" logica (interna ai meccanismi genetici), tale che l'analisi di un fenomeno (per esempio le mutazioni), rimanda strettamente (e trova chiarificazione) ai meccanismi chimico-fisici molecolari che lo precedono e che lo seguono immediatamente (dinamiche popolazionali, fattori e problemi di evoluzione, incidenza ambientale). Questa complessità, che innesta altre complessità di altra natura (e che riporta al suo punto di partenza), rende la biologia una disciplina pluridirezionata, e fortemente complessa.

**5. Conclusioni: la biologia come scienza polifonica.** La biologia è una scienza "*polifonica*". È paragonabile ad un coro di voci autonome che si contrappongono (le varie discipline della biologia che studiano uno stesso fenomeno), che si incrociano (cercando di approfondire le dinamiche che meglio si prestano alle peculiarità delle proprie specializzazioni), che si isolano o si contrastano (è inutile sottolineare come le dispute tra posizioni "paradigmatiche" antagoniste sia una costante in questa disciplina). E nello stesso tempo essa metodologicamente "dà voce a molte voci diverse" (per voci si intendano le varie discipline scientifiche). Il

paradigma kuhniano riguarda "una" delle voci che concorrono al "coro", che è l'indagine biologica (si pensi alla fisica o alla chimica); ma abbiamo già osservato come le scienze della vita aprono una serie di problematiche strettamente interrelate tra loro, non "confinabili" in leggi assolute, o paradigmi consolidati. I paradigmi, che Kuhn analizza, possono riflettersi sulla biologia (in quanto attinenti ad una disciplina che concorre all'indagine biologica), come evoluzioni di una coordinata euristica (una disciplina delle scienze fisiche) che indaga un fenomeno biologico, ma essi non intaccano le teorie biologiche. E questo perché la mancanza della dimensione della "legge" scientifica (nel senso di legge assoluta -si pensi alle leggi della fisica, o ai teoremi matematici-), rende la biologia una *scienza particolare*, nel suo bipolarismo di scienza qualitativa e scienza quantitativa (o meglio "quantificata"). Un paradigma ha bisogno di essere consolidato e considerato coordinata gnoseologica esaustiva all'interno di una scienza. Solo a partire da questo riconoscimento (dato dalla comunità scientifica, o dalla casistica o logica giustificatoria) possono innestarsi quelle dinamiche che portano alla rivoluzione scientifica paradigmatica.

#### Note

1) T. S. Kuhn *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* Torino Einaudi 1978 pp.251

2) Ibidem p.44

3) I. Newton I. *Opticks* 1730 London. Per ulteriori analisi delle contraddizioni della filosofia newtoniana si veda : Rogers G. *Locke's Essay and Newton's Principia* in *Journal of the History of Ideas* XXXIX 1978 pp.217-32, *Locke Newton and the Cambridge platonists* nella stessa rivista 1979 pp.191-205, o *The empiricism of Locke and Newton* in AA.VV. *Philosopher of the enlightenment* a cura di S. Brown Royal Institut of Philosophical Lecctures Brighton 1979.

4) I. Newton *Philosophiae Naturalis Principia mathematica* 1687.

5) S. Amsterdamski *Tra la storia e il metodo* Roma Theoria 1986 p.118.

6) Nell'ipotesi mendeliana ognuno dei due alleli possiede identica probabilità (1/2) di essere trasmesso alla prole. Consideriamo l'incrocio di due alleli dello stesso carattere (A e A'). Dal momento che entrambi gli alleli sono uguali (AA,A'A') la probabilità di trasmettere l'allele dominante da parte dell'individuo omozigote dominante è uguale a 1 (evento certo); lo stesso discorso vale per la probabilità di trasmettere l'allele recessivo da parte dell'individuo omozigote recessivo. Gli individui della F1 hanno un allele dominante e uno recessivo. Genotipicamente sono AA' (eterozigote), fenotipicamente sono determinati dall'allele dominante. L'incrocio fra due individui F1 richiede un'analisi più complessa. Ciascun gamete infatti può contenere con identica probabilità = 1/2 tanto l'allele A quanto quello A'. Le probabilità che nello zigote si formi una particolare combinazione di alleli è data dal prodotto delle probabilità con cui ciascun allele può essere contenuto nei gameti. Un individuo con fenotipo recessivo possiede entrambe le particelle per il suo carattere recessivo. Il suo genotipo è AA, la probabilità che egli abbia ricevuto un allele A da un genitore eterozigote AA' è = 1/2. Stesso vale per il secondo allele. La probabilità che due eventi casuali indipendenti si verificino è data dal prodotto delle probabilità dei singoli eventi:  $P(A'A') = P(A') \times P(A') = 1/2 \times 1/2 = 1/4$ . Secondo il modello probabilistico alla F2 gli individui omozigoti dominanti sono anch'essi in proporzione di 1/4 sul totale:  $P(AA) = P(A) \times P(A) = 1/2 \times 1/2 = 1/4$ , mentre gli individui eterozigoti assommano a 1/2 del totale:  $P(AA') = P(A) \times P(A') = 1/2 \times 1/2 = 1/4$ ,  $P(A'A) = P(A') \times P(A) = 1/2 \times 1/2 = 1/4$ ,  $P(AA') + P(A'A) = 1/4 + 1/4 = 1/2$ .

7) D. Hofstadter *Goedel, Escher, Bach* Milano Adelphi, p.18

8) T. Kuhn op. cit. p.176

9) "Quando i paradigmi mutano, si verificano di solito importanti cambiamenti nei criteri che determinano la legittimità sia de problemi che delle soluzioni proposte" Kuhn op cit. p.138. Rimandiamo in ogni caso il lettore all'analisi storica compiuta dal filosofo sui meccanismi paradigmatici della scienza.

10) "Lavoisier (...) vide l'ossigeno là dove Priestley aveva visto l'aria deflogizzata e dove molti altri ricercatori non avevano visto assolutamente nulla. Per imparare a vedere l'ossigeno, però, Lavoisier dovette modificare la propria concezione di sostanze più familiari. Ad esempio egli dovette vedere un minerale composto là dove Priestly e i suoi contemporanei avevano visto una terra elementare, ed oltre a questo vi furono altri cambiamenti del genere. In conseguenza della scoperta dell'ossigeno Lavoisier riuscì come minimo a vedere la natura in modo differente." Ibidem p.147

11) D. Partington *A short history of chemistry* London 1951 pp.73-85, 90-120

12) La psicologia della Gestalt (Gestaltpsicologie o Gestalttheorie) è una branca della psicologia che si basa sui lavori di Wertheimer (1880 - 1917), Kohler (1886 - 1941) e Koffka (1887 - 1967). Essa asserisce che nell'osservazione empirica esiste un processo di organizzazione che il soggetto opera privilegiando alcune qualità degli oggetti esperiti. La qualità della percezione non è data quindi dagli elementi (secondo una corrispondenza biunivoca tra complessi di stimoli e rendimento percettivo), ma dalle relazioni che intercorrono tra essi, dalla loro struttura. Da qui la posizione che asserisce che il tutto di un oggetto percepito viene colto in modo differente rispetto alle parti che lo compongono. Per ulteriori chiarimenti si veda : Legrenzi *Storia della psicologia* Bologna Il Mulino 1982 pp.111 - 147, o D.Hebb *Mente e pensiero* Bologna Il Mulino 1980 pp.248

13) La reciproca incompatibilità di questi due principi è superata dal principio di complementarità di Bohr, secondo cui le radiazioni luminose sono una ristretta sezione delle radiazioni elettromagnetiche tutte

propagantesi con la velocità della luce, componenti sia le onde radio che i raggi infrarossi, ultravioletti, gamma, raggi X ecc. ecc. Il principio di Bohr non costituisce un modello esaustivo alle problematiche sollevate dai fisici, determinando lo schieramento di parte della comunità scientifica ora a favore di un paradigma (la natura corpuscolare), ora dell'altro (i fotoni).

14) Per ulteriori delucidazioni si vedano gli atti della conferenza raccolti nel volume AA.VV. *Human Embryos and research* Campus Verlag 1988

15) *Project de convention pour la protection des droits de l'homme et de la dignité de l'etere humain a l'egard des applications de la biologie et de la medicine: Convention de bioethique et rapport explicatif* Direction des Affaires Juridique Strsbourg Juillet 1994

16) Si veda riguardo l'argomentazione che H.Engelhardt in *Manuale di bioetica* Milano Saggiatore 1991 pp451. sostiene. L'autore parla infatti di una non potenzialità del feto come persona futura. Egli attribuisce valore alla persona come valore morale, nel caso dell'infante il valore che esso possiede è quello attribuitogli dai genitori (la madre in modo particolare). Da qui la negazione di un qualunque valore intrinseco dell'embrione, ma solo di un valore riflesso. Posizione a questa antitetica la troviamo (oltre che in tutte le trattazioni di stampo cattolico o ontologico) in Wolfgast *La grammatica del giudizio*.

17) Ritengo che la biologia (o la medicina), non abbia posto come problematiche le dinamiche concettuali implicate nelle proprie posizioni, non si sia misurata con l'operazione meta-logica (o meglio metaetica) su cui costruire le proprie concezioni. Il concetto di potenzialità rimanda alla dimensione ontologica del feto (non rendendo lecito l'aborto, fecondazione artificiale, terapie geniche germinali ecc.), la concezione dello sviluppo embrionale a fasi (embrione - pre-embrione), fatta convivere con tale concezione (l'embrione come "feto futuro"), non autorizza a operare delle azioni che neghino i diritti dell'embrione stesso -anche prima del 14 giorno- (si pensi alla sperimentazione o riproduzione artificiale). Inconsciamente la biologia si è soffermata su un'azione definitoria che si invalida in se stessa. Il discorso cambierebbe se queste precisazioni altro non fossero che problemi terminologici, o definizioni gnoseologiche particolari, ma, come tali, esse non avrebbero dovuto influire sulla concezione etico-giuridica dell'oggetto di cui trattano (i diritti dell'embrione). Eppure l'Articolo 15 del CDBI ci mostra come questo non avvenga. Il problema è che l'azione definitoria della biologia in ambito bioetico deve porsi problematicamente sui propri sistemi di riferimento gnoseologici e sulle loro implicazioni a livello etico-giuridico. Essa deve definire una propria logica (e interrogarsi sul significato delle asserzioni su cui si costruisce), sin quando riterrà le proprie specificazioni (sia a livello di meccanismi che a quello degli oggetti del proprio campo di studio) come sensate in quanto "osservabili" scientificamente (e quantificabili tramite dati) non si misurerà con le contraddizioni intrinseche delle posizioni che essa stessa difende. La biologia è intrinsecamente legata alla filosofia, anche se questa consapevolezza tarda a trovare dei riscontri nella stessa comunità scientifica. Si pensi alle domande che possono essere sollevate alla definizione del confine pre-embrione -embrione: Perché il 14 giorno?, Cosa autorizza ad attribuire a questo momento il confine del significato intrinseco dell'embrione? Cosa è veramente importante per ammettere un limite, e tale limite a chi deve essere riferito: alla differenziazione cellulare, al feto in quanto senziente, alla società (sia essa la comunità scientifica, sia essa la coppia d appartenenza, sia essa la madre ecc. ecc.)? E cosa sancisce i diritti del feto? ecc. ecc.

18) Brown *La nuova filosofia della scienza* Bari Laterza 1988 p.92

19) A tal riguardo per i testi che non analizzeremo si vedano: Cesa-Bianchi *La percezione* Milano Angeli 1970, Oatley *Percezione e rappresentazione* Bologna il Mulino 1984, Hochberg *Psicologia della percezione* Firenze Giunti-Martello 1975, Gerbino *La percezione* Bologna Il Mulino 1983 per es.

20) "La costanza della forma è la tendenza a percepire gli oggetti come se avessero la stessa forma nonostante questa abbia delle variazioni notevoli quando si proiettano sulla retina". Darley, Glucksberg, Kaim, Kincla *Psicologia* Bologna Il Mulino 1986 p.115 (si veda tutto il capitolo sulla percezione pp.105-135).

21) "la luce riflessa sui vostri occhi dalla pelle di un'altra persona varia con il tipo di illuminazione nella stanza(...) eppure il colore della pelle non sembra cambiare. Questo processo è chiamato costanza del colore (...) e dà stabilità alle nostre percezioni". Ibidem. p.116

22) Fenomeni di illusione di profondità degli oggetti dovuti alla visione bioculare umana.

23) D. Hebb *Mente e pensiero* Bologna Il Mulino 1980 pp.253

24) Ibidem. p.153

25) Hebb sottolinea come lo studio dei movimenti oculari (tachistoscopio) applicato ad un soggetto adulto e a un bambino mostra chiaramente che il primo non scorga tutti gli elementi di una figura ma solo alcuni di essi, mettendo in moto dei meccanismi di riconoscimento automatico delle parti mancanti e del toto dell'oggetto, tramite associazioni di idee che porgono immediatamente la soluzione di cosa lo spettatore stia in realtà guardando. Hebb op. cit. p.155- 57

26) Il riconoscimento passa attraverso percorsi di assembramenti cellulari che direzionano il tragitto del sistema dei circuiti neurali che collegano allo stimolo la risposta. Si può in tal senso parlare di un'educazione del bambino alla sua percezione del mondo (sia per motivi di neurofisiologia che per meccanismi di apprendimento).

27) Brown op. cit. p.98

28) Ibidem. p.106. E ancora: "La tesi per cui la pregnanza teorica delle percezioni implicherebbe il relativismo è plausibile solo qualora si accetti il presupposto precedente secondo cui soltanto l'osservazione di dati liberi da teorie può fornirci dei motivi per accettare una teoria anziché un'altra" ibidem. p.107

### Riferimenti bibliografici

- Amsterdamski S. *Tra la storia e il metodo* Roma Theoria 1986 pp.253
- Brown J.R. *Perceptio, theory and commitment. The new philosophy of science* Precedent publishing 1977 pp.233
- Darley, Kamin, Kincla, Glucksberg *Psychology* New York 1983 pp.371
- Darwin C. *L'evoluzione* Milano Newton 1994 pp.1019
- Dawkins R. *Il gene egoista. La parte immortale di ogni essere vivente* Milano Mondadori 1995 pp.354
- Dulbecco R. *I geni e il nostro futuro* Milano Sperling & Kupfer ed. 1995 pp.220
- Eigen M. *Prospettive della scienza* Bari Laterza 1991 pp.185
- Hacking I. *Conoscere e sperimentare* Bari Laterza 1987 pp.343
- Hebb D. *Mente e pensiero* Bologna Il Mulino 1982 pp.243
- Hempel C.G. *Aspetti della spiegazione scientifica* Milano Il Saggiatore 1986 pp.242
- Hofstadter D.R. *Goedel, Escher, Bach* Milano Adelphi 1992 pp.852
- Jacob F. *Evoluzione e bricolage* Torino Einaudi 1978 pp.81
- Khun T. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* Torino Einaudi 1978 pp.251
- Khun T. *The essential tension* Chicago Un. of Chicago Press. 1977 pp.210
- Legrenzi P. *Storia della psicologia* Bologna Il Mulino 1982 pp.288
- Mayr E. *Biologia ed evoluzione* Torino Boringhieri 1982 pp.112
- Monod J. *Il caso e la necessità* Milano Mondadori 1967 pp.190
- Newton I. *Opticks* 1730 London, *Philosophiae naturalis principia mathematica* 1687 London
- Partigon A *short history of chemistry* London 1951 pp.170
- *Project de convention des droits de l'homme et de la dignité de l'etre humain à l'égard des applications de la biologie et de la medicine: Convention de Bioethique et rapport explicatif* Direction des affaires juridique Strasbourg Juillet 1994
- Ridley M. *I problemi dell'evoluzione* Bari Laterza 1989 pp.205
- Svetti, Schuster *Biophysics and chemistry* 1982 n°16
- Watson J.D. *The molecular biology of the gene* Menlo Park. Calif. 1976 pp.470