

Premessa

Questi atti sono stati solo parzialmente rivisti dai partecipanti. Il resoconto del dibattito è stato fatto dal Prof. Andrea Porcarelli. La redazione finale è di P. Sergio Parenti. Ci scusiamo per errori od omissioni, che vi preghiamo di segnalarci scrivendo direttamente a quest'ultimo (Convento S. Domenico, Via Tre Febbraio 3, 41100 MODENA, tel. 059-222958).
(attenzione ! L'indirizzo era valido nel 1996)

Sommario

| | |
|---|----|
| Premessa | 1 |
| Elenco dei partecipanti a Scienza e Metafisica 1996 | 2 |
| Presentazione | 2 |
| Venerdì 27 settembre 1996 - sera | 3 |
| Sabato 28 settembre 1996 - Mattina | 4 |
| Sabato 28 settembre 1996 - Pomeriggio | 9 |
| Iniziano i lavori di gruppo: | 10 |
| fondamento realistico della causalità finale e suoi diversi aspetti | 10 |
| forma, informazione, archetipi..... | 10 |
| statuti epistemologici delle teorie finalistiche..... | 10 |
| Domenica 29 settembre - mattina | 10 |
| Presentazione dei lavori di gruppo..... | 11 |
| Gruppo di lavoro su: il problema della causalità finale e il suo fondamento realistico | 11 |
| Gruppo di lavoro su: forma, informazione, archetipo..... | 12 |
| precisazioni di significati | 12 |
| forma..... | 12 |
| informazione | 12 |
| archetipo | 13 |
| l'approccio delle scienze della natura | 13 |
| l'approccio metafisico..... | 13 |
| Gruppo di lavoro sullo statuto epistemologico di una teoria scientifica capace di accogliere il finalismo..... | 14 |
| 1) Preambolo introduttivo | 14 |
| 2) Aperture al finalismo nell'ambito della fisica | 14 |
| 3) Il finalismo in biologia | 15 |
| 4) Alcune considerazioni conclusive | 16 |
| Contributo integrativo del dott. Sacchetti consegnato in fase conclusiva del convegno, la mattina del 29 settembre..... | 16 |
| APPENDICE 1 | 17 |
| Schema sintetico del lavoro dello scorso anno | 17 |
| APPENDICE 2: CONTRIBUTI SCRITTI | 19 |
| Binotti | 19 |
| Dallaporta | 23 |
| Fondi..... | 28 |
| Gherardi..... | 36 |
| Sarti..... | 37 |
| Spadoni | 37 |
| Strumia | 40 |

Elenco dei partecipanti a **Scienza e Metafisica 1996**

A fianco dei nomi viene indicata la disciplina di competenza di ciascuno.

BEGNOZZI Dr. Luca (filosofia)
 BERTELE' fr. Franco O.P. (stud. di teologia, ing. elettronica)
 BERTUZZI P. Giovanni O.P. (filosofia e teologia)
 BINOTTI Prof. Giovanni (filosofia)
 CAVALCOLI P. Giovanni O.P. (filosofia e teologia)
 DALLAPORTA Prof. Nicola (astrofisica)
 DAMIANI Dott. Vincenzo (geologia, ecologia)
 FONDI Prof. ROBERTO (paleontologia)
 FRANCESCHINI fr. Lorenzo O.P. (filosofia, stud. di teologia)
 FRATTINI Ing. Fabio (ing. nucleare)
 GHERARDI Prof. Danilo (psichiatria)
 MALAGUTI Prof. Maurizio (filosofia)
 OLMÍ fr. Antonio O.P. (stud. di teologia)
 PAOLI Dott. Marzio (biologia, teologia)
 PARENTI P. SERGIO O.P. (teologia)
 PORCARELLI Prof. ANDREA (filosofia)
 SACCHETTI Dott. Aldo (medico)
 SALUCCI fr. Alessandro O.P. (stud. di teologia)
 SARTI Prof. Eugenio (ingegneria, informatica)
 SECCO Prof. Luigi (astronomia)
 SOLAROLI Andrea (stud. di fisica)
 SPADONI Prof. Alfredo (fisica, matematica)
 STRUMIA P. Alberto O.P. (fisica, filosofia)

Presentazione

Da più di dieci anni ci incontriamo. Si tratta solo di un breve fine settimana, e una sola volta all'anno. Ma gli incontri sono il momento di verifica e di stimolo di una ricerca comune vissuta con una certa continuità, non tanto per il breve resoconto di quanto si è detto, quanto per un interesse comune che ci lega.

Questo interesse, in un clima di amichevole franchezza, aiuta ad esprimere agli altri i propri convincimenti più profondi, senza obbligare i partecipanti a parlare in quanto rappresentanti di una specifica e delimitata disciplina piuttosto che in quanto uomini.

Intendiamoci: non vi è nessun desiderio di confusioni e nessun atteggiamento eclettico. La preoccupazione per il rigore metodologico, anzi, ci ha portati a trattare fin troppo spesso argomenti di metodo ed epistemologia. Ma intorno al nostro tavolo il filosofo, che pure avverte l'interesse umano per argomenti scientifici, parla anche di scienza, e lo scienziato parla anche dei suoi convincimenti filosofici.

Emerge così un'immagine del nostro sapere più corrispondente alla realtà delle domande che ognuno si pone.

La rivoluzione scientifica galileiana portò ad una eccessiva separazione tra natura e "spirito", tra razionalità scientifica e sapere umanistico. Come su due binari paralleli, i due mondi della ricerca non rischiavano più di interferire. Noi ci rendiamo conto che questo modo di vedere non soddisfa le esigenze dell'uomo. La scienza si è accorta di esser restata vincolata a presupposti di natura filosofica, ed il filosofo sente il bisogno di trovare un punto di vista che abbracci anche i risultati della ricerca propriamente scientifica.

Non è un mistero che la visione "ufficiale" delle scienze, fisica, chimica e biologia soprattutto, mantenesse presupposti che sono stati detti "metafisici". Dai nostri ultimi incontri è emerso uno sviluppo. Soprattutto da questo ultimo, dove diversi uomini di scienza hanno espresso in modo chiarissimo i loro convincimenti sul tema del "fine" in termini di "archetipo".

Questo può scandalizzare chi si sente ancora vincolato dal postulato dell'oggettività della natura, come esposto da Jacques Monod nel suo celebre libro *Il caso e la necessità*¹. Ma conviene pensare invece che dopo la classica visione democritea, vi è chi preferisce una visione neoplatonica.

Il problema è più a monte. Non è difficile, per uno storico della filosofia, individuare nelle posizioni che vengono espresse in queste pagine posizioni analoghe a quelle che dividevano, nella Parigi del tredicesimo secolo (o negli ultimi secoli dell'Impero romano, o nella precedente cultura greca) i diversi modi di comprendere il nostro mondo.

¹ Mondadori, Milano 1970, pp. 29-30.

Dunque l'argomento "scienza e metafisica" resta attuale, ed esigerà, a fianco dei problemi epistemologici, anche un serio dibattito metafisico.

Venerdì 27 settembre 1996 - sera

ORGANIZZAZIONE DEI LAVORI

STRUMIA: presentazione dello schema sintetico (*vedi appendice 1*) del lavoro del 1995:

- a) domande propedeutiche
- b) schema riassuntivo,
- c) conclusioni - problemi aperti dei gruppi di lavoro che hanno sintetizzato i lavori dello scorso anno.

Tutti i temi da noi trattati non nascono dalla filosofia, ma dalle scienze: nelle varie discipline, in questi ultimi anni, sono nate questioni filosofiche fondamentali (si pensi al problema della "complessità" che attraversa diverse discipline, dalla biologia alla matematica) che pongono problemi epistemologici e metafisici di notevole livello. Inoltre l'esplosione di queste problematiche ha creato una crisi dell'approccio riduzionistico che suggerisce un approccio di tipo diverso, che noi chiamiamo analogico. Per questo il primo problema che poniamo è quello della razionalità analogica.

Un secondo grosso problema emerso (soprattutto dall'ambito dei fisici) è la questione del rapporto tra determinismo e indeterminismo.

Il terzo filone (tema precipuo di questo anno) è il problema della ricomparsa del tema del finalismo nelle varie discipline scientifiche: vorrei sottolineare come tali esigenze in genere e questa in particolare nascono "dall'interno" della ricerca scientifica e non come un'etichetta appiccicata dall'esterno.

La tabella (*vedi appendice 1*) mette in colonna queste tre tematiche e in riga gli ambiti in cui tali tematiche emergono in modo più significativo. Abbiamo proceduto in primo luogo spiegando i termini scientifici utilizzati nei vari ambiti, quindi abbiamo cercato di cogliere alcune valenze filosofiche di tali tematiche (insufficienza dell'approccio riduzionistico, la necessità di una assiomatizzazione ampliata, il finalismo nelle teorie scientifiche e in senso filosofico). FONDI: ho letto con interesse il dibattito del '94; per quanto concerne il dibattito dell'anno scorso vorrei chiedere di riprendere la nozione di "razionalità analogica".

STRUMIA: nell'ultima parte del mio sunto ho raccolto le ultime righe (conclusioni) del lavoro di ogni gruppo dello scorso anno, che rimando alla vostra lettura (*vedi appendice 1*). In conclusione abbiamo segnalato alcuni spunti per un ulteriore approfondimento.

Per proseguire con il nostro lavoro non possiamo certo ricominciare da capo e dobbiamo indirizzarci sul tema specifico del finalismo.

BERTUZZI: vorrei ricordare il carattere marcatamente "interdisciplinare" di questi convegni, rivolti a persone che si occupano di discipline diverse, ma che riflettono su temi comuni. A questo punto domando se vi sono richieste di chiarimenti, quindi programmeremo la giornata di domani, tenendo conto che in questo convegno dobbiamo cercare di trovare qualche risposta ai problemi appena presentati da P. Strumia.

DALLAPORTA: proporrei di chiedere innanzitutto ai biologi presenti di esprimere il loro punto di vista a proposito delle questioni emerse lo scorso anno (visto che non avevamo biologi).

STRUMIA: vale forse la pena di spendere ancora una parola sul modo in cui nacque l'esigenza di trattare questo tema ("fisica e biologia: due statuti epistemologici a confronto"): dagli anni '60 - e da quando ci si è iniziati a porre in modo serio alcuni problemi sul mondo del "non lineare" - in avanti un certo tipo di problemi, che i biologi avevano sempre avuto, hanno iniziato a passare anche all'interno di discipline più "galileiane" (come la fisica matematica). Dal punto di vista epistemologico gli schemi riduzionisti, applicati al metodo delle scienze hanno portato al sogno di ricondurre tutte le scienze ad un unico modello epistemologico, cioè "ridurle" allo schema epistemologico della fisica. Con l'esplosione del "non lineare" questo non è più possibile; per la biologia probabilmente questo era abbastanza evidente, ma è importante il fatto che il problema sia sorto anche all'interno delle discipline maggiormente a vocazione riduzionistica. Questo è il filo di pensiero che ci ha guidato. In questo senso abbiamo parlato di razionalità analogica: esistono modelli epistemologici differenziati e "irriducibili" tra loro.

SARTI: vorrei tirare fuori un'altra parola chiave "retro-azione" (feed-back) e questo per tre ragioni:

- 1) il tema della complessità e della non-prevedibilità si lega contemporaneamente a due fatti: la non linearità in un sistema che non abbia anelli chiusi non conduce alla crisi della prevedibilità, mentre essa entra in crisi se assieme ad esso entrano in gioco sistemi ad anelli di retroazione;
- 2) c'è una bellissima intuizione di Norbert Wiener per cui il concetto di retroazione è uno dei concetti che introducono il finalismo nel mondo scientifico: i processi di apprendimento possono essere analizzati come processi di retroazione usati per realizzare una certa "finalità" che è l'apprendere;
- 3) possiamo anche descrivere una logica analogica come una logica fatta di "feed-back" tra diverse scienze.

STRUMIA: hai richiamato, con altro linguaggio, quello che io dicevo parlando di autoreferenzialità e autoinclusività (*cf. Appendice 1*). E' importante cercare i fondamenti dell'analogia in termini moderni.

FONDI: mi adegno per domani alla proposta del prof. Dallaporta, ma per me il problema del finalismo è un problema colossale, che in un certo modo mi spaventa. Vorrei comunque sottolineare il carattere di interdisciplinarietà di questi convegni. Le mie ricerche mi hanno portato, senza che io lo volessi, ad una visione della realtà biologica che fa a pugni con quella di Darwin, io addirittura sono arrivato a parlare di “archetipi” per quanto riguarda le forme biologiche. L’insistenza dei biologi ad aggrapparsi alle forme riduzioniste darwiniane deriva da una profonda ignoranza rispetto agli sviluppi delle altre discipline (fisiche, biologiche e matematiche).

SPADONI: altra parola-chiave di cui si potrebbe discutere è il problema della “non-computabilità”, anche in rapporto alle interazioni mente-cervello.

STRUMIA: organizzazione dei tempi. Raccogliendo le proposte emerse si può stilare un progetto di questo tipo:

1. relazioni dei biologi
2. presentazione dei lavori scritti
3. lavoro di gruppo (gruppi da identificare)

BERTUZZI: vorrei ricordare che - se vogliamo arrivare a qualche punto fermo - domenica mattina dovremmo raccogliere le conclusioni, per cui nella giornata di domani dovremmo fare tutto: chi ha scritto le relazioni presenterà il suo lavoro in modo sintetico. Sarà importante sentire i biologi, ma vi possono essere ulteriori questioni legate anche all’ambito della fisica. Si può fondare una certa aspirazione di tipo etico su basi scientifiche?

Sabato 28 settembre 1996 - Mattina

SACCHETTI: Il finalismo nella biologia è evidente, visto che il fine stesso di ogni essere vivente è quello di sopravvivere e trasmettere la vita. La biologia è essenzialmente “coordinamento”, che noi vediamo bene a livello macroscopico (pensate al balzo coordinato e calibrato di un predatore). Ma vorrei insistere in particolare su un punto che non sembra desti la dovuta attenzione tra gli scienziati: la vita nasce a livello microscopico-dinamico, ben al di sotto della più piccola struttura percettibile. Tutto è strettamente coordinato, in ogni cellula ci sono miliardi di molecole in movimento e tutto il metabolismo si compone di un insieme di processi strettamente coordinati con una precisione incredibile.

Per dare con pochi tratti una visione significativa dell’organismo vivente dobbiamo innanzitutto chiederci dove la vita sorge dalla “non vita”. Questo accade in continuazione al livello microscopico-dinamico dove flussi chemioenergetici vengono messi in forma in ogni istante e organizzati in sostanza vivente grazie a un’informazione iniziata sulla Terra quasi 4 miliardi di anni fa. Nel nostro organismo sono almeno un numero di 26 cifre le molecole che introduciamo giornalmente per via alimentare e respiratoria (il vivente, fisicamente parlando, è una struttura “a flusso” o - che è lo stesso - una struttura “dissipativa”: se si interrompe il flusso di “neghentropia” la struttura cade nel caos e la morte sopravviene rapidamente). Ma che cosa distingue - sempre dal punto di vista fisico - il vivente dal non vivente? Una macchina, per quanto perfetta, da sé può solo degradarsi (per la seconda legge della termodinamica), mentre il vivente si mantiene da solo autoriparandosi: la stessa informazione genetica che serve alla cellula per riparare i suoi danni è a sua volta in grado di “ripararsi” da sé! Ogni giorno migliaia di lettere dell’informazione genetica si degradano in ogni cellula, ma ogni giorno ogni cellula provvede a ripararle. Un’informazione che si automantiene e si evolve con armonica coerenza non può trovare piena spiegazione in termini puramente fisici. Ciò ha rilevanti riflessi a livello politico, economico e sociale: se noi sostituiamo sempre più sulla terra i sistemi biologici (es. foresta amazzonica) con sistemi abiotici (es. città) si moltiplica all’infinito l’insieme di quanto è soggetto a mera degradazione, che avrà bisogno di sempre maggiori spese e risorse per essere riparato.

Il coordinamento biologico comincia dunque a livello microscopico-dinamico: la cellula controlla le singole molecole, i singoli elettroni (quando la doppia catena del DNA si apre per la trascrizione o la replicazione, sono i legami idrogeno che si aprono, legami di una forza infinitesima. In quell’occasione il sistema diventa instabile perché il singolo protone deve decidere da che parte stare delle due basi che si separano, e l’effetto non è lo stesso dal punto di vista informativo). Quando parliamo di esseri viventi dobbiamo ragionare non solo in termini macroscopici (per quello che vediamo e percepiamo). Tra la nostra dimensione cosciente e la base fisica che la sostiene c’è una reciproca non-conoscenza². Dal livello microscopico-dinamico, salendo su fino ad arrivare al livello cerebrale, la “ignoranza reciproca” tra gli estremi può ammettersi, perché c’è una “distribuzione di competenze cognitive” che funziona benissimo. Quando questo è diventato un problema? Quando l’uomo con le moderne tecnologie ha iniziato a modificare il livello microscopico-dinamico (inquinamento chimico, inquinamento elettromagnetico): noi ci comportiamo in un certo modo regolandoci sulla base di ciò che percepiamo, ma gli effetti della nostra attività vanno ad incidere su quel livello microscopico-dinamico che sfugge al nostro controllo cosciente. Gli organismi viventi sono in grado, fino a una certa soglia, di “tirarsi fuori dal caos” interagendo con l’ambiente in cui essi vivono: non sono i viventi che si sono “adattati”

² Ne parla E. MORIN ne *La Méthode*, vol. II (la vita della vita) e vol. III (la conoscenza della conoscenza), dicendo che nessuna dei miliardi di cellule che compongono Antonio sa che egli sta giurando eterno amore a Cleopatra, così come Antonio non sa di essere composto da centomila miliardi di cellule.

all'ambiente, ma essi hanno adattato l'ambiente³ alle loro esigenze vitali mettendo in atto dinamismi ordinati, organizzati, cooperativi di straordinaria efficacia. La vita è una meravigliosa e ordinata armonia voluta dal Creatore, che non ci è lecito "violentare" fin dal livello microgenesico, dove essa prende forma.

Le comunicazioni vitali⁴ avvengono a livello microscopico-dinamico in modo straordinariamente "coordinato". La trasmissione di informazioni⁵ non utilizza solo la via biochimica: il modello chiave-serratura va bene per molecole molto vicine ma non spiega il collegamento a vasto raggio che avviene nei sistemi viventi in tempi rapidissimi, anche in quelli privi di tessuto nervoso. Alla base fisica delle comunicazioni biologiche c'è l'energia elettromagnetica: le singole molecole informative biologiche sono dipoli, sono "polarizzate", per cui nell'ambiente acquoso della cellula esse sono sottoposte a vibrazione continua grazie all'asimmetria delle cariche elettriche. Sostanzialmente si è visto che ogni sistema cellulare ha una propria frequenza di vibrazioni entro uno spettro biologico complessivo che va dai singoli hertz fino a dieci alla quindici hertz (un milione di miliardi di hertz).

Le macromolecole, le microstrutture, le cellule vibrano e si "riconoscono" a distanza sulla base di una propria frequenza specifica di vibrazione, in modo incredibilmente selettivo. Il nostro organismo ha un numero di cellule superiore a quello delle stelle della nostra galassia, e ogni cellula è un microcosmo di microstrutture vibranti. Possiamo - in conclusione - immaginare questa nostra supergalassia come percorsa in ogni istante da un'infinità di luci che si accendono e si spengono, con significato di messaggi comunicanti a corto e lungo raggio. Si tratta certo di un'immagine poetica, ma perfettamente scientifica, che ci induce a pensare alla vita in termini non riduzionistici. La vita fisica non è fatta solo di materia ed energia. C'è un'informazione continua che mette in forma e rende vivi i flussi abiotici di materia ed energia. La vita è come un "concerto armonioso" che supera da ogni parte i ristretti limiti percettivi dei nostri sensi.

BERTUZZI: Vorrei sottolineare la nozione di "coordinamento" che a mio avviso si lega profondamente al nostro discorso sul finalismo: Sacchetti ha parlato del rapporto tra il tutto e le parti e dovremmo chiarire meglio la differenza strutturale tra gli organismi viventi e le strutture artificiali.

FONDI: Sono in piena sintonia con tutto quello che ha detto il dott. Sacchetti, ma vorrei focalizzare due punti.

1) Dov'è il punto di passaggio dalla vita alla non vita? Da questa domanda emerge la crisi della biologia attuale, i darwinisti non si pongono questo problema perché vedono un'infinità di "punti di passaggio" dalla vita alla non vita ("date le condizioni fisico-chimiche idonee" automaticamente si formano i viventi), evidentemente questi signori non riflettono sull'enorme complessità dei sistemi viventi. Personalmente ritengo anch'io che il problema non si possa porre: tra la non vita e la vita c'è una profonda discontinuità (come anche a livello fisico nel "salto" di un elettrone da un orbitale all'altro), la biologia rimane ancorata al meccanicismo ottocentesco: dovremmo serenamente ammettere la discontinuità.

2) Il "finalismo" è intrinseco alla vita, ma non solo, anche nel mondo fisico: gli elettroni di un atomo possono esistere solo a rapporti quantici ben definiti e in base a rapporti armonici; lo stesso che accade nei sistemi viventi, solo che i sistemi viventi si collocano ad un livello di complessità molto superiore.

SACCHETTI: Il passaggio dalla non vita alla vita è avvenuto sulla Terra circa 3,7 miliardi di anni fa, ma da allora, grazie all'ininterrotta continuità del tessuto informativo, la genesi della vita è un fenomeno permanente, in ogni istante. Quando ci nutriamo di elementi non viventi ma filogeneticamente coerenti, ci inseriamo in quel *continuum* biologico che ebbe allora inizio. Credo che la vita sia - nella nuova ottica che ho cercato di tratteggiare stamattina - una delle prove più solide e convincenti dell'esistenza di Dio e credo che la Chiesa possa arrivare ad elaborare questa nuova e incontrovertibile prova. Sarebbe follia riduzionista pretendere di spiegare in termini puramente fisici il passaggio, a livello microscopico dinamico, dalla non vita alla vita. E' informazione, diciamo, ma che cos'è l'informazione? Non è né materia né energia! L'informazione del mondo abiotico è diversa, non è "comunicazione": le molecole di un sasso sono legate da leggi fisiche ma non si scambiano informazioni evolutive coerenti da un estremo all'altro.

SARTI: Non sono affatto sicuro che la biologia offra una prova dell'esistenza di Dio, ma che offra argomenti apologetici fondamentali. Da modellista vorrei dire che non credo che la vita non sia matematizzabile, bensì credo che i sistemi viventi non siano "computabili". Per esempio, se si riesce a notare una finalità nella riproduzione della specie (reinterpretare Darwin in senso finalistico) sarebbe magnifico per arrivare all'esistenza di Dio.

Nel caso dell'ingegneria genetica, questi interventi fatti "a fine di bene" sono poi così leciti se si pensa agli effetti secondari, alle conseguenze a lungo termine? Proviamo a "vestire" di questo significato qualche grande testo biblico (es. Daniele 3, 52 ss.), cioè dire che questo livello elementare di consapevolezza che c'è all'interno di ogni vivente è sufficiente per benedire il creatore di quella struttura.

SACCHETTI: La vita non è matematizzabile per un motivo molto semplice: matematizzare significa "isolare" una qualche grandezza su cui operare, ma in un organismo complesso come quello vivente (i prodotti artificiali sono "complicati" più che "complessi") ciò non è possibile. La conoscenza analitica deve essere necessariamente integrata da quella gestaltica-intuitiva. Non sarò mai in grado di scomporre e ricomporre la vita, come si può fare con un prodotto

³ Fin dall'inizio, quando i primi batteri si insediarono in un ambiente abiotico, essi cominciarono a renderlo adatto alla vita.

⁴ La vita è "conoscenza", "coordinamento e "comunicazione", si pensi al batterio che "ripara" il suo DNA: in un certo modo possiamo dire che le sue discriminazioni operative implicano una "conoscenza di sé", non nel senso che esso sia un soggetto cosciente, ma senza dubbio un soggetto biologico capace di discriminare il sé e il non-sé in funzione di sé.

⁵ Lo stesso Prigogine ha sottolineato come nell'embriogenesi c'è una straordinaria trasmissione di informazioni, per cui ogni cellula viene a trovarsi nel posto giusto al momento giusto.

artificiale. Nel vivente ciò che viene “perduto” nell’analisi non potrà mai essere recuperato per la via razionale della sintesi. Reinterpretare Darwin in senso finalistico è importante: se la vita è un’organizzazione così complessa è chiaro che non può essere frutto del caso, ma di un’intelligenza. La “selezione a posteriori” (la “selezione del più adatto”) non produce l’organizzazione, ma la **presume**. L’organizzazione si costruisce in virtù di una “intelligenza interiore”, su cui la selezione può agire (può sopravvivere il “più adatto”, ovvero la struttura vitale “più coerente”, solo se la coerenza c’è già). Per quanto concerne l’ingegneria genetica non mi ritengo particolarmente competente, ma mi sembra chiaro che ci troviamo di fronte all’ingegnerizzazione di qualcosa non riproducibile in termini matematici. Se possiamo far produrre a sistemi cellulari sostanze che possono essere utili (come ad es. l’insulina), l’idea può passare (pur con le dovute riserve qualitative), ma se parliamo di correzione genetica dei difetti umani, allora ci troviamo di fronte a muri che per ora sembrano invalicabili (dovremmo ripristinare una coerenza informativa tra tutte le cellule dell’organismo). Intervenire in termini riduttivi su un’informazione che non possiamo dominare nel suo complesso comporta il rischio grave di creare danni a lungo termine superiori agli apparenti vantaggi. Il dramma della nostra epoca è la divaricazione crescente tra sapere e potere. Non credo che si possa andare avanti senza rispettare un certo ordine naturale di base.

STRUMIA: Vorrei sottolineare alcune esigenze metodologiche su cui vigilare. Questa mattina abbiamo sentito una splendida descrizione fenomenologica di come senza finalismo non si possa procedere in campo biologico. A questo punto sento l’esigenza di tentare di fare uno sforzo epistemologico: tentare di dare uno statuto epistemologico al finalismo nell’ambito delle scienze: a quali condizioni una teoria scientifica che includa il finalismo può ritenersi scientifica? Mi sembra molto importante come domanda “di lavoro”.

Poi vorrei fare alcune osservazioni che ho raccolto da quello che ho sentito. L’approccio alla vita è matematizzabile? Già negli anni scorsi sentivamo l’esigenza di inserire una epistemologia per scienze dimostrative che non necessariamente ricorrano all’uso della matematica, ma c’è un’altra linea di riflessione: oggi si sta facendo strada l’idea di una matematica “ampliata” che si lega anche alla logica, che sia in grado di “ospitare” nozioni anche di altro tipo. Potrei anche aggiungere che in una teoria “ampia” in cui ci sia ospitalità per l’analogia tomisticamente intesa si ammetterebbe una “gerarchizzazione” di livelli, il che mi dà l’aggancio con un’altra parola usata da Sacchetti, la parola “forma” (che è termine aristotelico e tomistico). Dobbiamo tenere conto che c’è una gerarchia nell’ordine delle forme, così come nelle scienze si nota una “gerarchia” dell’informazione (si pensi ad Antonio ed alle sue cellule) che ci potrebbe salvare da tentazioni panteistiche e pansichistiche. Personalmente non sarei troppo preoccupato dell’apologetica, perché se saremo rigorosi dal punto di vista epistemologico allora potremmo fare una buona apologetica.

Per quanto concerne l’interpretazione finalistica del darwinismo vorrei dire che in fondo nelle scienze il finalismo c’è sempre stato: la stessa formulazione di molte leggi è “finalistica” (ne parlerò nel mio contributo), nel contempo esiste una modellistica (a livello microscopico) di tale formalizzazione finalistica.

DALLAPORTA: Volevo fare alcune osservazioni. Il darwinismo non coglie le cose essenziali, ma addirittura mi sembra non dire il vero mettendo l’accento sull’ambiente, che in realtà ha un’influenza trascurabile rispetto alla “stabilità fondamentale” che caratterizza la vita. L’ambiente determina piccole variazioni, marginali, in strutture che tendono a restare stabili. In secondo luogo vorrei fare un’osservazione su come il funzionamento della vita possa essere considerato a livello “informativo”. Il mio modo di vedere è diverso: anziché di “informazione”, io parlo di “archetipi”. Gli appellativi informativi tendono a restare nel quadro fisico-matematico. Il quadro di Platone va al di sopra del mondo corporeo e non credo sia la stessa cosa, rivolgendomi ad un quadro del mondo non limitato solo alla corporeità.

Se una teoria scientifica è veramente scientifica può parlare di finalismo, purché ci intendiamo bene sul concetto di scienza: finora si è definita come scienza - a priori - solo quella che opera dentro una causalità temporale, perché gli unici problemi meccanici perfettamente risolvibili sono il problema dei due corpi e il problema dell’oscillatore armonico. E’ ora che la scienza cambi prospettiva.

CAVALCOLI: Il dott. Sacchetti ha distinto l’elemento finalistico dalla situazione caotica di disordine, ha sottolineato come l’agire della natura sia ordinato e organizzatore (finalistico), inoltre ha parlato dell’agire umano, tecnologico, che può operare a livello di atomi e molecole e purtroppo in alcuni casi l’uomo ha creato del disordine, infine ha parlato del cancro come fenomeno degenerativo e caotico. Non è che si può per caso collegare una certa azione caotizzante dell’uomo e il fenomeno del cancro?

SPADONI: Si parla di crisi dell’evoluzionismo, ma per altro verso esso fa pensare a un “progetto”, a un’intelligenza, ed è diventato tanto più significativo quanto più si è esteso al mondo inorganico (interpretando in termini più vicini alla biologia un mondo che prima era totalmente immerso nel meccanicismo). Per quanto concerne il problema della matematizzazione vorrei sottolineare come la matematica moderna non prenda in considerazione solo elementi analitici, ma vi sono modelli che prendono in esame comportamenti d’insieme di totalità di enti (si pensi ai modelli che descrivono sistemi complessi come l’economia, anche se ancora siamo agli inizi e i successi sono ancora modesti; si pensi anche ad alcune tecniche di cui si servono i computer); non porrei limiti alla matematizzazione.

PAOLI: Ho sentito spesso parlare di progetto e della vita come una sorta di prova vivente della presenza di un’intelligenza superiore. In generale non si tende a pensare questo né fuori né dentro la Chiesa: l’Associazione Teologica Italiana ha tenuto a Molfetta un convegno su cosmologia e antropologia nel 1994, discutendo di questi temi (compreso il problema del Principio Antropico). Per quanto riguarda la biologia la relazione illustrativa arriva ad affermare che si può eliminare l’idea di un “Dio-orologiaio”, e riafferma la centralità della spiegazione darwiniana; afferma una sorta di “generazione spontanea” della vita e nega che si possa individuare alcun tipo di finalismo in biologia, se non in termini puramente metaforici. Nessuno degli interventi dei teologi ha men che meno messo in discussione il problema.

MALAGUTI: Solo una domanda su un'ipotesi che si lega all'affascinante discorso di Sacchetti. E' possibile, nell'ambito di una visione diversa, inserire una sorta di "auto-percezione", di "accorgersi di sé": sento il problema come gravissimo e importante, soprattutto in rapporto alla diffusa pratica del trapianto di organi: se l'auto-percezione è possibile a quel livello, allora si potrebbe anche scientificamente ammettere che il paziente al quale vengono espianati gli organi può rendersi conto bene di tutto.

SECCO - Se il coordinamento è il tratto distintivo del finalismo, anche nell'ambito fisico, a livello elementare, noto una "complessità" che non è pura "complicazione". Allora mi domando chi "informa" un elettrone che non può occupare un livello occupato da un altro elettrone: il principio di Pauli mi dice semplicemente che questo non è possibile, ma non mi dice perché e come questo accada. Già a livello fisico elementare si possono vedere questi tratti e segni del finalismo.

SACCHETTI: Sono pienamente d'accordo con quello che anche il prof. Dalla Porta ha più volte sostenuto, tanto che ho voluto aderire alla richiesta da lui avanzata lo scorso anno di tentare una "gerarchia degli archetipi".

FONDI: A partire dal 1859 (prima pubblicazione del testo di Darwin) il solo paradigma unificante dei fenomeni biologici è stato quello evoluzionistico inteso in senso lineare nel senso della freccia del tempo, anche se il vero fondatore di questo paradigma è stato propriamente Lamarck. Poiché le modificazioni biologiche vengono trasmesse da una generazione all'altra l'intero insieme dei viventi viene inteso come una scala dinamica. Le opinioni di Lamarck non ebbero seguito, vennero confutate da Cuvier che faceva notare che la "scala dinamica" di Lamarck non esisteva e c'erano numerosi salti. Circa un secolo dopo Lamarck la teoria evoluzionista ritrovava forza grazie a Darwin che la ripropone nella forma a noi nota di sintesi di "caso" e "necessità": viene così eliminata l'idea della finalità, come pure l'idea di una natura ordinata. Le forme esteriori dei viventi non sarebbero altro che il frutto di mutazioni selettive esercitate a caso su un "materiale biologico" immaginato come sostanzialmente passivo. Il paleontologo che legge i diversi livelli stratigrafici dovrebbe individuare, man mano che risale alle radici dell'albero genealogico dei viventi, i rami di biforcazione di questo unico albero. Di fatto queste biforcazioni senza soluzione di continuità non si trovano mai! Darwin supposeva che questo fosse dovuto alla scarsità dei dati paleontologici, ma non è così: da oltre un secolo sono stati scandagliati i più vari strati in tutto il mondo e la vita continua a manifestare con forza la propria "discontinuità".

La prima grande discontinuità è la comparsa della vita (apparsa non si sa come nel nostro pianeta non appena si sono create le condizioni per la sua sussistenza, e non certo in modo casuale a partire da un ipotetico brodo prebiotico).

La seconda discontinuità riguarda il passaggio da forme di vita procariote ad eucariote.

La terza grande discontinuità riguarda la comparsa di alcuni organismi molli (un tempo considerati antenati dei gruppi zoologici oggi conosciuti, ma che in realtà hanno avuto una breve vita e poi sono finiti).

Nel Cambriano sono comparse numerose forme viventi in cui non soltanto sono comparsi gli antenati di tutti i "phyla" oggi conosciuti, ma pure alcuni che si sono estinti: quindi possiamo dire che - contro Darwin - la complessità delle specie viventi è già presente fin dall'inizio del Cambriano; da allora in poi abbiamo solo variazioni su temi zoologici fondamentali.

Anche all'interno delle singole classi zoologiche ritroviamo questo panorama della discontinuità. Si è cercato di ovviare a questo problema con la cosiddetta teoria - molto diffusa - degli "equilibri intermittenti" che ancora sposa la fede nella continuità evoluzionistica, ma pone l'accento sulla grande stabilità delle specie viventi e inoltre fa cadere l'accento sulla rapidità del processo evolutivo⁶, quindi permane la "fede" nel darwinismo, ma non si riesce a "dimostrare". A questo punto perché non proporre un "taglio" con l'eredità del pensiero meccanicistico del secolo passato?

Come fanno ad apparire e scomparire (è questo il panorama reale che si dispiega di fronte ai paleontologi) i vari gruppi biologici? Tra l'altro è proprio questo apparire e scomparire che consente la datazione stratigrafica delle varie ere. In realtà le strutture biologiche e i gruppi biologici hanno una struttura fortemente "cooperativa" e per nulla casuale (c'è una organizzazione cooperativa tra giraffe e gnu, per esempio). Sono crollati molti dogmi fondamentali della biologia meccanicistica, fin dal livello molecolare (lo stesso genoma, un tempo immaginato come una meccanica collana di perline, ha dentro di sé un dinamismo straordinario, ma allora come fanno i viventi a mantenere la propria forma per tanti anni?). Quando si parla dei viventi spesso si trascura un particolare importante, cioè quello della "auto-presentazione": ogni animale si presenta al suo esterno non solo con caratteristiche visibili, ma anche con caratteristiche olfattive, sonore, ecc.: è come se ogni animale fosse "informato" di tutto ciò che lo circonda. Basterebbe descrivere il ciclo di vita di un insetto, i cui cicli vitali sono articolati e complessi, profondamente interconnessi tra loro e con quelli degli altri viventi del suo ambiente, tutto in perfetta sintonia e armonia.

Il mondo vivente risulta strutturato secondo degli "archetipi" che mi piace associare a quelli di Jung: gli archetipi risiedono nel livello profondo della psiche (inconscio collettivo) e venivano definiti come "psicoidi".

STRUMIA: Dal contributo che ho mandato estrarrei esclusivamente la parte sul finalismo. Dal punto di vista fisico si può distinguere tra un "finalismo matematizzato" e un "finalismo filosofico". Anche nelle teorie già assodate e classiche si vede una presenza di finalismo: c'è una certa finalità nella **formulazione** delle leggi scientifiche, già da parecchio tempo, come per esempio nella formulazione delle leggi della termodinamica (essendo una teoria macroscopica non può descrivere i singoli dinamismi microscopici, per cui le sue leggi sono formulate anche in modo finalistico, come ad es. il principio di conservazione dell'energia è formulato nei termini finalistici per cui si dice che i sistemi si muovono "in maniera tale da" rispettare determinate caratteristiche). D'altra parte le leggi di conservazione erano già presenti anche in certi ambiti della meccanica (si pensi ai sistemi conservativi). Un'altra formulazione che ha un sapore finalistico

⁶ Il passaggio da una specie ad un'altra è - in termini geologici - rapidissimo (poche migliaia di anni), per cui è sommamente improbabile imbattersi in prove paleontologiche di questi momenti di passaggio.

nell'ambito della fisica classica è quella dei principi variazionali che si presentano in maniera tale per cui tra tutte le possibilità che si potrebbero immaginare per realizzare un determinato processo evolutivo in un gran numero di sistemi fisici la natura sembra "scegliere" il percorso che è tale da rendere - ad esempio - minime determinate quantità, determinati integrali d'azione.

Vedrei inoltre un finalismo che in qualche modo "sta nascosto" nell'evoluzione stessa di un sistema: ci sono delle situazioni che vengono raggiunte da un sistema in qualche misura "indipendentemente" dalle condizioni iniziali. Se consideriamo un sistema non lineare in cui sono presenti dei "cicli-limite" stabili si arriva a determinati regimi anche a prescindere in larga misura dalle condizioni iniziali, il che sembra identificare un processo in cui ciò che è più importante è lo stato di regime da raggiungere (inteso come "fine") più ancora che le condizioni iniziali (come credeva la fisica classica nella sua formulazione meccanicistica).

In conclusione potrei dire che se questo tipo di finalismo matematizzato è abbastanza facilmente ammesso dalle scienze, vorrei però sottolineare come esista anche un finalismo più "filosofico" che non si è riusciti ancora a matematizzare. Sto pensando, ad esempio, al Principio Antropico (non ancora propriamente matematizzato, anche se l'entità dei valori fondamentali delle costanti della fisica sono elementi di raccordo con la matematica). Concludo con una domanda sullo statuto epistemologico: che cosa si richiede ad una teoria fisica che viene enunciata in forma finalistica perché essa possa essere considerata rigorosamente scientifica? Di fatto ciò che si chiede è che una legge fisica possa comunque essere formulata in termini matematici (anche se ne posso dare una "descrizione" in termini finalistici), ma generalmente si accetta un'ipotesi o una teoria quando è in grado di sostenere il confronto con l'esperienza: 1) rendere conto entro gli errori di misura dei dati sperimentali conosciuti, 2) essere in grado di prevedere nuovi fenomeni controllabili sperimentalmente. E' possibile che un principio filosofico permetta di dedurre informazioni e fare previsioni anche sperimentalmente riscontrabili? Possono esserci anche teorie non-matematizzate che hanno requisiti tali da poter essere ritenute scientifiche?

DALLAPORTA - Quello che ho scritto nella mia comunicazione riprende temi che ho già affrontato negli anni precedenti e da cui riprendo solo alcuni punti. Il prof. Strumia ha parlato di principi variazionali, ma se noi avessimo la sensibilità ad una "quarta dimensione" ci troveremmo in un eterno presente. Le leggi fondamentali della fisica non "sentono" la freccia del tempo, per cui l'ipotesi deterministica (nel senso che il futuro dipende dal passato) è una pregiudiziale filosofica e non un fatto fisico: dal punto di vista puramente fisico le cosiddette "condizioni iniziali" potrebbero essere anche le "condizioni finali" e le leggi della fisica funzionerebbero allo stesso modo. E' la memoria dell'uomo che differenzia il passato dal futuro: le leggi della fisica non sentono la differenza tra passato e futuro, solo le leggi della termodinamica hanno un chiaro riferimento alla direzione della freccia del tempo. Il finalismo può essere considerato come un elemento complementare della causalità temporale; i primi problemi che sono stati risolti dalla fisica sono quelli molto semplici (oscillatore armonico e moto dei due corpi), ma da Poincaré in poi vediamo che non è più così (basti l'esempio del problema dei 3 corpi). Quando arrivo a problemi molto complessi (con molti corpi) tutto questo è impossibile ... allora il ragionamento deterministico è scientifico o "ideologico"? Visto che la scienza non sa risolvere in termini deterministici tali problemi, il fatto di impostarli in modo deterministico è un'opzione puramente ed esclusivamente ideologica! Allora possiamo chiederci se la visione della causalità che poteva servire nei problemi elementari possa essere sostituita da paradigmi più adeguati ad esempio in campo biologico.

Quando passiamo dal determinismo al "caos deterministico" (estrema sensibilità a variazioni anche minime delle condizioni iniziali), allora la fisica non è rigorosamente "prevedibile" (si pensi all'esempio della meteorologia, in cui entrano in gioco 10 alla 25 molecole vicine e in rapporto tra loro). Supponiamo a questo punto che un'intelligenza infinitamente grande sia in grado di prevedere anche le minime variazioni iniziali, allora la sua visione sarebbe totalmente necessaria, ma noi non possiamo conoscere tali variazioni dunque "per noi" tale visione necessaria è impossibile. In Dio libertà e necessità coincidono.

Infine vorrei parlare di un finalismo che prescinde totalmente dal tempo, un finalismo nel senso della causalità "verticale" (la concatenazione di cause di diversi ordini archetipali): queste cause sono ordinate in un certo modo "affinché" qualcosa ne venga fuori. Un esempio di questo tipo di causalità in senso verticale è il Principio Antropico: la vita non avrebbe potuto formarsi se le costanti delle leggi fisiche fossero state anche minimamente diverse. Questo è un finalismo ancora più profondo, perché è proprio quello che c'è nella mente di Dio.

SARTI: Alcune osservazioni a Strumia. Il considerare il "ciclo limite" di un oscillatore come "causa finale" del suo funzionamento mi trova un po' a disagio; io sarei dell'idea di soffermarci prevalentemente sull'idea di causa finale in termini aristotelici. Rovescerei la domanda di Strumia: si può ancora considerare scientifica una teoria che non prenda in considerazione il finalismo nel senso precipuo di "causa finale"? Si può considerare scientifica una teoria che sia basata esclusivamente sul principio di oggettività?

Il mio contributo⁷ riguarda il concetto di retroazione, anche nel suo significato epistemologico. Fino agli anni '30 la nostra visione del mondo era in qualche modo lineare (una causa precede un effetto, il quale effetto non perturba la sua causa), vedevamo il mondo come un concatenamento di fenomeni ciascuno dei quali precedeva sia in senso temporale che logico il fenomeno successivo. Questa è anche l'immagine "ad albero genealogico" della teoria evoluzionista: un mondo di fenomeni "a catena aperta". A me tutto questo sembra una conseguenza immediata del fatto che il nostro ragionamento scientifico è fatto prevalentemente di logica di tipo deduttivo. Questo è stato messo in crisi da

⁷ Cf. E. SARTI, *Gödel, Shannon e la crisi della scienza*, Seminario della Fondazione Perspektiven, Novacella (Bressanone) giugno 1994.

alcune esperienze, a partire dai primordi dell'elettronica, fino a divenire un problema della biologia: si è scoperto che vi sono sistemi che hanno una struttura "ad anello", in cui l'effetto retroagisce sulla causa, per cui la causa è conseguenza del suo effetto. La mentalità a catena aperta è talmente radicata, che questo concetto risulta di difficilissima comprensibilità. Forse è meglio precisare meglio il concetto con un esempio: il nostro stare seduti sulle seggiole è governato da un sistema di sensori che trasmettono al cervello le coordinate della nostra posizione e se queste coordinate cambiano un poco il cervello retroagisce in modo tale da farmi assumere nuovamente la posizione giusta. In tutto questo c'è un finalismo nel senso proprio di "causa finale"? Che cosa succede quando guidiamo? Operiamo una continua azione di piccole "auto-correzioni" che ormai ci vengono spontanee, ma quando abbiamo imparato a guidare generalmente sbandavamo di più e "sovra-correggeavamo" (c'era un secondo anello di retroazione, correggendo l'ampiezza della correzione da apportare, cioè istituivamo un anello di retroazione che stabiliva l'ampiezza della manovra giusta); questo fenomeno di apprendimento, dice Norbert Wiener, è un fenomeno di tipo finalistico e Marcello Cini, commentando questo testo, dice che Wiener reintroduce nel pensiero scientifico il concetto aristotelico di causa finale.

SPADONI: L'individuazione di un finalismo è particolarmente importante in un'epistemologia di tipo realistico, mentre l'epistemologia contemporanea è dominata dal relativismo nel contesto del quale il finalismo ha al più un valore metodologico. Ritengo che la scienza riveli delle chiare linee di continuità che ci parlano dell'essere e che ben si inquadrerebbe in un'opzione filosofica di tipo realistico. Un finalismo entro i singoli modelli sarebbe poco significativo se non potesse essere inquadrato in un finalismo di tipo più globale. Parlare di "gerarchizzazione" significa reintrodurre nei modelli scientifici una nozione di tipo finalistico; la necessità di usare tutte le teorie fisiche per descrivere l'evoluzione cosmica ha mostrato una tale coordinazione e una tale organizzazione da far apparire il nostro universo come diretto verso un fine teleologicamente orientato a produrre complessità crescenti.

GHERARDI: Noi abbiamo coscienza di realtà che - in termini medico-psicologici - consta di un giudizio di realtà e di un sentimento di certezza. Sulla base di questi due aspetti abbiamo tre tipi di figure della realtà: 1) una figura opinabile (opinione o ipotesi); 2) un tipo con forte sentimento di certezza, inconfutabile, e grazie al quale abbiamo una figura che chiamiamo "situazione" e che identifichiamo con la realtà stessa; 3) un'altra figura dotata di certezza inconfutabile è abbinata ad errato giudizio di realtà (delirio lucido, molto noto in psicopatologia, si pensi per esempio al delirio di persecuzione: errato giudizio di realtà connesso ad un sentimento di certezza di realtà). Se prendiamo in considerazione come si forma la "situazione", cioè la rappresentazione gnostico-timica della realtà che corrisponde alla realtà stessa, notiamo come il suo formarsi nasce nella unione di tutti gli infiniti elementi omogenei ed eterogenei, vicini e lontani, del mondo fisico, chimico, biochimico, anatomico, elementi ambientali, genetici, spirituali: il confluire di tutti questi elementi genera la "situazione" come coscienza della realtà (rappresentazione gnostico-timica della realtà). Alla base di tutto questo c'è un'attività psico-situante (esclusiva e specifica dell'uomo) che possiamo chiamare "mente" e non si identifica col sistema nervoso, col cervello. Ora possiamo fare una sorta di trasposizione: se trasponiamo questo modo di nascere della coscienza della realtà al di fuori dell'uomo, possiamo notare che anche in natura esiste una attività "situante" (non "psico-situante") in forza della quale si costituiscono tutti gli elementi della realtà. Le varie "res", le varie cose sono tante "situazioni", ma non più nel senso di rappresentazioni psico-situanti, bensì nel senso di "realtà".

Sabato 28 settembre 1996 - Pomeriggio

BERTUZZI: Vorrei chiedere se si poteva riuscire a mettere a tema della discussione dei gruppi di studio come noi possiamo epistemologicamente fondare un principio scientifico come quello del finalismo in modo che traspaia il suo fondamento nella realtà.

SECCO - Oltre alla differenziazione fatta da Strumia per le leggi fisiche si possono vedere altre differenziazioni: la legge di Coulomb è compresa nelle equazioni di Maxwell, ma nelle equazioni di Maxwell c'è di più che nella legge di Coulomb. La natura diventa bella nel momento in cui è donata all'uomo, la natura è fatta per l'uomo.

Per quanto concerne il Principio Antropico va detto che viene spesso avversato perché accusato di essere un miscuglio di affermazioni fisiche e metafisiche, ma è possibile formularlo meglio:

- a) rapporto delle costanti fondamentali con la vita,
- b) variazione delle costanti fondamentali in rapporto con la vita: se mi scosto di poco da quei valori la vita scompare, il che individua una "freccia" nell'ambito fisico,
- c) noto nell'evoluzione cosmica come il processo evolutivo dell'universo abbia infilato tutte le "strette" che hanno reso possibile lo sviluppo della vita.

Su questa constatazione si possono innestare considerazioni metafisiche, che però hanno un legame forte con l'ambito fisico.

PARENTI: Il concetto di fine può essere inteso in molti sensi:

- 1) ciò che propriamente un'azione sta facendo, producendo;
- 2) il fine inteso come "progetto" (si pensi al Demiurgo di Platone ed agli "archetipi" ideali cui si ispira).

Il primo modo di intendere il fine lascia nel mistero il modo di esistere delle cose, di cui posso dire qualcosa a partire da alcune loro capacità operative; ciò pone dei problemi ai logici, i quali preferiscono i termini usati in modo univoco. Il primo modo di concepire il fine riconosce ovviamente il secondo (in chi agisce con conoscenza ovviamente c'è un progetto).

Il secondo modo di intendere il fine tende - storicamente - a “minimizzare” l’incidenza del primo modo di intendere il fine (Platone lo relega nella materia caotica e informe, che è il “minimo operativo” senza una forma e un progetto).

Di fatto viviamo in una visione figlia del platonismo del Timeo: i motivi per cui tale concezione fu storicamente preferita sono di carattere teologico (la forma artificiale è contingente quanto alla natura del materiale, e dipende dal solo arbitrio dell’artefice: così tutta la natura sarebbe contingente e non porrebbe limiti alla libera volontà e all’onnipotenza divine).

Iniziano i lavori di gruppo:

fondamento realistico della causalità finale e suoi diversi aspetti

BEGNOZZI
BERTELE’
BERTUZZI
FRANCESCHINI
GHERARDI
OLMI

forma, informazione, archetipi

CAVALCOLI
DALLAPORTA
DAMIANI
FONDI
FRATTINI
PARENTI
SARTI

statuti epistemologici delle teorie finalistiche

BINOTTI
PORCARELLI
SACCHETTI
SECCO
STRUMIA

Domenica 29 settembre - mattina

BINOTTI: Il mio contributo inizia con la presentazione di alcuni testi aristotelici (Platone praticamente non conosce la nozione di causa finale che assorbe nella causa esemplare), seguono alcuni testi di S. Tommaso a commento di quelli aristotelici, quindi un lungo testo di Galilei, un testo di Bacone e infine di Cartesio (che ci mostra come sia cambiata la concezione della causalità a secoli dalla morte di S. Tommaso).

I testi di Aristotele sono un invito agli scienziati a riconoscere il carattere astratto e formale delle sue parole. La causa finale viene messa in rapporto con tutte le altre cause (formale, efficiente, materiale); il motivo per cui Aristotele afferma che la natura agisce per un fine va ricercato nel confronto con la “*techne*”; tra l’altro egli riesce ad istituire il rapporto *techne-physis* senza ricorrere al rapporto con una divinità. L’ultimo dei testi di Aristotele discute un tema interessantissimo cioè il rapporto tra la finalità e il caso.

Tra gli autori “moderni” vorrei sottolineare il fatto che per loro sembra quasi che la causa finale abbia a che fare solo con Dio. Bacone in particolare formula esplicitamente l’accusa di antropomorfismo (del resto la causa finale, usata in modo spregiudicato, si presta a pericolose e inconsistenti “scorciatoie”). In Galilei si nota come la causa finale per lui introduca una cecità. Cartesio, replicando a Gassendi, afferma che non si possono conoscere i fini che Dio ha in mente sull’universo: “chi conosce i pensieri di Dio sull’universo?”.

BERTUZZI - Passiamo all’esposizione dei lavori dei gruppi. Come gruppo filosofico siamo partiti da una domanda: che cosa fa sì che la finalità non sia un delirio lucido della mente?

Abbiamo distinto la complessità (il tutto è in ultima analisi irriducibile alla somma delle parti) e la complicatezza (il tutto è costituito dalla pura e semplice somma delle parti). Cambiano gli strumenti logici per analizzare i due tipi di enti: gli enti complicati possono essere “spiegati” riconducendoli alle parti di cui si compongono, lo strumento logico per lo studio delle realtà complesse è invece di carattere finalistico. Il problema nasce dal confronto tra strutture artificiali e naturali (fisiche, biologiche e psichiche), che manifestano un grado di complessità sempre maggiore.

Osservazione storica: la tendenza a ridurre la complessità a complicatezza è un riduzionismo che tende al dominio sulla natura⁸, strumento per imporre alla natura un finalismo estrinseco ad essa.

La scoperta della finalità a contatto con le strutture naturali (complesse a diversi livelli) dipende dal concetto di “emergenza” (comparsa di caratteristiche assolutamente nuove e imprevedibili): c’è una discontinuità tra le specie viventi. L’emergenza suprema è costituita dalla “situazione” dell’io e della realtà con cui l’io si confronta, dove deve realizzarsi il coordinamento tra la situazione mentale e la realtà. Anche il tempo è espressione dell’acquisita maturità situazionale, il cui fondamento reale e oggettivo è il cambiamento sia esterno che interno.

BINOTTI: L’idea del dominio sulla natura non lo metterei solo in termini negativi *tout court*; magari precisiamo che si tratta di una volontà di “padroneggiare”.

FONDI: Ho perplessità sul concetto di “emergenza” che, anche in sede filosofica, può essere molto ambiguo.

SACCHETTI: L’emergenza oggi è condizionata dall’intervento umano. Vorrei sottolineare l’incompatibilità tra la tecnica industriale e la natura, non solo a livello quantitativo, ma anche a livello qualitativo: la natura è “viva”, la tecnica per forza di cose ignora il livello microscopico-dinamico da cui tutto questo emerge, per cui di fatto o agisce sulla natura “usando” ma rispettando i cicli microscopico-dinamici, o quando si va ad incidere su tale livello la natura va in crisi.

SARTI: Leggo il nostro documento, aggiungendo alcune riflessioni che vorrei suggerire.

Il testo in primo luogo precisa il significato dei termini utilizzati. La nozione di forma è diversa in Platone e Aristotele. Anche la parola “informazione” può avere due significati (dare una forma, trasmettere una conoscenza) ed entrambi hanno diritto di cittadinanza nel campo tecnico; nelle scienze naturali il termine viene usato in modo ancora diverso (la trasmissione non è “cosciente”), se vogliamo “estensivo”. Tale concetto di informazione può essere esteso al di fuori del dominio proprio della biologia. Il concetto di archetipo si ricollega al platonismo e neoplatonismo e si può configurare come idee scaturite dalla mente di Dio.

STRUMIA: Il testo sullo statuto epistemologico del finalismo si articola in tre punti: preambolo filosofico, finalismo in fisica, finalismo in biologia.

BERTUZZI: Trarre delle conclusioni in questo momento è abbastanza problematico.

PORCARELLI: Avrei una proposta:

- punto primo, dovremmo compilare la fusione (anche non completa) di questi tre documenti e poi passarcela tra noi;
- raccolte le prime “reazioni” dei presenti al convegno farlo circolare tra i colleghi più sensibili,
- l’anno prossimo centrare il convegno sulla redazione del documento unitario proponendo e discutendo gli “emendamenti” più significativi e lavorando in modo rigoroso sulla base di un documento di lavoro.

BERTUZZI: Per me la sintesi potrebbe anche tenere presenti alcuni temi emersi nei precedenti convegni.

PORCARELLI: Dovremmo predisporre un vero e proprio “documento preparatorio” (spunti preliminari, bozza di una parte del documento sul finalismo, questioni aperte, problemi da discutere la prossima volta).

BERTUZZI - Possiamo anteporre a questo documento una breve presentazione di cui qui propongo il testo. Di seguito leggeremo i documenti finali dei gruppi di lavoro.

Presentazione dei lavori di gruppo

Presentiamo questo documento sul finalismo, frutto della collaborazione di cultori di diverse discipline scientifiche e filosofiche, ad amici e colleghi come proposta di riflessione.

Siamo consapevoli che oggi l’argomento è delicato, perché mentre sta venendo meno l’immagine della scienza maturatasi dal secolo XVI in poi, stanno emergendo sempre più correnti di pensiero che sembrano cercare nell’irrazionale una soluzione ai problemi fondamentali dell’uomo. Tutti assistiamo al rifiorire di movimenti neo-gnostici, della magia, ed altri fenomeni simili, con la pretesa di sostituirsi alla scienza.

A noi sembra invece che si possano proporre nuove prospettive alla ricerca scientifica e filosofica, che hanno bisogno di ulteriore approfondimento. Chiediamo la vostra collaborazione.

Gruppo di lavoro su: il problema della causalità finale e il suo fondamento realistico

Che cosa fa sì che il principio di finalità non sia un delirio lucido della mente?

- 1) La complessità delle strutture (fisiche, biologiche, psichiche).

La complessità può essere definita in rapporto alla complicatezza in questo modo. La complicatezza si riferisce a sistemi risolubili in più parti semplici (il tutto è riducibile alla somma delle parti). La complessità appartiene a quei sistemi dove il tutto non è riducibile alla somma delle parti e non è spiegabile a partire da queste. Il tutto presiede alla composizione e organizzazione delle parti.

⁸ Ricordiamo che la scienza moderna nasce in epoca rinascimentale, in un momento in cui è diffusissima anche la magia, che tende a cercare gli strumenti per “dominare” l’universo.

La complicatezza si può spiegare con l'analisi delle parti, e una lettura matematica dei rapporti tra i singoli fenomeni. La complessità invece richiede che il rapporto tra il tutto e le sue parti venga letto alla luce della causalità finale.

La lettura delle strutture (artificiali o naturali) sulla base della pura analisi matematica e della complicatezza è perciò una lettura riduzionistica. Questo riduzionismo è l'espressione di una cultura che tende al dominio sulla natura e la realtà in generale, caratteristica della civiltà occidentale. La scienza matematica è diventata lo strumento per imporre alla natura un finalismo estrinseco ad essa: la natura diventa il materiale per imprimerle delle forme estrinseche alla sua struttura, per dei fini utili all'uomo ma estranei alla natura stessa. Essa invece dovrebbe servire a intervenire sulla natura nella linea delle sue finalità.

Le strutture naturali rivelano diversi livelli di complessità: il livello inorganico, organico, biologico, psichico. La diversificazione di questi livelli dipende dalla comparsa di caratteristiche assolutamente nuove e imprevedibili (il criterio di discontinuità tra le specie viventi). Anche la scomparsa di caratteristiche che appartengono a strutture di minore complessità avviene secondo questo criterio di discontinuità. Non è una questione solo quantitativa, ma qualitativa.

La situazione è l'emergenza suprema della capacità di raffigurarsi la realtà e rivela il livello di complessità più alto (la situazione dell'io e della realtà con cui l'io si confronta).

2) La retroazione è un fenomeno che manifesta un finalismo intrinseco alle strutture della realtà.

Anche il tempo è espressione dell'acquisita capacità situazionale raggiunta ad un livello di maturazione successiva al livello percettivo, ed ha il suo fondamento oggettivo nella percezione e nell'esperienza del cambiamento.

Gruppo di lavoro su: forma, informazione, archetipo

precisazioni di significati

forma

I due modi di concepire la forma, quello di Platone (Timeo) e quello di Aristotele (Fisica, libri I e II) restano in qualche modo anche oggi.

Per il modo platonico, la forma è un progetto (idea, archetipo) a immagine della quale il Demiurgo plasma il substrato materiale. Allo stesso modo ogni artefice trasforma i suoi materiali, e vi attribuisce forme o significati che comunque non c'entrano con la natura del materiale stesso.

Da questo punto di vista le realtà naturali non risultano differire da quelle artificiali.

Il concetto aristotelico di forma è diverso. Essa è la parte attuale di un modo di esistere, così come la materia prima è la parte potenziale dello stesso modo di esistere. La materia è infatti l'aspetto per cui tale cosa è generabile e corruttibile (soggetta a divenire sostanziale), mentre la forma è l'aspetto per cui essa esiste ed è capace di operazione. La forma in questo senso è intrinseca al modo di esistere, e non estrinseca.

Ovviamente si ammettono pure le forme artificiali, estrinseche alla natura del materiale trasformato (con un pezzo di metallo si possono fare cose diverse per usi diversi). Ma l'esistere della realtà artificiale dipende dall'esistere del materiale, il che non è vero per le realtà naturali.

Nel senso platonico sarebbe "naturale" in senso aristotelico solo il materiale primordiale.

informazione

La parola "informazione" può avere due significati:

- dare forma a qualcosa: parliamo infatti di "trasformazione", naturale o artificiale che sia;
- trasmettere una conoscenza.

Nel campo tecnico, ossia proprio della scienza e della tecnica dell'informazione, si possono usare entrambi i significati:

- trasmettere la conoscenza attraverso un supporto tecnologico (per esempio una rete di trasmissione dati);
- inviare i dati di un progetto tecnico ad un dispositivo adatto a realizzarli in un oggetto materiale.

In entrambi i casi i dati devono essere codificati, cioè devono assumere forme simboliche, strettamente legate al mezzo di trasmissione, in grado di essere interpretate secondo regole predefinite; d'altra parte la codifica è sempre necessaria, in pratica, nella comunicazione fra uomini, anche quando non si usa un supporto informatico (codifica attraverso la parola, o anche, nell'opera d'arte, attraverso suoni, forme, colori, ecc.).

La codifica può subire trasformazioni nel corso di trasferimento dell'informazione dall'ente agente a quello destinato a ricevere l'informazione.

Il codice non è essenziale all'esistenza dell'informazione, ma è essenziale alla sua trasmissione.

Le scienze naturali - la biologia soprattutto, ma poi anche, per esempio, la mineralogia - usano la parola informazione in un senso che non rientra fra quelli precedenti, i quali implicano l'esistenza di almeno un soggetto dotato di coscienza:

cioè colui che trasmette conoscenza a un altro oppure dà forma a un oggetto materiale, sia pure attraverso un mezzo trasmissivo informatico.

In biologia, infatti, si parla comunemente di informazione trasmessa attraverso il codice genetico e si studia questa trasmissione con gli strumenti della teoria dell'informazione, allo stesso modo della trasmissione tra uomini. In questo caso né chi trasmette né chi riceve ha coscienza della trasmissione, e perciò non si può parlare di trasmissione della conoscenza, né di attuazione di un progetto da parte di chi trasmette.

Questo significato, estensivo rispetto a quelli propri indicati in precedenza, interessa qui in particolare: per questo lo utilizzeremo pur essendo consapevoli della sua dubbia proprietà.

Si può parlare di informazione (codificata) anche al di fuori della biologia. Per esempio in mineralogia in ogni struttura cristallina l'informazione si trasmette secondo le condizioni ambientali così da assumere un certo reticolo anziché un altro.

Questa immagine, di una "informazione", che dà forma agli enti naturali, può essere estesa fino alle particelle subatomiche. Infatti gli atomi hanno varie forme (sistema periodico) che dipendono dagli orbitali, in cui gli elettroni si dispongono secondo il principio di non sovrapposizione di Pauli.

Proprio sfruttando l'esistenza di questi "codici informativi", la tavola periodica degli elementi ha permesso di anticipare la scoperta di elementi mai visti prima.

archetipo

La più importante delle parole chiave è "archetipo". Col concetto di archetipo viene fatto riferimento a una concezione molto generale di carattere metafisico che si riattacca alla visione di Platone e si ritrova in molte altre scie di pensiero e in particolare nella corrente neoplatonica. In un quadro di tipo tradizionale del cosmo derivato dal Principio Supremo, attraverso una successione di livelli che, in un senso di allontanamento crescente, indichiamo come "spirituali", "animistici" e "corporeo", gli archetipi sono idee scaturite dalla mente di Dio, situati in livelli cosmici superiori, che si rifrangono nei livelli inferiori ed in particolare nel livello corporeo; e, a loro volta, i vari elementi del mondo corporeo, oggetti o esseri, sono il riflettersi concretizzato di tali "idee" di cui sono come i simboli.

La visione del cosmo secondo archetipi impone una loro realtà al di fuori dello svolgimento temporale. Poiché la loro realizzazione nel mondo corporeo, invece, avviene nel tempo, gli archetipi possono manifestarsi in modo successivo nel divenire. Tale successione può essere interpretata come evoluzione dall'uno all'altro; essa però si realizza in modo tale che entità a metà strada o intermedie tra due diversi archetipi non si possono mai realizzare, in quanto non preesistenti nella mente di Dio. Quali esempi eclatanti di ciò possono venire menzionati l'apparizione della cellula eucariotica o dei vari *phyla* zoologici all'inizio dell'Era Paleozoica.

l'approccio delle scienze della natura

L'esistenza di una informazione trasmessa attraverso il codice genetico pone un grave problema metodologico alle scienze della natura. E' pacifico per i biologi, infatti, che la costruzione dell'organismo vivente è governata dall'informazione contenuta nel codice genetico e che questa informazione è completa, ossia è sufficiente a definire e produrre l'intero organismo, mentre le condizioni ambientali possono soltanto modificare il progetto originario, agendo come disturbi.

Allo stesso modo si accetta senza difficoltà che ogni attività organizzata nell'universo, la vita di un alveare come la crescita di un cristallo, sia presieduta e controllata da un'azione organizzatrice che la precede. In questo senso le attività organizzate possono essere interpretate come attuazione di un "fine" preordinato ad esse.

D'altra parte l'intera evoluzione dell'universo ammette un'interpretazione finalistica. E' stato notato che la sua struttura, quale ora la conosciamo, può essere descritta con relazioni e grandezze fisiche, le costanti universali, dalle quali essa dipende molto rigidamente, al punto che piccole variazioni avrebbero portato ad un universo molto diverso, nel quale la stessa esistenza della vita e quindi dell'uomo sarebbe dubbia. Dunque si può pensare che l'evoluzione dell'universo sia ordinata a un fine e che questo fine sia per così dire "codificato" in quelle relazioni e grandezze che in ordine al fine hanno il carattere di archetipi.

Dunque non sembra privo di senso parlare di un finalismo esistente nell'universo fisico, e non sembra più giustificato il rifiuto a priori, da parte della maggioranza dei ricercatori, di studiare le cause finali al pari delle cause efficienti, che sono state l'oggetto della ricerca nelle scienze della natura dal XVI secolo in poi.

In altre parole, la scienza dell'informazione e gli sviluppi metodologici della fisica sembrano proporre una rivoluzione radicale nell'oggetto e nei metodi della ricerca. Di questo appaiono consapevoli, per esempio, René Thom e Norbert Wiener. Quanto meno, si pone il problema epistemologico di un nuovo statuto della ricerca nelle scienze naturali e il problema metafisico di quale sia l'origine di siffatto possibile finalismo.

l'approccio metafisico

Lo scienziato indaga il concatenamento di cause e individua l'informazione. Questa trasmissione d'informazione sembra un possibile indizio di presenza di intenzionalità, nel senso di causa finale.

Questa intenzionalità da un punto di vista propriamente logico può essere concepita sia come immanente che come trascendente. Immanente in quanto insita in ogni cosa del creato. Trascendente perché non c'è comune misura tra Creatore e creato e quindi l'approccio all'agire divino resta legato a modelli in qualche modo antropomorfi.

L'agire divino non è l'agire di un Demiurgo, Architetto e Artefice (Grande Orologiaio). Noi comprendiamo come da Lui dipendano l'esistere ed i modi dell'esistere. E riconosciamo che anche questi ultimi presentano per noi un mistero.

Per questo, nel pensiero umano, prevale il modello platonico. E diciamo che Dio, nell'"uovo" cosmico primordiale, ha messo gli archetipi, codificati, di ciò che ne sarebbe venuto poi.

Gruppo di lavoro sullo statuto epistemologico di una teoria scientifica capace di accogliere il finalismo

1) Preambolo introduttivo

Premesso che il nostro discorso si inserisce nel contesto di un più ampio discorso di tipo epistemologico e filosofico segnaliamo alcune tematiche che sarebbe preliminarmente utile affrontare e che altri tratterà in modo più diretto.

Qualunque sia lo statuto epistemologico della causa finale essa si iscrive in una pluralità di cause diverse che, per usare il linguaggio aristotelico, possiamo indicare come causa materiale, formale, efficiente e - appunto - finale, di cui contribuisce a spiegare la coordinazione e l'efficacia. Il limite principale della spiegazione in base alla causa finale consiste nel suo possibile uso per una sorta di spiegazione a priori che, escludendo le altre cause, risulterebbe riduttivo e fuorviante, mentre il riferimento alle altre cause ne consente il controllo e la verifica.

L'aver ceduto a questa tentazione è probabilmente il motivo che ha portato a partire dal XVI sec. ad un progressivo oblio della causa finale, sia da parte dei razionalisti (che l'hanno relegata in ambito retorico o apologetico), sia da parte degli scienziati che l'hanno vista come "alternativa" ed "escludente" rispetto alla spiegazione matematizzabile tipica della causalità materiale-efficiente, come se il ricorso alla causalità finale esimesse da una puntuale conoscenza scientifica dei fenomeni del mondo fisico.

La stessa nozione di "finalità" non può essere presa in modo ingenuo o univoco, ma bisogna correttamente affermare che essa si dice "in molti sensi", a partire dal fine inteso come termine naturale di un processo determinato, alla funzione di un organo, all'obiettivo di un'azione, fino a giungere allo scopo consapevolmente inteso da un agente libero e cosciente. Le cause finali dunque sono tante ed hanno dignità di "fini" anche quelle intermedie, tanto più che talora diversi fini possono collidere ed essere in contrasto tra loro.

Vale infine la pena di osservare come certe considerazioni sul finalismo, accantonate agli albori dell'età moderna, cominciano ad essere riprese in esame anche dai fisici ed in effetti non sembra più così scandaloso che pure i biologi si possano porre seriamente il problema di accogliere il finalismo come prospettiva adeguata di spiegazione dell'evoluzione ed anche dei dinamismi più intimi degli stessi esseri viventi.

2) Aperture al finalismo nell'ambito della fisica

Possiamo individuare perlomeno due modi in cui si riscontrano delle aperture al finalismo già presenti oggi nell'ambito della fisica e che possono essere per essa principio di ulteriori fecondi sviluppi: da un lato abbiamo un "finalismo matematizzato", dall'altro lato abbiamo aperture finalistiche non matematizzate.

2.a) Il finalismo matematizzato

Una porta attraverso cui la finalità è entrata legittimamente nelle teorie scientifiche, e fisiche in particolare, e già da parecchio tempo, è quella della formulazione delle leggi scientifiche; infatti le leggi scientifiche possono essere formulate perlomeno in due modi:

- in un primo modo si assegna la legge in maniera diretta e non finalistica (es. sono le leggi formulate in termini di equazioni differenziali o algebriche, che governano l'evoluzione dei sistemi fisici nel tempo, le proprietà dei materiali, ecc.),
- in un secondo modo non si assegna la legge in maniera diretta, ma la si identifica indirettamente assegnando il fine che attraverso di essa si deve realizzare nel mondo fisico.

Ciò che è importante sottolineare, a questo punto, è il fatto che, mentre una legge evolutiva formulata in modo diretto ammette generalmente anche la formulazione indiretta cioè finalistica (come accade ad esempio per i sistemi lagrangiani e hamiltoniani), può accadere ed è accaduto nella storia della fisica che nell'ambito di una teoria si sia in grado di formulare le leggi in modo finalistico e non se ne conosca ancora la formulazione diretta.

Un primo esempio di formulazione finalistica di leggi fisiche può essere individuato nella termodinamica che, essendo una teoria macroscopica, formula le proprie leggi in termini finalistici per il fatto che non può offrire direttamente una descrizione dei "meccanismi" microscopici che si realizzano nei processi. I processi che la natura realizza sono quelli

che raggiungono le finalità enunciate nei due principi della termodinamica: la conservazione dell'energia (primo principio) e l'aumento di entropia (secondo principio).

Un altro esempio è offerto da tutte le leggi di conservazione che possono essere lette in chiave finalistica, nel senso che il moto mantiene costante una certa quantità (quantità di moto, energia meccanica, momento angolare, o altro). Si può dire anche che tra tutti i moti concepibili si realizzano in natura solo quelli che in certe condizioni raggiungono il fine di conservare determinate grandezze fisiche.

All'interno della fisica si possono individuare delle leggi di livello (o rango) diverso, ad esempio la conservazione della quantità di moto, del momento angolare o dell'energia non sono allo stesso livello di leggi più generali di simmetria (teorema di Noether) che le includono. Le leggi di Maxwell non sono dello stesso rango di quella di Coulomb che pure è in esse inclusa. Tutta la fisica moderna particellare è bastata su ricerche di forme lagrangiane che godono di certe proprietà generalissime di simmetria e quindi di invarianza sotto certe particolari trasformazioni. Ci si chiede se dietro a queste regole che esprimono la bellezza e l'armonia dei vari fenomeni descritti non traspaia un finalismo a livelli diversificati e via via più elevati.

Anche la formulazione matematicamente più potente delle leggi meccaniche e fisiche in genere, offerta dai principi variazionali, è di tipo finalistico. I principi variazionali, infatti, affermano che la natura si comporta in maniera tale da raggiungere lo scopo di rendere minimo (o comunque stazionario) un certo integrale d'azione.

Oltre al finalismo individuato nella formulazione delle leggi della fisica un altro caso di finalismo particolarmente interessante che può presentarsi in fisica e più in generale in un sistema dinamico non lineare⁹ è quello legato agli stati indipendenti dalle condizioni iniziali, che il sistema tende prima o poi a raggiungere comunque e nel quale si mantiene fino a che non intervengano cause esterne di perturbazione. Nella teoria dei sistemi dinamici questi stati prendono il nome di attrattori stabili, ad es. i cicli limite stabili. In questi casi non sono determinate le condizioni iniziali del sistema, quanto piuttosto quelle finali che vengono comunque raggiunte.

2.b) Il finalismo non matematizzato

Oggi come oggi le maggiori resistenze sembrano piuttosto manifestarsi verso quelle forme di finalismo che non possono avere o ancora non hanno avuto una formulazione matematica completa e che chiameremo appunto "finalismo non matematizzato".

L'esempio che oggi appare più rilevante in questo ambito è indubbiamente costituito dal "principio antropico", la cui origine è legata a questioni epistemologiche interne alla scienza, inerenti il valore delle costanti universali della fisica e della struttura delle leggi fisiche fondamentali. In pratica ci si chiede che cosa determina i valori della carica elettrica elementare, della velocità della luce, della costante di Planck, delle costanti di interazione fondamentali, ecc. La fisica odierna non ci dà una risposta, ma le domande scientificamente sono più che legittime e possono anche essere molto feconde.

Il principio antropico si presenta come principio finalistico vero e proprio che appare a molti troppo filosofico per poter essere considerato interno alla scienza, perché non sembra - almeno al momento - traducibile completamente in forma matematica, anche se coinvolge quantità fisicamente misurabili come le costanti fondamentali della fisica. Ci sembra che, almeno nella sua formulazione "debole", possa essere ricondotto al genuino ambito scientifico. Basta considerarlo come risultato di due processi che consistano, il primo, nell'evidenziare come le costanti fisiche fondamentali e quelle cosmologiche sono connesse al fenomeno-vita e il secondo nel saggiare la sensibilità di tale fenomeno intesa come funzione delle variabili suddette alle loro piccole variazioni. Così facendo si evidenzia tutta una serie di fatti che costituiscono un nucleo di condizioni necessarie per lo sviluppo della vita così come noi la conosciamo e della quale sola abbiamo esperienza diretta. Ne consegue un'accordatura fine delle costanti fisiche fondamentali e cosmologiche affinché la vita si possa sviluppare; da ciò si estrae una "freccia" cioè una direzione privilegiata nell'evoluzione cosmica e più in generale in molti processi fisici connessi con l'esistenza della vita - e quindi dell'uomo nel cosmo - tracciata dalle corrispondenti strettoie, che è stata "infilata" puntualmente dal cosmo nella sua storia.

2.c) Possibili criteri per uno statuto epistemologico del finalismo in fisica

Un criterio (almeno provvisorio) che in base a quanto sopra affermato riteniamo proponibile nel contesto della fisica attuale, per quanto riguarda la formulazione di una legge scientifica in termini finalistici è il seguente:

Una legge fisica può essere enunciata in forma finalistica se la sua formulazione può essere data in termini matematici.

Rispetto al finalismo non matematizzato, con particolare riferimento al Principio Antropico (nella misura in cui rimane nella sua formulazione non pienamente matematizzata), sono da ritenersi comunque indispensabili i seguenti criteri:

- rendere conto, entro gli errori di misura ed entro i limiti che definiscono il dominio di validità della teoria stessa, dei dati sperimentali conosciuti;
- (e possibilmente) essere in grado di prevedere nuovi fenomeni controllabili sperimentalmente.

3) Il finalismo in biologia

Propriamente parlando in ambito biologico si tende a usare preferenzialmente il termine "teleonomia", ma ci sembra che in ogni caso il finalismo sia macroscopicamente evidente già nel coordinamento dei processi sottesi

⁹ Cioè un sistema in evoluzione che venga descritto mediante equazioni differenziali non lineari.

all'equilibrio statico delle piante e a quello dinamico degli animali, inoltre esso è rilevabile in tutti i processi fisiologici che sono alla base dell'omeostasi indispensabile a ogni organismo vivente, ossia alla stabilità dinamica del suo ambiente interno malgrado la continua variazione dei parametri esterni. Il coordinamento raggiunge nell'embriogenesi "una precisione fantastica, che permette a ogni cellula di adempiere al proprio ruolo al momento giusto e al posto giusto" (I. Prigogine).

Scendendo più in profondità, a livello microscopico subcellulare, l'organizzazione della vita rivela un ordine dinamico così preciso (dove anche singoli legami tra due nucleotidi del DNA hanno rilevanza fondamentale) da comportare il controllo in tempo reale non solo delle relazioni tra singole molecole, ma anche dei flussi di protoni ed elettroni.

La stessa informazione genetica, codificata da miliardi di anni nel cuore di ogni cellula, è una singolare espressione della finalità auto-organizzativa e rigenerativa della vita.

- Possibili criteri per uno statuto epistemologico del finalismo in biologia

Un criterio minimo per individuare i fondamenti delle constatazioni sopra esposte può essere ricavato da una lapidaria espressione di P. Weiss: "Il sistema [in biologia] è un'unità complessa nello spazio-tempo, le cui sub-unità cooperano per preservare l'integrità, la struttura, il comportamento, che *tendono* a restaurare dopo una perturbazione non distruttiva". In altri termini non è nemmeno possibile individuare l'oggetto proprio della disciplina, cioè il vivente come tale, se non in riferimento alla nozione di coordinamento auto-organizzativo che diventa inintelligibile se non viene intesa in termini finalistici.

Anche il carattere *stocastico* dei processi in biologia non assume il significato di "casualità" che esso assume in fisica, ma ha un sapore finalistico in quanto indica un processo in cui la casualità è strettamente limitata dalla "selettività" (il termine stesso *stochasticòs* in greco sta a indicare l'abilità a tirare con l'arco, il che presuppone un processo mirato che avrà una variazione imprevedibile ma limitata rispetto al bersaglio).

4) Alcune considerazioni conclusive

Volendo confrontare alcuni aspetti del finalismo in fisica e in biologia possiamo osservare che se il coordinamento è il tratto specifico del finalismo in biologia è da chiedersi se qualche cosa di analogo non possa essere riscontrato, sia pure a livello di traccia di finalismo, ad esempio in fenomeni che implicano il principio di Pauli che pilota il comportamento dei vari elettroni all'interno di un atomo. Se "smontiamo" l'atomo i suoi elettroni componenti si comportano in un modo completamente diverso da quando li mettiamo assieme dentro la struttura complessa atomica. Il coordinamento di un elettrone rispetto ad un altro "avvertendolo" che i suoi numeri quantici non permettono la convivenza di due di essi sullo stesso livello è regolato dal principio di Pauli.

In conclusione ci limitiamo a segnalare in modo puramente schematico alcuni problemi aperti che potrebbero costituire il naturale sviluppo delle questioni da noi affrontate, a partire dal problema degli "effetti collaterali" di questa visione scientifica in senso antropologico, sociale, ecc. che non sono oggetto proprio della nostra indagine, ma conducono ad una certa impostazione epistemologica della fisica e della biologia.

Contributo integrativo del dott. Sacchetti consegnato in fase conclusiva del convegno, la mattina del 29 settembre.

Il finalismo trova pieno diritto di cittadinanza in biologia dopo la scoperta dell'informazione genetica e della natura informativa di tutti i processi anti-entropici alla base della comunicazione, sia all'interno, sia all'esterno delle strutture e degli organismi viventi.

Già praticamente accolto nell'ambito scientifico-biologico con il termine di "teleonomia", ci sembra che il finalismo sia macroscopicamente evidente nei processi biologici di "adattamento" morfologico e funzionale all'ambiente. Adattamento di carattere generale nello spazio e nel tempo, come testimoniano gli organismi di origine terrestre successivamente tornati all'ambiente acquatico (quali per esempio i cetacei e le foche). Espressioni finalistiche di adattamento sono le migrazioni stagionali di uccelli, mammiferi terrestri e acquatici, verso le zone che, per il clima, sono più favorevoli alla nutrizione della prole; la sincronizzazione dei cicli riproduttivi con i periodi stagionali ottimali per l'allevamento e la crescita dei nuovi nati; la sincronizzazione, nel mondo vegetale, tra la fioritura e la presenza degli insetti pronubi; la competizione per la luce da parte degli autotrofi fotosintetici e per il cibo da parte degli organismi eterotrofi.

Chiaramente finalistiche sono le strategie riproduttive, fondate sul numero (come si osserva tra gli insetti) o sulla difesa attiva della prole attraverso le cure parentali, tipiche dei mammiferi e degli uccelli. Finalistici appaiono i rituali di corteggiamento - che assumono aspetti molto appariscenti nella parata nuziale di specie aviarie - la ricerca dell'altro sesso a distanze considerevoli attraverso segnali significativi di natura chimica, i cosiddetti feromoni (il bombice si giova di questi segnali fino alla distanza di circa 10 chilometri) o di natura ottica e a breve distanza, come nel caso delle lucciole. Lo stesso dicasi per quanto concerne la ritualizzazione dei conflitti sociali nei mammiferi e tutte le comunicazioni attraverso segnali di vario genere tra i mammiferi, gli uccelli e perfino gli insetti. Il premio Nobel fu assegnato nel 1973 a Karl von Frisch per avere scoperto il linguaggio delle api, ossia la danza con cui le api bottinatrici informano le compagne di alveare circa la direzione in cui si trova il cibo da esse individuato, rispetto alla posizione del sole.

Sempre in ambito macroscopico un complesso significato finalistico deve attribuirsi al coordinamento di tutti i processi che sottendono l'omeostasi e i processi morfostatici e riparativi, come quelli cicatriziali che in alcuni animali raggiungono eccezionali dimensioni rigenerative (le planarie, vermi platelminti, tagliate a pezzi si rigenerano da ogni segmento, anche se privo di quello cefalico).

A livello microscopico, RNA messaggero viene chiamato l'acido ribonucleico che trasporta fuori del nucleo cellulare l'informazione genetica destinata a essere tradotta dal linguaggio a quattro lettere degli acidi nucleici a quello a venti lettere delle proteine (e "messaggere" vengono definite in biochimica certe molecole destinate ad attivare determinati processi sequenziali). Tutta l'anatomia e l'istologia - ha scritto G. Bateson - derivano da una trasformazione contestuale di messaggi.

Anche l'evoluzione darwiniana è oggi in revisione, in quanto la selezione a posteriori presume l'organizzazione, non la spiega. Si tende a vedere l'evoluzione anche come espressione dell'autonoma attività discriminativa intrinseca in ogni forma di vita, e quindi della messa in prova, nell'arena ontogenetica, di comportamenti nuovi da parte delle singole specie, che eserciteranno quindi nel tempo una pressione selettiva sulle mutazioni della sfera genica. Non potrebbero spiegarsi altrimenti le trasformazioni già citate dei mammiferi di origine terrestre adattatisi poi all'ambiente marino.

I meccanismi stabilizzatori di feed-back negativo, in gioco nell'omeostasi, sono anche alla base della "conservazione delle specie". J. Piaget ha scritto che un'organizzazione senza conservazione sarebbe priva di senso. E lo stesso Darwin, dopo aver conosciuto la posizione di A. R. Wallace circa l'essenza conservativa dell'evoluzione, ebbe a dire che, se avesse potuto riscrivere "l'origine delle specie", avrebbe definito l'evoluzione non come selezione ma come conservazione naturale.

La conservazione e la riproduzione sono infatti il senso finalistico della vita biologica.

APPENDICE 1

Schema sintetico del lavoro dello scorso anno

PARTENZA: UN'IPOTESI DI GRIGLIA DI LAVORO

Tre problematiche nelle colonne della griglia:

- Problema di una razionalità ANALOGICA
- Problema dell'INDETERMINISMO
- Problema del FINALISMO

In qualche modo presenti nelle diverse discipline (righe della griglia):

In FISICA

- L'insorgere dei problemi non-lineari
- La meccanica quantistica e l'indeterminismo
- Il caos deterministico
- I principi variazionali
- Il principio antropico

In CHIMICA E BIOLOGIA

- Il problema del tutto integrato
- I livelli di informazione e organizzazione

In FILOSOFIA

- Il problema della forma (il tutto e le parti, la vita)
- La questione della causalità
- La nozione di natura

| | | |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------|
| RAZIONALITÀ ANALOGICA | INDETERMI- NISMO | FINALISMO |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------|

| | | | |
|---|---|--|--|
| FISICA MATEMATICA LOGICA | E non linearità e complessità autoreferenzialità e autoinclusività | indeterminismo quantistico caos deterministico | principi variazionali principio antropico |
| CHIMICA BIOLOGIA | E tutto e parti complessità livelli di informazione | | livelli di organizzazione |
| FILOSOFIA | tutto e parti analogia e partecipazione forma e natura potenza e atto | causalità | forma e natura |

1 – Spiegazione dei termini scientifici: determinismo e indeterminismo quantistico, stabilità e instabilità, caos deterministico. Principi variazionali, ecc.

2 – Valenza filosofica dei problemi scientifici legati alla non linearità e alla complessità:

— insufficienza del riduzionismo

— problema dei fondamenti di una razionalità ampliata verso l'analogia e la partecipazione

— finalismo nelle teorie scientifiche e finalismo nella filosofia

METODO DI LAVORO SUGGERITO AI GRUPPI

a) definizione della parola chiave che è il titolo alla colonna dello schema (es. il finalismo o analogia);

b) analisi delle questioni emerse che siano rilevanti per l'argomento affidato al gruppo;

c) chiarificazione del guadagno speculativo ricavato nel corso di questo convegno sul problema oggetto di studio;

d) problemi aperti, conseguenze, corollari.

CONCLUSIONI DEL LAVORO DEI GRUPPI 1995

1) ANALOGIA

A questo punto ci si dovrebbe chiedere se tutte le scienze esatte non abbiano profondi legami con l'analogia. Il tema della razionalità analogica pone il problema dell'esercizio della ragione nelle diverse discipline scientifiche: oggi ci troviamo di fronte a un quadro che non lascia molto spazio ad un'organizzazione sapienziale del sapere. Sembra interessante cercare di capire quale potrebbe essere il ruolo della logica simbolica e matematica moderna in un processo mirante a riaprire in modo rigoroso gli spazi di una razionalità analogica. Sul versante matematico bisognerebbe che la logica matematica liberasse la matematica stessa dalla pesante accusa di essere stata il veicolo principale di una visione scientifica di tipo univocista. La matematica deve essere intesa più come un mezzo di organizzazione del sapere che come un principio ordinatore; essa può essere uno strumento in grado di fornire un quadro epistemologico capace di calarsi nei diversi campi del sapere (dalla metafisica, alle scienze, alla morale). Bisogna inoltre tenere presente il problema del rapporto tra logica e metafisica: in ambito tomistico la metafisica è il versante logico della partecipazione sul piano ontologico.

2) INDETERMINISMO

— gli indeterminismi portano all'impossibilità di una previsione precisa del futuro a partire dallo stato presente sia per il cosmo microscopico che per quello macroscopico;

— questa non prevedibilità in regime di caos deterministico è un fatto assolutamente generale: per quanto piccola sia la perturbazione, dopo un tempo sufficientemente lungo essa farà sentire i suoi effetti e renderà il risultato del problema indeterminato;

— gli effetti dei termini non lineari vanno aumentando di importanza col crescere del numero degli oggetti del sistema; la loro fundamentalità va quindi crescendo dai problemi astronomici a quelli molecolari e oltre ancora alla biologia.

— la visuale della fisica classica deterministica che si basava su leggi universali valide con effetti complessivi che risultavano come somma degli effetti dei componenti è completamente capovolta. Ora con gli effetti non lineari è la prevedibilità del futuro che diventa l'aspetto dominante. Non è più la biologia che si vuol ricondurre alla fisica, ma la fisica che appare come caso limite, semplice, della biologia dal punto di vista metodologico.

CAMPI DA APPROFONDIRE: essenzialmente le zone di trapasso da una visione all'altra. Da che situazioni in poi la visuale deterministica diventa praticamente incompleta? Quali sono le condizioni di trapasso dall'impostazione classica della fisica a quella quantistica?

3) FINALISMO

— Dietro certe regole di invarianza, di bellezza e di armonia che sono anche le linee portanti di alcuni nuovi sviluppi della fisica, si cela forse un'intuizione di carattere finalistico?

— Il problema del principio antropico pone in modo eclatante il problema del rapporto tra l'origine della vita e la storia dell'universo, non limitandosi agli ultimi anni della storia del medesimo, ma a partire dalle sue primissime origini. Si tratta di un arco evolutivo che può e deve essere studiato in termini fortemente interdisciplinari.

— Nell'ambito dei sistemi macroscopici sperimentiamo l'irreversibilità del tempo, mentre a livello di sistemi microscopici le leggi della fisica postulano l'invarianza temporale (teorema H di Boltzmann); ci possiamo dunque chiedere come si è originata la cosiddetta freccia del tempo, a cui si lega tutta la termodinamica dei processi di non equilibrio (tipici dei sistemi viventi).

— Vale la pena di segnalare, soprattutto in campo biologico, il tentativo di sostituire la visione teleologica (accanto alla quale il biologo tende ad arrossire) con la nozione informatica di programma.

— L'intero contributo di Spadoni può configurarsi come un insieme di suggestioni e di interrogativi che, per ora, sono rimasti aperti e richiederebbero di venire chiarificati in futuro.

APPENDICE 2: CONTRIBUTI SCRITTI

Si tratta dei contributi che i partecipanti hanno portato al convegno, come integrazione dei loro interventi nel dibattito comune.

Binotti

ARISTOTELE: FISICA¹⁰

(Libro) B, (capitolo) 3, 194 b 32 -195 a 3

Inoltre <una cosa è causa> come il fineⁱ ed è questo il per-cuiⁱⁱ, come del passeggiare è la salute. Se ci si domanda, infatti: "Perchéⁱⁱⁱ quel tale passeggia ?", rispondiamo "Per^{iv} star bene"; e così dicendo noi crediamo di averne data la causa. E sono tali anche tutte quelle cose che, mosse da altre, si trovano in mezzo, tra il motore e il fine, come per la salute, il dimagrire o il purgante o i farmaci o gli attrezzi ginnici: tutti questi sono per il fine^v e differiscono tra loro solo in quanto alcuni sono azioni^{vi}, altri strumenti^{vii}.

B, 7, 198a6-a27

È ormai chiaro quali siano le <cause> e che il loro numero sia quello da noi indicato: infatti ogni "perché ?"^{viii}, ne contempla un tal numero. E ogni "perché ?" si riconduce alla fin fine o al che-cosa-è^{ix} come avviene "nelle-cose-senza-movimento"^x (come in matematica dove infatti ci si riconduce alla fine alla definizione, del <l'angolo> retto o del commensurabile o di qualche altro) o al primo motore (come <per es.> "perché combatterono ?" "perché erano stati depredati") o al per-cui^{xi} ("per dominare"), o alla materia^{xii} "nelle-cose-soggette-a-divenire". Che dunque le cause siano tali e tante è chiaro; ma poiché le cause sono quattro, è compito del fisico conoscerle tutte e dare fisicamente la risposta ad ogni "perché", riconducendola a tutte <le cause>: la materia, la forma^{xiii}, il motore, il per-cui. Tre di queste spesso si riducono ad una: infatti <spesso> è uno, il "che-cosa-è" ed il "per-cui", e la prima <causa> del movimento è identica per specie ad essi. Perché: "uomo genera uomo".

B, 7, 199a8-a20

Inoltre in tutte le cose nelle quali c'è un fine, per^{xiv}-questo si fa una cosa prima ed una poi. Quindi come una cosa agisce, così è disposta-per-natura^{xv} e come è disposta-per-natura così agisce, se non c'è impedimento. Ma agisce per-qualche-cosa^{xvi}, dunque è disposta-per-natura per-qualche-cosa. Ad esempio: se la casa fosse parte delle cose che si producono naturalmente^{xvii}, non si genererebbe altrimenti da come è prodotta ora dalla tecnica, e se le cose che sono naturalmente non solo si generassero naturalmente ma anche artificialmente, si produrrebbero allo stesso modo nel quale sono disposte-per-natura. Infatti una è per^{xviii}-l'altra. Insomma, la tecnica compie alcune cose che la natura è incapace di portare a termine, altre poi le imita. Quindi se i prodotti artificiali sono per-qualche-cosa, è evidente che è così anche per quelli naturali: nei prodotti artificiali e in quelli naturali il prima ed il poi stanno in rapporti simili gli uni con gli altri.

B, 8, 199b 18-b32

Il per-cui e quel-che-è-per-esso^{xix} potrebbero anche verificarsi per fortuna^{xx}, come diciamo che venne l'ospite e avendo liberato il prigioniero, se ne andò, comportandosi come se fosse venuto per-questo^{xxi} mentre non era venuto per-questo.

¹⁰ Il testo qui usato è quello di W.D. Ross (rec.), *Aristotelis Physica*, Oxonii, Clarendon, 1960 (1950). La traduzione italiana è di A. Russo, *Aristotele La Fisica*, Bari, Laterza, 1968 fortemente modificata per mantenerla aderente al testo greco e per correggerne gli errori. In nota sono riportati gli equivalenti greci (e latini) dei termini fondamentali.

Questa <è> una coincidenza^{xxii} (infatti la fortuna è una delle cause accidentali^{xxiii} come dicevamo prima), ma se questo si produce sempre o per-lo-più^{xxiv}, allora non è più una coincidenza né per fortuna. E nelle cose naturali è sempre così, se non c'è impedimento. Ed è assurdo non credere che il prodursi <sia> per-un-qualche-cosa^{xxv}, perché non si vedrebbe il motore mentre delibera^{xxvi} <di muovere>. Infatti anche la tecnica non delibera^{xxvii}. Se infatti <la tecnica di> costruire navi fosse dentro il legno, agirebbe in modo simile alla natura: perciò se nella tecnica c'è il-per-qualche-cosa^{xxviii}, c'è anche nella natura. Questo è particolarmente evidente quando uno <è un medico che> cura se stesso: ad esso assomiglia la natura.

Avvertenza: Il testo greco di Aristotele presenta un carattere “astratto” che va attentamente considerato: le espressioni che lo compongono sono formate di preposizioni e pronomi indefiniti e/o dimostrativi (nelle quali gli uni esprimono “funzioni” e gli altri “variabili”).

Sui problemi posti in generale alla concezione del fine rispettivamente dalla Fisica di Aristotele e da S. Tommaso si possono utilmente consultare

W. Wieland, *Die aristotelische Physik. Untersuchungen ...*, Göttingen, Vandenhoeck&Ruprecht, 1970 (1962),

tr. it. di C. Gentili, *La Fisica di Aristotele. Studi sulla fondazione della scienza della natura e sui fondamenti linguistici della ricerca dei principi in Aristotele*. Bologna, Il Mulino, 1993, pp.322-351

A. Mongillo e G. Binotti, *Il problema del fine: S. Tommaso Summa Theologiae, Ia IIae, q. 1. Ermeneutica*, in, B.C. Bazán, E. Andujar, L. G. Sbrocchi, *Les philosophies morales et politiques au Moyen Age - Moral and political Philosophies in the Middle Ages. Acte du IXe Congrès international de Philosophie Médiéval*. II, N. York - Ottawa - Toronto, LEGAS, 1995, pp. 1093-1100.

TERMINI LATINI E GRECI

| | |
|--------|---|
| i | tò télōs |
| ii | tò hoû hénēka = id cuius gratia |
| iii | dià tí |
| iv | hína |
| v | toû télōs hénēka = finis gratia |
| vi | ér̄ga |
| vii | órgana |
| viii | tò dià tí |
| ix | tò tí estin = quod quid est (quidditas) |
| x | en toîs akinétois |
| xi | tínos hénēka |
| xii | he hýle |
| xiii | tò eîdos |
| xiv | hénēká |
| xv | péphyke(n) |
| xvi | hénēká tou |
| xvii | phýsei |
| xviii | hénēká |
| xix | tò dè hoû hénēka kai hò toúto hénēka |
| xx | apò týchēs |
| xxi | hénēka toúto |
| xxii | katà symbebêkós = secundum accidens |
| xxiii | tôn katà symbebêkós aítíōn |
| xxiv | aiei ē epì tò polù |
| xxv | hénēká tou |
| xxvi | bouleusámenos |
| xxvii | ou bouleúetai |
| xxviii | tò hénēká tou |

APPENDICE I

testi di commento corrispondenti a quelli aristotelici
da

P. M. Maggiolo O.P., Tommaso d'Aquino, *In Octo Libros Physicorum Expositio*.

Taurini-Romae, Marietti, 1954

2, (*Lectio*) 5

Quartum autem modum causae ponit, quod aliquid dicitur causa ut finis; et hoc est cuius causa aliquid fit, sicut sanitas dicitur ambulationis. Et hoc patet quia respondetur ad quaestionem factam propter quid: cum enim quaerimus propter

quid ambulat? Dicimus ut sanetur; et hoc dicentes opinamur nos assignare causam. Ideo autem potius probat de fine quod sit causa quam de aliis, quia hoc minus videbatur propterea quia finis est ultimum in generatione. Et ulterius addit quod omnia quae sunt intermedia inter primum movens et ultimum finem, omnia sunt quodammodo fines: sicut medicus ad sanitatem inducendam extenuat corpus, et sic sanitas est finis maciei; maciem autem operatur per purgationem; purgationem autem per potionem; potionem autem praeparat per aliqua instrumenta. Unde omnia haec sunt quodammodo finis: nam macies est finis purgationis, et purgatio potionis, et potio organorum, et organa sunt fines in operatione vel inquisitione organorum. Et sic patet quod ista intermedia differunt ad invicem, inquantum quaedam sunt organa et quaedam opera, operata scilicet per organa. Et hoc inducit ne aliquis credat quod solum id quod est ultimum sit causa sicut cuius gratia, propter hoc quod hoc nomen finis ultimum quoddam esse videtur. Est igitur omnis finis ultimum non simpliciter, sed respectu alicuius. Et ultimo concludit quod fere tot modis dicuntur causae. Et addit fere, propter causas quae sunt per accidens, sicut sunt casus et fortuna.

2, 10

Deinde cum dicit: quae autem sunt causae etc., Ostendit quod causae non sunt plures iis quae sunt dictae. Quod quidem manifestatur sic. Hoc quod dico propter quid, quaerit de causa; sed ad propter quid non respondetur nisi aliqua dictarum causarum; non igitur sunt plures causae quam quae dictae sunt. Et hoc est quod dicit, quod hoc quod dico propter quid, tot est secundum numerum, quot sunt causae praedictae. Quandoque enim propter quid reducitur ultimo in quod quid est, idest in definitionem, ut patet in omnibus immobilibus, sicut sunt mathematica; in quibus propter quid reducitur ad definitionem resti vel commensurati vel alicuius alterius quod demonstratur in mathematicis. Cum enim definitio recti anguli sit, quod constituatur ex linea super aliam cadente, quae ex utraque parte faciat duos angulos aequales; si quaeratur propter quid iste angulus sit restus, respondetur quia constituitur ex linea faciente duos angulos aequales ex utraque parte; et ita est in aliis. Quandoque vero reducitur propter quid in primum movens; ut propter quid aliqui pugnaverant? Quia furati sunt: hoc enim est quod incitavit ad pugnam. Quandoque autem reducitur in causam finalem; ut si quaeramus cuius causa aliqui pugnant, respondetur, ut dominantur. Quandoque autem reducitur in causam materialem; ut si quaeratur quare istud corpus est corruptibile, respondetur, quia compositum est ex contrariis. Sic ergo patet has esse causas, et tot. Necesse est autem quatuor esse causas. Quia cum causa sit ad quam sequitur esse alterius, esse eius quod habet causam, potest considerari dupliciter: uno modo absolute, et sic causa essendi est forma per quam aliquid est in actu; alio modo secundum quod de potentia ente fit actu ens. Et quia omne quod est in potentia, reducitur ad actum per id quod est actu ens; ex hoc necesse est esse duas alias causas, scilicet materiam, et agentem qui reducit materiam de potentia in actum. Actio autem agentis ad aliquid determinatum tendit, sicut ab aliquo determinato principio procedit: nam omne agens agit quod est sibi conveniens; id autem ad quod tendit actio agentis, dicitur causa finalis. Sic igitur necesse est esse causas quatuor.

2, 13

Secundam rationem ponit ibi: amplius in quibuscumque etc.; Et dicit quod in quibuscumque est aliquis finis, et priora et consequentia omnia aguntur causa finis. Hoc supposito sic argumentatur. Sicut aliquid agitur naturaliter, sic aptum natum est agi: hoc enim significat quod dico naturaliter, scilicet aptum natum. Et haec propositio convertitur, quia sicut aliquid aptum natum est agi, sic agitur: sed oportet apponere hanc conditionem, nisi aliquid impediat. Accipiamus ergo primum, quod non habet instantiam, quod sicut aliquid agitur naturaliter, sic aptum natum est agi. Sed ea quae fiunt naturaliter, sic aguntur quod inducuntur ad finem; ergo sic apta nata sunt agi, ut sint propter finem: et hoc est naturam appetere finem, scilicet habere aptitudinem naturalem ad finem. Unde manifestum est quod natura agit propter finem. Et hoc quod dixerat, manifestat per exemplum. Similiter enim ex prioribus pervenitur ad posteriora in arte et in natura: unde si artificialia, ut domus, fierent a natura, hoc ordine fierent quo nunc fiunt per artem; ut scilicet prius institueretur fundamentum, et postea erigerentur parietes, et ultimo superponeretur tectum. Hoc enim modo natura procedit in iis quae sunt terrae affixa, scilicet in plantis: quarum radices quasi fundamentum terrae infiguntur; stipes vero ad modum parietis elevatur in altum; frondes autem supereminent ad modum tecti. Et similiter si ea quae fiunt a natura, fierent ab arte, hoc modo fierent sicut apta nata sunt fieri a natura; ut patet in sanitate, quam contingit fieri et ab arte et a natura; sicut enim natura sanat calefaciendo et infrigidando, ita et ars. Unde manifestum est quod in natura est alterum propter alterum, scilicet priora propter posteriora, sicut et in arte. Tertiam rationem ponit ibi: omnino autem ars etc.; Et dicit quod ars quaedam facit, quae natura non potest facere, sicut domum et alia huiusmodi: in iis vero quae contingit fieri et ab arte et a natura, ars imitatur naturam, ut patet in sanitate, ut distum est: unde si ea quae fiunt secundum artem, sunt propter finem, manifestum est quod etiam ea quae fiunt secundum naturam, propter finem fiunt, cum similiter se habeant priora ad posteriora in utrisque. Potest tamen dici quod haec non est alia ratio a praemissa; sed complementum et explicatio ipsius.

2, 14

Contingit autem id cuius causa fit aliquid, aliquando fieri a fortuna, quando non propter hoc agitur: sicut si aliquis extraneus veniat, et recedat balneatus, dicimus hoc esse a fortuna, eo quod ita fecit, se balneando, ac si propter hoc venisset, cum tamen propter hoc non venerit; unde secundum accidens est ipsum balneari (fortuna enim est de numero causarum secundum accidens, ut prius dictum est). Sed si semper aut frequenter ei venienti hoc accadat, non dicitur esse a fortuna. In rebus autem naturalibus, non per accidens sed semper sic est, nisi aliquid impediat: unde manifestum est quod determinatus finis, qui sequitur in natura, non sequitur a casu, sed ex intentione naturae. Ex quo patet quod contra rationem naturae est, dicere quod natura non agat propter aliquid. Deinde cum dicit: inconveniens autem est etc., Excludit tertium ex quo aliquis opinari potest quod natura non agat propter aliquid. Videbatur enim quibusdam quod natura non agat propter aliquid, quia non deliberat. Sed philosophus dicit quod inconveniens est hoc opinari: quia manifestum est quod ars agit propter aliquid; et tamen manifestum est quod ars non deliberat. Nec artifex deliberat inquantum habet artem, sed inquantum deficit a certitudine artis: unde artes certissimae non deliberant, sicut

scriptor non deliberat quomodo debeat formare litteras. Et illi etiam artifices qui deliberant, postquam invenerunt certum principium artis, in exequendo non deliberant: unde citharaedus, si in tangendo quamlibet chordam deliberaret, imperitissimus videretur. Ex quo patet quod non deliberare contingit alicui agenti, non quia non agit propter finem, sed quia habet determinata media per quae agit. Unde et natura, quia habet determinata media per quae agit, propter hoc non deliberat. In nullo enim alio natura ab arte videtur differre, nisi quia natura est principium intrinsecum, et ars est principium extrinsecum. Si enim ars factiva navis esset intrinseca ligno, facta fuisset navis a natura, sicut modo fit ab arte. Et hoc maxime manifestum est in arte quae est in eo quod movetur, licet per accidens, sicut de medico qui medicatur se ipsum: huic arti enim maxime assimilatur natura. Unde patet quod natura nihil est aliud quam ratio cuiusdam artis, scilicet divinae, indita rebus, qua ipsae res moventur ad finem determinatum: sicut si artifex factor navis posset lignis tribuere, quod ex seipsis moverentur ad navis formam inducendam.

APPENDICE II

LA CRITICA ALLE CAUSE FINALI: BACONE - GALILEI - CARTESIO

F. BACONE

“L’intelletto umano è mobile, e non sa accontentarsi né acquietarsi mai, perché cerca sempre, ma invano, qualcosa di nuovo a cui tendere ... in modo ancor più deplorabile si presenta questa incapacità del pensiero nella questione delle cause: infatti gli universali massimi della natura (in qualunque modo si scoprano) devono essere positivi, e non possono perciò avere una causa. Ma l’intelletto, incapace di fermarsi, tende ad universali ancor più noti e, mentre cerca cause ulteriori ricade in quelle più prossime, cioè nelle cause finali, le quali tengono assai più della natura dell’uomo che di quella dell’universo, e hanno corrotto la filosofia in mille modi”

(*Novum Organon*, I, 48; la traduzione è quella di E. De Mas, *F. Bacon, Opere filosofiche*, Bari, Laterza, 1965).

G. GALILEI

SIMPLICIO - Non deviamo ammettere, nessuna cosa esser stata creata invano ed esser oziosa nell’universo; ora, mentre che noi veggiamo questo bell’ordine di pianeti, disposti intorno alla Terra in distanze proporzionate al produrre sopra di quella suoi effetti per beneficio nostro, a che fine interpor di poi tra l’orbe supremo di Saturno e la sfera stellata uno spazio vastissimo senza stella alcuna, superfluo e vano? a che fine? e per comodo ed utile di chi? - SALVIATI - Troppo mi pare che ci arroghiamo, signor Semplice, mentre vogliamo che la sola cura di noi sia l’opera adeguata ed il termine oltre al quale la divina sapienza e potenza niuna altra cosa faccia o disponga: ma io non vorrei che noi abbreviassimo tanto la sua mano, ma ci contentassimo di esser certi che Iddio e la natura talmente si occupa al governo delle cose umane, che più applicar non ci si potrebbe quando altra cura non avesse che la sola del genere umano; il che mi pare con un accomodatissimo e nobilissimo esempio poter dichiarare, preso dall’operazione del lume del Sole, il quale mentre attrae qui vapori o riscalda quella pianta, gli attrae e la riscalda in modo, come se altro non avesse che fare: anzi nel maturar quel grappolo d’uva, anzi per quel granello solo, vi si applica che più efficacemente applicar non vi si potrebbe quando il termine di tutti i suoi affari fosse la sola maturazione di quel grano. Ora, se questo grano riceve dal Sole tutto quello che ricever si può né gli viene usurpato un minimo che dal produrre il Sole nell’istesso tempo mille e mill’altri effetti, d’invidia o di stoltizia sarebbe da incolpar quel grano quando e’ credesse o chiedesse che nel suo pro solamente si impiegasse l’azione de’ raggi solari. Son certo che niente si lascia indietro dalla divina Provvidenza di quello che si aspetta al governo delle cose umane; ma che non possono essere altre cose nell’universo dipendenti dall’infinita sua sapienza, non potrei per me stesso, per quanto mi detta il mio discorso, accomodarmi a crederlo: tuttavia, quando pure il fatto stesse in altra maniera, nessuna renitenza sarebbe in me di credere alle ragioni che da più alta intelligenza mi venissero addotte. In tanto quando mi vien detto che sarebbe inutile e vano un immenso spazio intraposto tra gli orbi dei pianeti e la sfera stellata, privo di stelle ed ozioso, come anco superflua tanta immensità, per ricetta delle stelle fisse, che superi ogni nostra apprensione, dico che è temerità voler far giudice il nostro debolissimo discorso delle opere di Dio, e chiamar vano e superfluo tutto quello dell’universo che non serve per noi. - SAGREDO - Dite pure, e credo che direte meglio *che noi non sappiamo che serva per noi*: ed io stimo una delle maggiori arroganze, anzi pazzie, che introdurre si possano, il dire: “Perché io non so a quel che mi serva Giove o Saturno, adunque questi son superflui, anzi non sono in natura”, mentre che, oh stoltissimo uomo, io non so né anco a quel che mi servano le arterie, le cartilagini, la milza o il fele, anzi né saprei d’avere il fele, la milza o i reni se in molti cadaveri tagliati non mi fossero stati mostrati, ed allora solamente potrei intender quello che operi in me la milza, quando ella mi fosse levata. Per intender quali cose operi in me questo o quel corpo celeste (già che tu vuoi che ogni loro operazione sia indirizzata a noi), bisognerebbe per qualche tempo rimuovere quel tal corpo, e quell’effetto, ch’io sentissi mancare in me, dire che dependeva da quella stella. Di più, chi vorrà dire che lo spazio che costoro chiamano troppo vasto ed inutile, tra Saturno e le stelle fisse, sia privo d’altri corpi moderni? forse perché non gli vediamo? adunque i quattro pianeti Medicei e i compagni di Saturno vennero in cielo quando noi cominciammo a vederli e non prima? e così le altre innumerabili stelle fisse non vi erano avanti che gli uomini le vedessero?”

(*Dialogo dei massimi sistemi*, giornata III, in A. Favaro (a cura di -), *G. Galilei Opere*, (Edizione Nazionale), Firenze, Barbera, 1890-1909, VII, 394-396)

R. CARTESIO

“Tutto ciò che [Gassendi] dice a favore della causa finale va riferito alla causa efficiente; infatti dall’esame dell’utilità delle parti nelle piante, negli animali ecc. passare ad ammirare Dio come autore è lo stesso che, in base all’esame delle opere, conoscere e glorificare l’artefice, ma non significa indovinare a qual fine abbia fatto ogni cosa. E sebbene nell’etica, dove spesso è lecito servirsi di congetture, sia a volte lecito considerare per ipotesi quale fine Dio si sia proposto nel

governare l'universo, certamente ciò è inutile in fisica, dove tutto deve poggiare su solidissime ragioni. Né si può fingere che alcuni fini di Dio siano più evidenti di altri, infatti tutti sono ugualmente nascosti nell'imperturbabile abisso della sua sapienza. E nemmeno si deve fingere che nessun mortale può conoscere altre cause; infatti non ce n'è nessuna che non sia molto più facile a conoscere di un fine di Dio"

(R. Cartesio, *Risposte alle quinte obiezioni* (Quarta meditazione, n. 1), AT, VII, 374-5)

Dallaporta

FINALISMO

Penso che nel concetto generale di "finalismo siano inclusi diversi significati, anche talvolta abbastanza eterogenei che per prima cosa occorre chiarire.

Nella grande maggioranza dei casi, il finalismo è strettamente legato alla incidenza della prospettiva che assume il tempo nella visione del mondo.

Partendo dall'aspetto più ampio ed inclusivo, quello extratemporale, il tempo si equipara totalmente ad una quarta dimensione dello spazio. Una Intelligenza che vede questa quarta dimensione come le altre è fuori dal divenire. Tale la visione extratemporale di Dio, costituita da un presente coeterno; per visualizzarla con un esempio incompleto, uno spazio a due dimensioni, la terza funga da tempo. In questo mondo ridotto, vediamo come Dio, tutto in un solo colpo. Il trasporto, per noi non immaginativamente intuibile, a 4 dimensioni, è realizzato in alcuni campi della fisica, relatività ristretta e generale.

Ancora prima, una visione tetradimensionale era implicita nella formulazione delle leggi della meccanica sotto forma di principi variazionali. L'imporre che la traiettoria vera si ottenesse come estremante di un certo integrale variazionale esteso simmetricamente dal passato al futuro implicava di per sé un colpo d'occhio fuori del tempo.

Per l'uomo, la visione si limita alle tre dimensioni; di fronte al paesaggio extratemporale a 4 dimensioni, è come se l'uomo lo dividesse in tante fette parallele, che focalizza in modo successivo, mediante appunto il senso, inerente puramente al dominio psichico, della successione: senso che permane rispetto agli eventi psichici, anche se chiudiamo i sensi al mondo esterno. Ed è solo quando, tramite i sensi, ci mettiamo in contatto coll'esterno, che tale senso intimo di successione viene proiettato nell'ambiente che ci circonda. Siccome poi nel mondo esterno vi è movimento autonomo, e quindi in genere cambiamento, ecco che tali movimenti o cambiamenti s'inseriscono nel senso di successione psicologica. Ciò consente un trasferimento del senso di successione dallo stato interno a quello esterno: la successione che percepiamo in noi viene attribuita come inerente al mondo esterno.

È solo allora che può nascere, nel mondo puramente esterno, il secondo aspetto del tempo, cioè la "quantità" di tempo, ovvero la durata. Ciò è reso possibile dal fatto che esistono movimenti esterni che si riproducono con apparente regolarità secondo il senso di successione. Allora assumiamo tali moti regolari come orologi, ed ipotizziamo i battiti dell'orologio come equidistanti nella successione, definendo in tal modo una durata. È solo allora che il senso iniziale di successione psicologica diventa misurabile, ciò che consente di sceglierlo generalmente come parametro basilare, rispetto allo scorrere del quale si valuta il decorrere degli eventi, e come variabile indipendente nel divenire del mondo corporeo.

È sulla base della durata così definita che sono poi costruire tutte le leggi della dinamica, che costituiscono gli occhiali attraverso i quali osserviamo e tentiamo di analizzare la natura.

Pertanto, la quarta dimensione può venire percorsa in un solo senso, per conseguenza dell'istinto stesso di successione, e che pertanto diventa asimmetrica, polarizzandosi nelle tre fasi profondamente diverse per la vita umana, di passato, presente, futuro.

Però, la vera differenziazione tra il passato ed il futuro non dipende dalla sola successione, ma dal fenomeno pure psichico della memoria. Noi ricordiamo il passato, e non prevediamo il futuro. Ciò fa sì che per noi solo il passato si presenta con coerenza, e che pertanto collochiamo la sicurezza solo nel passato, e naturalmente cerchiamo di prevedere il futuro in base a tale passato.

Questa impostazione, che di per sé appartiene al mondo psichico e non a quello corporeo, conduce naturalmente alla visione deterministica.

L'origine della visione deterministica è in certo modo inerente alla stessa matematica di cui ci si serve per scrivere le equazioni fondamentali del moto dei corpi materiali. L'accelerazione a che un corpo, nel caso più semplice puntiforme, di massa m subisce da parte di una forza f agente su di esso è data dal quoziente di tale forza colla massa. Questa relazione si esprime tramite una cosiddetta equazione differenziale, "integrando" la quale si può, in un primo passo, risalire dall'accelerazione ai valori della velocità che il corpo acquista via via sotto l'azione della forza, ed in un secondo passo, alle successive posizioni, il cui insieme costituisce ciò che chiamasi la sua traiettoria, seguita dal corpo nei vari istanti successivi, sempre come effetto della forza subita. Se non che questa traiettoria, in base alla sola equazione del moto, non è univocamente definita: sono possibili infinite traiettorie, che differiscono l'una dall'altra per i valori di due costanti arbitrarie che devono venire precisate onde selezionare una data traiettoria da tutte le altre possibili. Queste costanti vengono chiamate le "condizioni iniziali", e nei problemi più semplici hanno un ben preciso significato fisico: bisogna, in un dato tempo, detto "tempo iniziale", assegnare un valore preciso tanto alla velocità quanto alla posizione che aveva

il corpo in quell'istante. Con tale precisazione la traiettoria possibile diventa unica, e tutte le posizioni e le velocità che il corpo potrà raggiungere nell'avvenire sono pertanto condizionate dalla scelta delle condizioni iniziali. Risulta quindi che la situazione avvenire è strettamente dipendente dalle condizioni passate, e che pertanto la situazione del passato determina univocamente, e quindi in modo necessario, la situazione avvenire. In questo consiste appunto il determinismo: nel mondo della meccanica, non c'è posto per la scelta, per il libero arbitrio: il passato prescrive in modo inequivocabile il futuro. Il divenire è rigorosamente causale; e queste cause, situate nel passato, non consentono alcun gioco a quanto ne conseguirà nei tempi successivi.

Sarà forse bene fin da ora mettere in luce che tale ferrea conclusione, la quale ha dominato per quasi due secoli la visione del mondo fisico, non è per nulla inerente, come generalmente si crede, alla matematica stessa che soggiace alla risoluzione delle equazioni differenziali rappresentanti la fisica del problema, ma ne costituisce una copertura filosofica a priori la quale ben poco ha da fare colla fisica in sé. Nulla prescrive infatti che la scelta delle condizioni iniziali debba situarsi nel passato rispetto al momento attuale; la soluzione matematica in sé non richiede alcuna precisa collocazione temporale di tali condizioni, che si potrebbero invece piazzare anche nel futuro; di modo che posizione e velocità che si ricavano per il momento attuale saranno quelle che nel futuro consentiranno di raggiungere le condizioni assegnate, le quali, con questa nuova scelta, non più risulteranno iniziali, bensì finali; e la visione che, se vogliamo, potremo sempre chiamare deterministica, cesserà però dall'essere causale per diventare invece finalistica. È pertanto chiaro che il substrato matematico della fisica permette di determinare da certe condizioni assegnate tanto il futuro quanto il passato; per un'intelligenza extratemporale vi sarebbe perfetta simmetria tra le due direzioni in avanti ed indietro nel tempo. In questa nuova ottica, determinismo vorrebbe dire: determinazione univoca nei due sensi del tempo di un fenomeno contrassegnato dall'imposizione di due condizioni in un qualunque istante. Il senso limitativo usuale, - futuro dipendente dal passato -, è quindi una restrizione filosofica arbitraria estranea alla matematica, e legata al nostro senso, per altro ancora non chiaramente spiegato, dell'irreversibilità del tempo, per cui il passato viene considerato da noi sicuro ed il futuro invece ignoto; sicché per determinare un fenomeno risulta più spontaneo riferirsi ad un passato certo che non ad un futuro per lo meno ipotetico. Pertanto, il pretendere che sia la sola causalità, e non il finalismo, a dominare la fisica, è soltanto questione di punto di vista, antropomorfo, dipendente dal nostro cervello.

Se non avessimo memoria, il passato sarebbe per noi altrettanto inaccessibile del futuro, e la simmetria delle due direzioni del tempo sarebbe ristabilita. Riteniamo che questa considerazione, la quale non viene generalmente fatta, sia tale da mettere chiaramente in luce i paraocchi filosofici imposti fin dal Settecento alla scienza onde confinarne la portata ed il vero raggio d'azione, e da preparare la mente ai nuovi eventi che da qualche decennio stanno seppellendo il determinismo filosofico nell'accezione sua di puro predominio causale nel mondo fisico. Se tuttora «determinismo» può significare connessione necessaria tra gli eventi di tutti i tempi, previa la conoscenza di due costanti assegnate, oggi sappiamo che nessuna pregiudiziale si deve imporre circa la collocazione temporale di tali costanti.

La provenienza dell'aspetto psichico-filosofico che abbiamo fin qui messo in evidenza, quale condizionatore del senso dell'unidirezionalità nel tempo dell'impostazione deterministica, è ulteriormente convalidata dal fatto ben noto che tutte le leggi base della fisica (meccanica ed elettrologia) sono invarianti per il rovesciamento del senso del tempo (time reversal) che si ottiene cambiando t in $-t$. Se la fisica si limitasse a tale dominio di leggi, la direzionalità preferenziale del tempo sarebbe puramente questione del dominio psicologico. Invece, non è così: esiste nel mondo corporeo stesso un principio che condiziona il senso del tempo, il secondo principio della termodinamica. Se non ci fosse tale principio, potremmo osservare, in base al solo nostro senso di successione, due liquidi eterogenei mescolati separarsi spontaneamente, quanto il contrario. Il secondo principio assegna una direzionalità temporale direttamente al mondo corporeo, che si affianca e si sovrappone alla direzionalità nostra psichica. Con ciò questa direzionalità su tutti i piani convalida come primo approccio al mondo fisico quello della causalità temporale.

Tale conclusione, generalmente accettata da tutti fino a qualche decennio fa, sembra oggi fortemente soggetta a revisione in base agli sviluppi assunti da tutti i punti di vista che vanno sotto il nome generico della "complessità".

Partiamo da un esempio semplice che permetta di focalizzare le possibilità per una nuova prospettiva. Prendiamo un sistema formato da n parti o subunità, e come scopo di ricerca le relazioni eventualmente intercorrenti tra le proprietà del sistema complessivo e quelle delle sue singole parti: qual è stata la prima strada seguita in vista d'affrontare codesto tipo di problemi? Ovviamente, la più naturale, la più spontanea: entra in effetti nella perfetta logica delle cose che lo sviluppo preferenziale per una qualunque scienza, ed in particolare per la fisica, consista nel transitare dalla soluzione dei problemi più semplici a quella dei casi gradatamente più complessi: già Galileo scopre la legge dell'isocronismo delle oscillazioni del pendolo, e circa un secolo dopo, le leggi basilari della meccanica permettono l'integrazione esatta delle equazioni del moto per l'oscillatore armonico e per il problema dei due corpi in attrazione reciproca newtoniana o coulombiana; come già s'era visto, ambedue questi casi si risolvono facendo ricorso alla pura causalità temporale; e sono questi due esempi che, di fatto, stanno alla base del trionfo quasi assoluto della concatenazione causale, e del conseguente determinismo, quale interpretazione esclusiva del divenire fisico nel corso degli ultimi secoli.

È forse un po' meno noto, ed è per lungo tempo passato sotto silenzio, che questi due problemi, l'oscillatore armonico ed il moto newtoniano dei due corpi, sono praticamente gli unici per i quali le equazioni della meccanica si possono integrare in modo esatto, ed ai quali si è quasi costretti di fare ricorso come approssimazione d'ordine zero in vista di problemi più complicati. Se pertanto, come s'era detto, una qualunque perturbazione è bastante per non più consentire una soluzione generale del problema, era abbastanza naturale, quando si passa al caso di n corpi in interazione, - che possono essere gli n elettroni di un atomo, o gli n atomi di una grammolecola di gas, o le n stelle di una galassia -, di ipotizzare una sua

scomposizione in $n(n-1)/2$ interazioni a due corpi, e di considerare l'interazione complessiva come la somma di queste interazioni parziali. E ciò costituisce ciò che correntemente viene chiamato una posizione riduzionista.

Ma questa in sostanza veniva a costituire una pura ipotesi di lavoro, non più verificabile appena n superi le poche unità, e neppure agibile se n passa le qualche centinaia, o forse migliaia, anche coi più potenti calcolatori; e sotto tale aspetto, il problema risultava di fatto insolubile. Assumere pertanto l'impostazione riduzionista costituisce più che altro una posizione filosofica, che a priori vuole tutto riferire alla causalità deterministica rigorosamente constatata solo per il problema a due corpi, e che, per n grande, se pure ipotizzata, non risulterà mai verificabile. Riteniamo quindi come il tentare di ricondurre un problema a $2n$ gradi di libertà alla somma di tutte le coppie d'interazione costituisca un'operazione puramente ideologica, se pretendiamo che la «scientificità» esiga la «verificabilità» e come di conseguenza sia proprio sulla base di tale estrapolazione ad n corpi di quanto avviene per i due corpi che il dogma della causalità, col suo conseguente rigoroso determinismo, quale unica categoria di pensiero ammissibile per una interpretazione scientifica, abbia sostanzialmente potuto imporsi come inderogabile asserto; nel mentre, in base al ragionamento precedente, appare fin d'ora che, col crescere della complessità del problema, il ricorso interpretativo alla pura causalità possa risultare anche illusorio.

Se già tale appare la situazione per un problema ancora relativamente semplice, come quello degli n corpi di tipo omogeneo, quale sarà poi la situazione quando questi n corpi appartengono a specie diverse, come ad esempio la molteplicità degli atomi di una grossa molecola, organica o biologica, in cui i componenti possono salire a milioni o addirittura miliardi, in posizioni e funzioni diversificate? Con questo, sconfiniamo naturalmente dalla fisica alla chimica prima, e poi alla biologia, dove tali situazioni sono diventate la normalità. La proprietà caratteristica di tali sistemi biologici sta nel tendere a mantenere invariata la propria struttura, pur essendo in uno stato di non-equilibrio termodinamico, in quanto hanno per base una struttura dissipativa aperta, dato che devono, per mantenersi, assorbire continuamente materiale dall'esterno e restituire scorie ad alta entropia. Tali sistemi mangiano, crescono, eliminano, si riproducono, sempre lontani dall'equilibrio termodinamico, e vi precipitano soltanto quando si disgregano.

Ma seppure al giorno d'oggi siamo ancora ben lontani dal conoscere con qualche dettaglio una qualunque di queste strutture autorganizzate, e tanto più pertanto dal sapere identificare codesti archetipi concettuali che nell'ambito del sempre più complesso potranno forse un giorno costituire le «idee» rispecchianti nelle strutture del mondo corporeo, atte a costituire il substrato della «vita» nei suoi diversi gradi, vegetativo, psichico e spirituale, a noi sembra fin d'ora delinearsi, quale elemento comune presente a tutti questi vari gradi, un paradigma proprio, in certo modo indipendente ed anzi sotto certi aspetti contrastante rispetto a quelli usati per i gradi inferiori di complessità, anche se verosimilmente ci saranno interconnessioni e corrispondenze; paradigma che quasi spontaneamente sembri scaturire quale conseguenza e compenso al fallimento della microcausalità come spiegazione per il comportamento complessivo nei sistemi di n corpi. E seppure la biologia ufficiale, fino ad oggi, e salvo eccezioni relativamente rare, s'era stretta compatta intorno al dogma riduzionista, nei suoi tentativi di volere ricondurre il complesso all'elementare, o la totalità alle sue singole parti, appare ora estremamente più ragionevole focalizzare la comprensione delle proprietà degli esseri viventi su questo nuovo paradigma che, come prima accennato, al di là ed al di sopra di ogni dettagliata spiegazione circa i singoli possibili archetipi sembra segnarne il comportamento per tutti in modo inequivocabile. Tale paradigma, che si riscontra praticamente in ogni vivente, e ad ogni livello di vita, è dato da una nuova concezione del finalismo, che cercheremo in quanto segue di definire e di precisare. A questo punto ci si può chiedere, prima di proseguire: se, in una prospettiva di generale praticità, in vista di supplire ad una causalità di fatto inutilizzabile, appare più conveniente a fini risolutivi dei problemi biologici il fare ricorso a questo nuovo tipo di paradigma che, nelle complessissime situazioni offerte dalla biologia, risulta al punto di vista osservativo direttamente accessibile, non può forse questa ragione di praticità doppiarsi con un risvolto filosofico che ad essa conferisca pure un fondamento concettuale? Quale risposta ad una tale domanda, si sarebbe forse allora tentati di ipotizzare che causa e finalismo, ambedue presenti come chiavi esplicative della natura, - notiamo che nella mente umana i riferimenti a cause od a fini si bilanciano con pesi paragonabili -, svolgono l'uno rispetto all'altra una specie di ruolo complementare, in ragione del grado di complessità delle situazioni prese in esame, nei problemi più semplici, quali quel del pendolo e dei due corpi in attrazione newtoniana, la causalità si trova in grado di poter tutto interpretare, ed il finalismo non trova spazio alcuno per farsi sentire; ma nei problemi via via più complessi, ed in particolare per quelli che si presentano di fronte ad un organismo vivente, avviene tutto il contrario: ora è la causalità che si dimostra impotente, nel mentre il finalismo sembra forse delinearsi come un fattore esplicativo essenziale di quanto avviene.

Se ora cerchiamo di identificare in modo preciso l'aspetto fondamentale di questo finalismo biologico, potremo notare, quale essenziale caratteristica della vita, come ogni struttura vitale tenda a mantenere invariata la propria configurazione, tanto a livello del singolo individuo, o della specie, o della classe, o del tipo. Questo naturalmente risulta dalle proprietà basilari delle strutture autorganizzate, in base stessa alle definizioni che ne abbiamo date poco fa. Ed ora ci sarà facile mostrare come codesta basilare caratteristica renda conto in modo molto naturale dei contrasegni più generali dell'evoluzione biologica.

Ci sono naturalmente non pochi fattori tendenti ad opporsi a questa immutabilità delle strutture viventi; e sono questi infatti che provocheranno la loro evoluzione. Il principale agente in un tale senso è dato dalle influenze esterne ambientali. Com'è ben noto, esso è sempre stato considerato di primaria importanza in tutte le teorie dell'evoluzione. Per Lamarck, l'ambiente produce variazioni stabili sull'essere vivente, che rimangono acquisite; l'evoluzione avviene come cumulo di queste successive variazioni, ed essa è pertanto frutto del caso, dovuto all'aleatorietà delle influenze esterne. Per Darwin (ed i neodarwinisti), le variazioni sono dovute alle mutazioni impreviste del DNA, mentre l'ambiente esterno funge da

selettore delle mutazioni più conformi a tale ambiente stesso; l'effetto del caso, stavolta, è dovuto all'imprevedibilità delle mutazioni. Il primo punto di vista è eteronomo; cioè sia l'apprendimento dall'ambiente, sia le variazioni dell'individuo, sia le variazioni della specie, sono il frutto di un'azione puramente esteriore; il secondo invece è misto: in parte eteronomo per effetto della selezione esterna, in parte autonomo per effetto delle mutazioni interne.

Invece l'autoreferenza delle strutture autorganizzate è totalmente autonoma, ed in quanto insita nella struttura stessa, impone ad essa il fine di mantenersi immutata. Gli effetti dell'ambiente sono perturbazioni contro le quali, ben lungi dal subirle adattandovisi, la struttura vivente resiste; per cui l'effetto dell'ambiente, anziché potere imporre una selezione, viene quanto possibilmente minimizzato; e se l'evoluzione consegue per effetto di certi minimi adattamenti o cedimenti successivi a tali pressioni ambientali, essa non sarà generalmente spettacolare, ma tale da mantenere immutate le principali caratteristiche della specie.

Un ulteriore elemento che viene oggi a ridimensionare e smussare la predominanza assoluta nel passato della visione deterministico-causale che dominava la fisica del secolo scorso, si sta sviluppando da pochi decenni quale conseguenza di una prima indagine di Poincaré che già cent'anni fa aveva messo in luce impreveduti orizzonti sul mondo fisico.

L'impreveduto sta nel fatto che mentre per un sistema di due corpi in interazione è sempre possibile ridurre la trattazione matematica a quella di equazioni differenziali lineari, per le quali da tempo sono note le soluzioni, avviene invece che non appena i corpi sono più di due, - e quindi ciò già succede quando sono tre -, la trattazione per forza si riconduce a quella d'un sistema di equazioni non-lineari, che in generale non sono suscettibili d'una soluzione esatta. Quando i termini non-lineari sono piccoli rispetto agli altri, - ciò per esempio succede nel triplice sistema sole-terra-luna, perché i disturbi recati dalla presenza della luna, che vengono in tale caso chiamati perturbazioni, possono quasi venire trascurati, in una prima approssimazione, rispetto all'importanza dell'interazione tra sole e terra -, la soluzione, approssimata, è quasi quella del sistema sole-terra con solo piccole correzioni. Ma quando i tre corpi hanno circa la stessa massa, come avviene per i sistemi stellari, o, su tutt'altra scala dimensionale per un sistema di particelle, le soluzioni, approssimate, saranno già di tutt'altro tipo, ciò che conferma l'inesistenza di soluzioni valide per ogni caso, ed apre un nuovo problema, quello dei molti corpi di massa circa uguale.

Nei problemi lineari, se noi cambiamo di molto poco queste condizioni iniziali, la traiettoria del punto che ne consegue varierà pure di molto poco. Ed è questa proprietà che assicura la coerenza e la prevedibilità del moto, poiché, seppure considerassimo anche un sistema di molti punti affiancati, ma senza interazione tra loro e formanti pertanto un sistema lineare, basta la conoscenza del moto di alcuni di questi punti per assicurare la conoscenza del moto dei punti ad essi vicini, e quindi per praticamente determinare il moto di tutto l'insieme. Ma se ora invece introduciamo le interazioni tra questi vari punti di modo che il sistema diventi non-lineare, allora le proprietà dell'insieme cambiano completamente; poiché, in tal caso, si può constatare che, cambiando le condizioni iniziali d'un punto anche di molto poco, la nuova traiettoria, anziché mantenersi sempre molto vicina alla prima, ne può invece divergere completamente, con andamento addirittura esponenziale, nel senso che la divergenza che allontana l'una dall'altra le due traiettorie va crescendo esponenzialmente in funzione della distanza già percorsa. Si dice che in questo caso le due traiettorie sono asintoticamente divergenti.

Un effetto del tutto analogo si ottiene pure variando, sia pur di poco, il valore delle costanti che figurano nei termini del problema - ad esempio il valore delle masse nei problemi di gravitazione che spesso non possono essere conosciute con esatissima precisione -, e questo non solo per i termini non-lineari ma talvolta anche in problemi lineari. Pure in questo caso, questa minima variazione delle costanti può condurre a soluzioni asintoticamente divergenti. Ragione per cui, in vista degli effetti prodotti, i due tipi di indeterminazione vengono spesso accomunati e trattati alla stessa stregua.

Pertanto, tanto l'una che l'altra di tali situazioni portano alla totale imprevedibilità del moto complessivo dopo un certo tempo. In effetti se l'andamento della traiettoria cambia completamente anche per cambiamenti minimi delle condizioni iniziali o delle costanti, e dato che, fisicamente parlando, la precisione con cui si possono misurare o determinare sia le une che le altre non può essere piccola a piacere, poiché in fisica ciò non è mai realizzabile, ne segue che, forzatamente, l'incertezza sullo svolgimento della traiettoria sarà funzione dell'incertezza di tali parametri, e se ciò non reca disturbo circa la previsione del futuro nei problemi lineari normali, dato che per piccoli cambiamenti di tali condizioni le due traiettorie cambiano di poco, nei problemi non-lineari invece, che sono i soli che corrispondono alla realtà fisica, dato che interazioni tra le particelle ci sono sempre, l'incertezza fisica sulla precisione delle condizioni iniziali porta ad un'incertezza crescente col tempo per le traiettorie che l'una dall'altra divergono, sicché dopo un certo tempo la divergenza diventa tale ch'essa equivale ad una praticamente totale imprevedibilità. Tale imprevedibilità dipende, evidentemente, dall'intensità delle interazioni. Se queste sono forti, la confusione delle possibili traiettorie si manifesterà molto presto; se le interazioni sono deboli, come avviene in molti problemi astronomici, le divergenze potranno manifestarsi solo dopo molto tempo, talmente lungo talvolta da dare l'impressione per tempi più brevi d'una completa stabilità e prevedibilità.

Ne segue che solo per sistemi a due corpi perfettamente isolati, come se il resto dell'universo non esistesse, potrebbe valere il rigoroso determinismo; ma siccome tale situazione non esiste nell'universo reale, dato che non vi è sistema che non subisca lontane interazioni, ciò implica che l'assoluta prevedibilità non esiste nel mondo fisico; e che quindi il vero determinismo non è compatibile colle proprietà del cosmo qual è. Laddove le interazioni tra atomi o molecole sono molto più forti, sicché, in certe circostanze, il moto può diventare totalmente imprevedibile anche dopo tempi relativamente brevi.

L'esempio più noto di tale situazione si realizza in meteorologia. Si crede generalmente che l'incertezza delle previsioni meteorologiche dipenda dall'imperfezione dei nostri mezzi di osservazione o di calcolo; essa invece è un fatto intrinseco, perché, per le ragioni suddette, il moto complessivo di un fluido, in questo caso di un gas, è imprevedibile in sé, al di là

d'un tempo dell'ordine di uno o due giorni, dopo il quale subentra nel fluido lo stato che ci appare come caos, dovuto al sovrapporsi di tutte le traiettorie possibili per le singole particelle. E tale stato del fluido viene appunto caratterizzato col nome di «caos deterministico»; nome che si giustifica per esprimere il fatto che, in teoria, ogni particella per le sue vere condizioni iniziali segue una traiettoria determinata; ma in quanto tali condizioni non sono determinabili a meno di un certo errore, il moto risultante si manifesta come caotico, e cioè non suscettibile di qualunque previsione a lungo raggio. Pertanto, la regola che per l'uomo domina il mondo fisico comune è il non-determinismo, la non esatta prevedibilità di tutto il divenire del mondo corporeo, per cui, se oggi su ciò che chiamiamo il caso si può ancora discutere, ben precisando naturalmente di quale tipo di caso si parla, si può ben dire che nessuno può più riferirsi alla necessità come condizione dominante nell'ambito della corporeità per la visione che ne ha l'uomo.

Le conseguenze di quest'insieme di constatazioni portano a conclusioni che sembrano rovesciare tutto quello che era considerato come il quadro inderogabile della fisica. Se già per un problema di tre corpi il risultato conduce ad una generica non-prevedibilità di quale possa essere la vera soluzione, che mai dovrà dirsi per le situazioni vieppiù complesse che si realizzano nei vari tipi di multicorpi ed in modo predominante in tutto il dominio biologico? E se, secondo il determinismo prima imperante, doveva predominare nella fisica una ferrea necessità, ora la non-prevedibilità esatta dei risultati conduce naturalmente ad una visione di libertà quale modalità imperante nel cosmo a scala generale. E ciò fa apparire a tutti i gradi di complessità del creato tale visuale di libertà, che sembrava nella fisica deterministica del tutto soffocata da quella di necessità; mentre ora, a tutti i livelli, necessità e libertà possono vedersi come punti di vista complementari, ognuno dei quali ha una sua inconfondibile validità, che può venire posta in evidenza dalla considerazione seguente. Si presupponga l'esistenza di una Mente, superiore a quella dell'uomo, la quale sia capace di discernere i vari connotati d'una qualunque particella, - non ce ne sono di completamente isolate -, con infinita precisione: è ovvio che una tale mente può solamente appartenere a Dio. Ma se la Mente di Dio gode di simile proprietà per Essa il moto d'un qualunque sistema risulta perfettamente determinato; in quanto nell'indeterminatezza del moto per l'uomo causata dall'incertezza delle condizioni iniziali, Essa può cogliere esattamente quell'unica soluzione che sarà poi quella giusta. Ragione per cui la necessità, che per l'uomo non esiste più, continua sempre a caratterizzare la visione di Dio; il ché d'altronde si comprende pensando che Dio, essendo fuori del tempo, vede passato, presente ed avvenire in una «contemporaneità atemporale», e cioè nell'eternità: e di fronte all'eternità il divenire del mondo è necessario per forza, poiché in essa passato, presente ed avvenire coincidono. Ma se soltanto rovesciamo il modo di ragionare, Dio ci appare nel contempo come completamente libero: di tutte le possibili soluzioni contenute a priori in un problema dovute alla non precisione delle condizioni iniziali, Dio, il quale è il solo in grado di precisarle, può a priori imporre, ovvero scegliere, quella proprio che Lui vuole; e quindi imprimere al divenire del mondo una sua scelta particolare. Da ciò risulta che nella possibile multivarietà di tutte le soluzioni contenute a priori in un qualunque problema fisico, la necessità, che non può appartenere ad una visione «sub specie aeternitatis», è frutto nel contempo della scelta prioritaria, ovvero della libertà, di Dio: libertà che sembra estrinsecarsi nel tempo, ma che d'altronde diventa necessità non appendi la scelta di Dio viene fatta; e che pertanto «sub specie aeternitatis» non può collocarsi nel tempo. Pertanto, in ultima analisi, in Dio, libertà e necessità sono perfettamente coincidenti; ciò che dal punto di vista del cosmo può sembrare paradossale, ma deve per forza realizzarsi nella extra-temporalità dell'ambito del Divino.

È interessante notare come questo risultato, che appartiene al dominio metafisico, si sia potuto ricavare, come abbiamo tentato di farlo, da una situazione puramente pertinente al mondo fisico. Ciò è segno, da un lato, che le antinomie nell'ambito del fisico si risolvono in una coincidenza a livello metafisico; e d'altro lato, che molto naturalmente, quelli che diventano problemi e talvolta contrapposizioni nel dominio manifestato altro non sono che il riflesso complessificato di quante sono Verità evidenti nella dimensione metafisica.

A questo punto, a me sembra che quest'ultima considerazione apra la porta ad una nuova modalità di finalismo, che, a differenza di quanto è stato considerato fin qui non è legata alla concezione del tempo, ma direttamente rispecchi lo stesso dominio dell'ontologia.

Tale possibilità è legata al fatto che vi sono non una, bensì due tipi di cause. Finora, col confinarci ad una visione temporale, e sempre la causa di tipo fisico che abbiamo avuto in mente, causa a livello puramente orizzontale, in cui gli effetti giacciono sullo stesso piano delle cause, e la consequenzialità da causa ad effetto va dal passato al futuro. Ma tutti sappiamo che, in una visuale metafisica, la quale non tiene conto soltanto della corporeità, le cause ontologiche, nella concezione a piramide del cosmo, sono situate in alto, e gli effetti decorrono dall'alto in basso.

Ora, se fino adesso avevamo introdotto la finalità come la modalità di senso opposto alla causa, e cioè non conseguente da un dato passato, ma rivolta a preparare il futuro, quale sarà la possibile finalità in una visione verticale del cosmo? Vedo una sola possibilità: il disegno, il progetto, l'idea a priori della Mente che condiziona il cosmo in modo tale da realizzare in esso una certa prestazione.

Il prototipo di un tale tipo di finalità si ha fin dal principio nei principi variazionali; le cose sono fatte «affinché» la traiettoria vera sia un estremante tra tutte quelle possibili. Il caso in cui un tale tipo di finalità sembra acquistare la massima ampiezza di significato e di estensione si ha nel principio antropico: le leggi della fisica sono scelte in modo tale, affinché la vita si possa manifestare nel cosmo, affinché l'uomo possa svilupparvisi quale suo massimo conseguimento.

Fondi

VISIONE SISTEMICA DEL MONDO, PENSIERO BIOLOGICO MODERNO E PALEONTOLOGIA

Circa dieci anni or sono, in un libro-intervista che ricevette maggiore interesse in Francia che in Italia, ho sostenuto la tesi secondo cui nell'ambito della scienza contemporanea andava annunciandosi un rivoluzionario cambiamento di prospettiva, per quanto concerneva la nostra visione del mondo e dell'uomo. Per quasi tre secoli la natura era stata concepita come un immenso e cieco insieme di elementi tra loro indipendenti e soggetti a leggi rigidamente meccaniche, con l'uomo considerato niente più che uno di tali elementi. Al contrario, negli ultimi decenni del nostro secolo erano divenuti sempre più numerosi gli scienziati che tendevano a concepire la natura come una totalità dinamicamente coordinata, con tutte le sue parti, l'essere umano e la psiche in intima e reciproca relazione, e perciò ricca di *informazione* e di *creatività*. Al medesimo tempo, in ogni caso, sempre nel suddetto libro-intervista non trascuravo di far notare come questa nuova maniera di concepire il rapporto uomo-natura non fosse, in realtà, affatto nuova, in quanto corrispondeva esattamente alla visione platonico-aristotelica e, più in generale, a quella di tutto il corpo sapienziale delle antiche civiltà. Per semplicità possiamo chiamare "meccanica" la vecchia e "sistemica" la nuova visione del mondo.

La visione meccanica del mondo prese forma dalle filosofie di BACON e di DESCARTES e nelle opere di GALILEI durante la seconda metà del XVI secolo e la prima metà del XVII, ricevette la sua prima e piena espressione nell'opera scientifica di NEWTON durante la seconda metà del XVII secolo e raggiunse il culmine del successo nel XIX secolo. Malgrado sul piano accademico abbia cominciato a sgretolarsi già fin dall'inizio di questo secolo, a livello popolare questa visione continua tuttora ad occupare un ruolo dominante. Secondo questa visione, vi è una separazione radicale tra l'uomo e il resto della natura. Descartes diceva che l'uomo è essenzialmente pensiero (*res cogitans*), mentre il corpo umano e il resto della natura, in quanto si dispiegano nello spazio e nel tempo (*res extensa*), possono essere osservati, misurati, pesati e - al limite - manipolati ad utilità dell'uomo medesimo. Galilei, d'altra parte, aveva decisamente indicato quali fondamentali del "vero" metodo scientifico l'osservazione dettagliata dei fenomeni, la scomposizione dei medesimi nei loro processi elementari, la riproduzione sperimentale di questi ultimi e la descrizione delle leggi che li presiedono mediante il rigoroso linguaggio matematico.

Nella visione meccanica del mondo, tutte le cose e i fenomeni che compongono la realtà sono masse materiali che si muovono e interagiscono in uno spazio infinito esistente *a priori* e in un tempo eterno che fluisce regolarmente e irreversibilmente dal passato al futuro. Le leggi che governano i movimenti delle masse sono di tipo *continuistico* e si esprimono mediante catene lineari di causa ed effetto sviluppantisi secondo la direzione del tempo. Ogni massa è composta di masse sempre più piccole, fino a giungere agli *atomi* (dal greco "indivisibili"), i quali possono perciò essere interpretati come i mattoni fondamentali dell'universo. Popolarmente gli atomi sono immaginati come sistemi solari in miniatura, nei quali il ruolo del Sole è svolto da un gruppo di particelle parzialmente dotate di carica elettrica positiva, mentre i pianeti corrispondono a particelle dotate di carica elettrica negativa.

Finisce così per diffondersi un atteggiamento *riduzionistico*: la tendenza, cioè, a considerare qualsiasi cosa come "niente più che una somma" di masse più piccole, quanto meno fino agli atomi. Così ogni specie vivente tende ad essere concepita come niente più che una somma di individui, ogni individuo una somma di organi, ogni organo una somma di tessuti, ogni tessuto una somma di cellule, ogni cella una somma di macromolecole e ogni macromolecola una somma di atomi. Chiaramente, la teoria dell'evoluzione di LAMARCK e di DARWIN - la quale interpreta ogni forma vivente come "niente più che una somma" di modificazioni adattative trasmesse ai discendenti - è un prodotto di questo atteggiamento riduzionista. Anche la psicanalisi inaugurata da FREUD si inserisce nel medesimo binario, in quanto considera la vita psichica come "niente più che una somma" di impulsi, siano questi di natura sessuale, religiosa o legata alla volontà di potenza.

Oltre agli atomi, d'altra parte, la visione meccanica del mondo aveva condotto all'identificazione - grazie a NEWTON e MAXWELL - di due *campi di "forza" o energia*, il gravitazionale e l'elettromagnetico, rivelati rispettivamente dalla misteriosa attrazione esistente tra le masse materiali e dalla propagazione della luce.

All'inizio del nostro secolo, proprio nel momento in cui sembrava aver raggiunto il suo trionfo definitivo, la visione meccanica del mondo - doveva invece ricevere pesantissimi colpi demolitori dall'attacco incrociato di due fisici tedeschi: Einstein e Planck.

EINSTEIN dimostrò: 1°) che la velocità della luce, in quanto rimane la stessa per tutti gli osservatori (qualunque sia la loro posizione o velocità relativa), è una vera costante o variabile universale; 2°) che i campi di energia e le masse materiali sono soltanto manifestazioni differenti della medesima realtà fisica; 3°) che lo spazio e il tempo non sono entità separate, ma formano una sola entità: lo spazio-tempo o cronotopo; 4°) che il cronotopo non può essere interpretato come una realtà *a priori* immutabile e indipendente dalle masse materiali, in quanto più queste sono dense, più esso "si incurva" in loro corrispondenza. Quest'ultimo punto (che costituisce l'essenza della Relatività Generale) è particolarmente importante, perché nel caso di masse materiali della più elevata densità come i corpi astronomici chiamati "buchi neri", ma anche come gli stessi nuclei atomici, il cronotopo si ritrae completamente in se stesso, così "aprendosi" e formando come *un passaggio ad ambiti inosservabili della realtà*. D'altra parte, poiché le leggi fisiche di conservazione universale portano alla formulazione di un teorema che sancisce l'esistenza di "buchi bianchi" in numero equivalente a quello dei buchi neri,

e poiché le stesse ricerche di HAWKING mostrano che i buchi neri non soltanto annullano o “inghiottono”, ma anche producono o “evaporano” materia, diviene lecito concluderne che quest’ultima può sparire in un buco nero allo stesso modo in cui essa può emergere dal medesimo, convertendolo così automaticamente in un buco bianco.

Negli stessi anni, PLANCK dimostrò che ogni campo energetico non si propaga come un flusso continuo, ma per quantità discrete o *quanti*. Il quanto di energia, in altre parole, rappresenta la più piccola azione naturale che a noi sia dato di osservare ed è perciò una nuova costante o invariabile universale. Qualsiasi valore energetico misurabile corrisponde, in effetti, ad una specifica frequenza vibratoria, moltiplicata per la costante di Planck.

mentre Einstein e Planck elaboravano le loro teorie, altri fisici scoprivano: 1°) che la massa atomica è concentrata quasi interamente nel nucleo, a sua volta 100.000 volte più piccolo dell’intero atomo (proporzionalmente, pertanto, se il diametro di un nucleo atomico fosse ingrandito fino ad un centimetro, il primo elettrone si incontrerebbe ad 1 km. di distanza); 2°) che gli elettroni di ciascun atomo possono esistere unicamente in “orbitali” specifici, corrispondenti a valori quantici ben definiti; 3°) che gli atomi possono cambiare il loro stato fisico emettendo o assorbendo quanti di luce ogni volta che un elettrone “salta” da un orbitale all’altro (dove il fenomeno del “salto”, in ogni caso, non mostra alcuna analogia con il movimento di una rana o di una cavalletta e corrisponde piuttosto alla *scomparsa* dell’elettrone da un orbitale e alla sua contemporanea *apparizione* in un altro orbitale).

Successivamente, le ricerche dei fisici del più alto livello come BORN, HEISENBERG, DE BROGLIE, SCHRÖDINGER, JORDAN, PAULI, WIGNER, DIRAC e FERMI hanno stabilito in maniera definitiva che la rappresentazione dell’atomo come un piccolo sistema solare o, più in generale, come un insieme di minuscole “palline” in movimento, è completamente inadeguata, in quanto tali “palline”: 1°) non rivelano alcuna precisa identità e possono repentinamente trasformarsi l’una nell’altra; 2°) non seguono alcuna determinata “traiettoria”, obbligando perciò il fisico a calcolare unicamente la probabilità di essere osservate; 3°) si influenzano l’un l’altra indipendentemente dalla loro distanza; 4°) si comportano in modo differente (per esempio, come masse materiali o come onde di energia) a seconda dell’apparato sperimentale o la maniera con cui il fisico cerca di osservarle. Quest’ultimo punto è particolarmente significativo, in quanto dimostra che non esiste una realtà “oggettiva”, nel senso tradizionale di qualcosa che è indipendente dal soggetto che la osserva.

In definitiva, alle soglie del terzo millennio, un’integrazione delle teorie della Relatività Generale e dei Quanti autorizza ad affermare che il mondo fisico (1) è inseparabile dall’Uomo che lo osserva e (2) si esprime mediante una trinità di elementi fra loro strettamente dipendenti (3) nel contesto di una realtà complessa. I tre elementi sono la materia, il campo e il vuoto quantico.

Il primo elemento - la *materia* - si presenta regolarmente localizzato nel cronotopo, cioè può esistere solo in un determinato momento del tempo e in un punto specifico dello spazio. Pertanto, sebbene il numero di particelle fisiche finora conosciute sia considerevole, la materia concerne essenzialmente i fermioni, ossia quella classe di particelle che risultano essere competitive e che si escludono reciprocamente. A livello dei fermioni, infatti, ogni stato quantico può ricevere una e una sola particella.

Il secondo elemento - il *campo* - non è localizzato nel cronotopo, presentandosi perciò come un tessuto di connessione fra tutti i corpi materiali. Esso è costituito da “particelle messaggere” o bosoni, i quali, a differenza dei fermioni, possono raggrupparsi in numero infinito nel medesimo stato quantico. Sebbene attualmente siano conosciuti almeno tre tipi di campo - il gravitazionale, l’elettro-debole e il nucleare - gli scienziati stanno lavorando duramente ed incessantemente per unificarli in un unico “Super-Campo”. E’ importante sottolineare che il campo si manifesta come una forza che organizza e produce la materia e che, al medesimo tempo, è prodotta e rivelata dalla materia medesima. In altre parole, le particelle sono al medesimo tempo la causa e l’effetto del campo, e questo fatto sconvolge la comune concezione secondo cui una causa non può coincidere con l’effetto. La relazione che esiste tra il campo e la materia può essere paragonata a quella che esiste tra la corrente di un fiume e un vortice in essa formatosi: la corrente produce il vortice e, al medesimo tempo, il vortice rivela l’esistenza della corrente.

Il terzo elemento fondamentale del mondo fisico - il *vuoto* quantico - non consiste affatto, in realtà, in un vero “vuoto”, bensì corrisponde ad un *plenum* straordinariamente attivo di particelle virtuali: ossia particelle che esistono unicamente allo stato potenziale, ma che - malgrado siano per questo motivo inosservabili - rimangono permanentemente suscettibili di interagire con le particelle “vere”. Ne segue che *l’aspetto “attuale” della realtà può sussistere unicamente in quanto risultante da una continua interazione con l’aspetto “potenziale” della medesima*. Ciascun tipo di particella materiale, così come il campo energetico in ogni sua espressione, devono perciò essere interpretati come manifestazioni particolari e transitorie di un mare di particelle-fantasma in frenetica attività virtuale.

La trinità fisica di materia, campo e vuoto quantico può essere paragonata ad un oceano, dove le singole onde corrispondono ad altrettante masse materiali, l’intera superficie al campo e la massa liquida al di sotto della superficie al vuoto quantistico. Per descrivere adeguatamente l’interdipendenza dei tre elementi summenzionati nel contesto di una realtà che, a causa dell’esistenza dei “buchi bianchi-neri”, risulta essere aperta ad ambiti inosservabili, i fisici sono costretti ad adottare una base geometrica più estesa e complessa del cronotopo a quattro dimensioni. Questa base geometrica - tecnicamente nota, nella sua versione relativistica, come “spazio delle fasi” - corrisponde ad uno spazio auto-duale di $2n$ coordinate: delle quali, cioè, soltanto n si riferiscono allo spazio-tempo ordinario. La teoria fisica, in altre parole, ci porta ad una realtà complessa di almeno otto coordinate (3 delle quali relative allo spazio, 1 al tempo, 3 all’impulso e 1 alla quantità di energia), mentre le osservazioni non possono che condurci ad una realtà dimezzata di sole quattro coordinate (3 spaziali + 1 temporale). Nella realtà complessa, i due ambiti tra loro comunicanti per il tramite dei “buchi bianchi-neri” si presentano come complementari e simmetrici, l’uno essendo “entropico” (cioè caratterizzato da

un aumento progressivo di disordine, da un tempo irreversibile e da uno spazio reversibile: è l'ambito ordinario) e l'altro "nega-entropico" (cioè caratterizzato da un aumento progressivo di ordine, da un tempo reversibile e da uno spazio irreversibile: è l'ambito immaginario).

Ma è possibile (è lecito chiederselo) individuare un elemento comune nella trinità costituita dalla materia, dal campo e dal vuoto quantico? A noi sembra di sì. Ricordando, a questo proposito, l'efficacissima espressione di WHEELER, "*IT FROM BIT*", a noi sembra veramente che tale elemento comune risieda nel concetto bifronte di *forma-informazione*. Infatti, com'è implicato in questo concetto, *informazione è ciò che in-forma, ossia che dà forma dispiegandola in seno al cronotopo*. Per converso, *ogni forma che esiste nel cronotopo può essere tradotta in informazione* (ad esempio, mediante funzioni matematiche come le trasformate di Fourier). D'altra parte, *in se stessa l'informazione rimane una realtà indipendente dal cronotopo*, in quanto, sebbene possa sicuramente esprimersi tramite un oggetto materiale (sia naturale come il codice genetico di un essere vivente, sia artificiale come un libro, un nastro magnetico o l'*hard-disk* di un computer), può anche non esprimersi affatto sul piano materiale e, ciò nonostante, continuare ugualmente ad esistere. Alla luce di queste semplici considerazioni, sembra perciò ragionevole interpretare la materia come informazione localizzata nello spazio-tempo, il campo come informazione non localizzata e trasmessa per mezzo di particelle "messaggere" e il vuoto quantico come informazione inespressa.

Ma allora, poiché l'informazione riflessa dall'intero mondo osservabile sembra costituire un sistema straordinariamente complesso, coerente e ricco di significato, ci risulta veramente difficile resistere alla tentazione di considerarla come l'attuazione di una *Logica Maior* o *Mente Cosmica*. E altrettanto difficile ci risulta resistere alla tentazione di considerare le menti dell'uomo e di ogni altro essere vivente quali espressioni particolari - in termini di *logica minor* - della suddetta *Mente Cosmica*. L'idea o ipotesi di una *Mente Cosmica*, d'altra parte, è tutt'altro che nuova: essa risale alle filosofie di PLATONE e di ARISTOTELE, prosegue nel neoplatonismo e nell'ermetismo con il concetto di *Anima mundi* e percorre tutta la storia del pensiero umano. Nel nostro secolo, l'ipotesi è stata riproposta anche in ambito scientifico da personalità famose come lo psicologo JUNG, il fisico VON NEUMANN, il Nobel per la neurofisiologia ECCLES, l'antropologo BATESON e l'astronomo HOYLE.

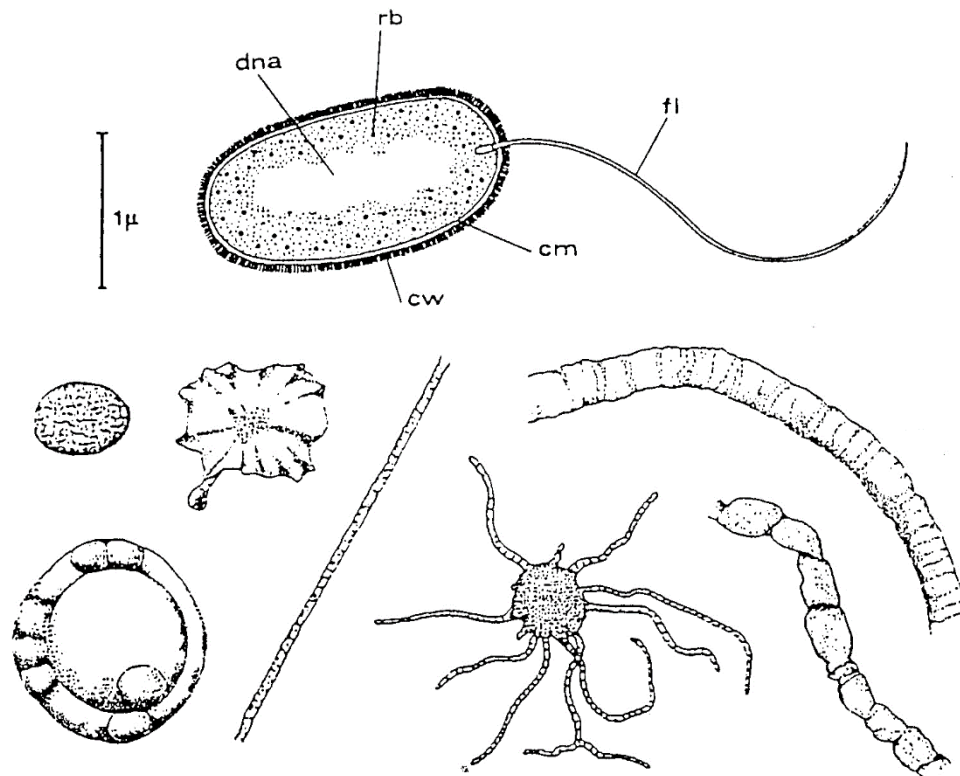
Ricordando quanto ci viene insegnato, anche soltanto da un punto di vista concettuale, dal ben noto teorema di GÖDEL, poiché la coerenza di un sistema non può essere dimostrata dal suo interno, è chiaro che non potremo mai "dimostrare" l'esistenza di una realtà della quale siamo parte integrante. Adottare l'ipotesi di una *Mente Cosmica*, dunque, equivale ad aderire ad un postulato; e i postulati, si sa, non hanno una dimostrazione logica a priori, ma sono verificati a posteriori dalla validità delle leggi e dalle prove e verifiche che da tali postulati conseguono. D'altra parte, anche le teorie scientifiche discendono da postulati che, in se stessi, non vengono dimostrati.

Tutto quanto abbiamo detto fino ad ora scaturiva dall'esigenza di affrontare i problemi di fondo della biologia da un'ottica squisitamente transdisciplinare. Ci sembra innegabile, infatti, che la biologia, - sebbene non abbia ancora assistito ad una rivoluzione concettuale come quella prodotta in fisica dalle teorie della relatività e dei quanti, e sebbene apparentemente continui a gravitare attorno all'ottocentesca teoria dell'evoluzione di Lamarck e Darwin - stia da tempo attraversando una grave crisi. Testimoni di questa crisi sono appunto una crescente e sempre più decisa insoddisfazione nei confronti della visione meccanica inerente alla summenzionata teoria dell'evoluzione e, al medesimo tempo, una crescente e sempre più approfondita ripresa delle problematiche già sollevate dalla corrente cosiddetta "olistica" (od "organicista") durante la prima metà del secolo, le quali anticipavano in maniera eclatante quelle dell'attuale visione sistemica del mondo. Ci sembra anzi particolarmente significativo, a questo proposito, il recente approccio dei biologi del "Gruppo di Osaka" inaugurato da WEBSTER e GOODWIN e definitosi "strutturalista", secondo il quale le forme vigenti non possono essere intese come una risultante di meri processi lineari e meccanici di tipo darwiniano, bensì obbediscono a peculiari vincoli o "leggi della forma" di natura non lineare e sistemica.

In questo nuovo approccio, la Sistematica viene ad assumere un ruolo di primo piano, giacché le differenti organizzazioni biologiche diventano espressioni dirette di peculiari modelli o *tipologie* relativi ad entità spazio-temporali coerenti e discrete, e non si riferiscono più ad aggruppamenti convenzionali più o meno fini a se stessi, com'era nella prospettiva lamarckiana e darwiniana. Si pone perciò l'esigenza di individuare e definire le suddette discontinuità, nel modo più preciso ed obiettivo possibile e secondo i loro relativi e successivi livelli di complessità.

La prima e più enigmatica di queste discontinuità coincide con l'improvvisa "*emergenza*" della vita sulla Terra. In pratica, la vita risulta essere altrettanto antica quanto le prime rocce. Secondo gli astronomi e i geologi, il nostro pianeta si originò intorno ai 4,7, le prime rocce intorno ai 4 e i primi organismi viventi intorno ai 3,8-3,5 miliardi di anni fa. Ciò vuol dire che la vita apparve sulla Terra non appena le condizioni superficiali della crosta divennero tali da poterne permettere l'esistenza. A causa dell'attività fotosintetica dei primi esseri viventi, riferibili ad organismi marini di tipo procariotico (ossia privi di nucleo e di cromosomi distinti) (Fig. 1)¹¹,

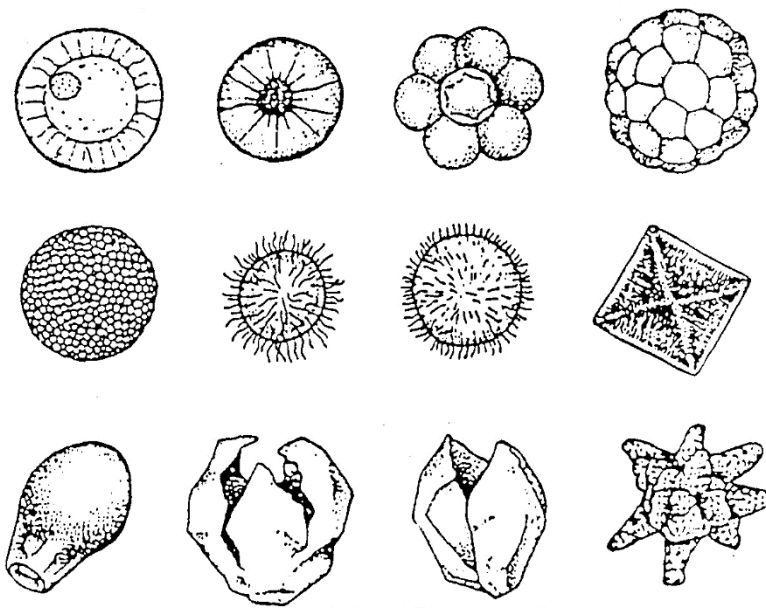
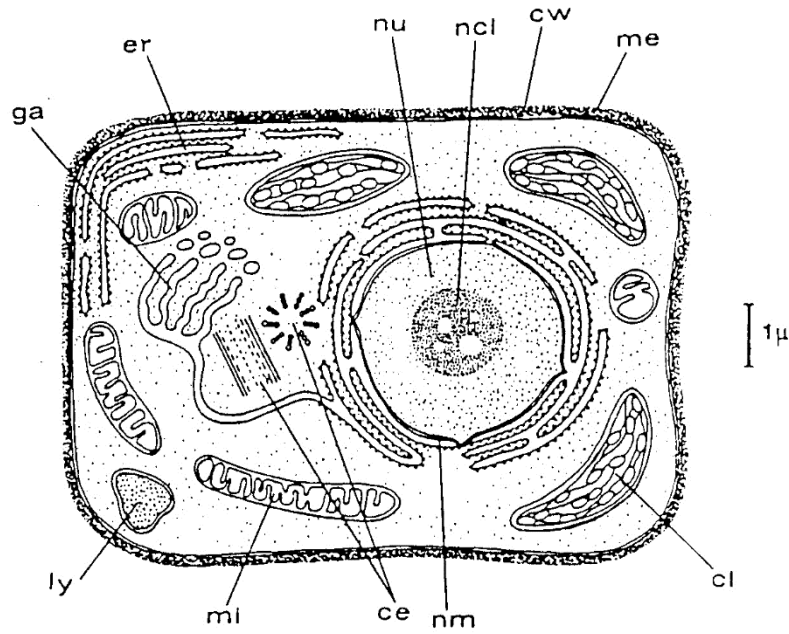
¹¹ Fig. 1 - L'apparizione della vita procariotica. In alto: struttura generale di una cellula procariotica (*dna* - materiale genetico; *rb* - ribosomi; *fl* - flagello; *cm* - membrana cellulare; *cw* parete cellulare). In basso: alcuni esempi di forme procariotiche fossili rinvenute nella formazione di Gunflint (Ontario, Canada) e datate approssimativamente a 2 miliardi di anni fa (ridisegnato da BARGHOORN, 1971).



la primitiva atmosfera della Terra, la quale doveva essere ricca in vapore acqueo e anidride carbonica ma povera in ossigeno, modificò la sua composizione fino a diventare analoga all'attuale.

La seconda grande discontinuità risale approssimativamente a 1,4 miliardi di anni or sono e coincide con l'*improvvisa "emergenza" della vita unicellulare di tipo eucariotico*, sotto forma di organismi marini planctonici denominati Acritarchi. Com'è noto, la cellula eucariota differisce da quella procariotica per avere dimensioni nettamente più grandi, un nucleo ben distinto contenente cromosomi e vari organuli citoplasmatici la cui struttura è straordinariamente complessa (Fig. 2)¹².

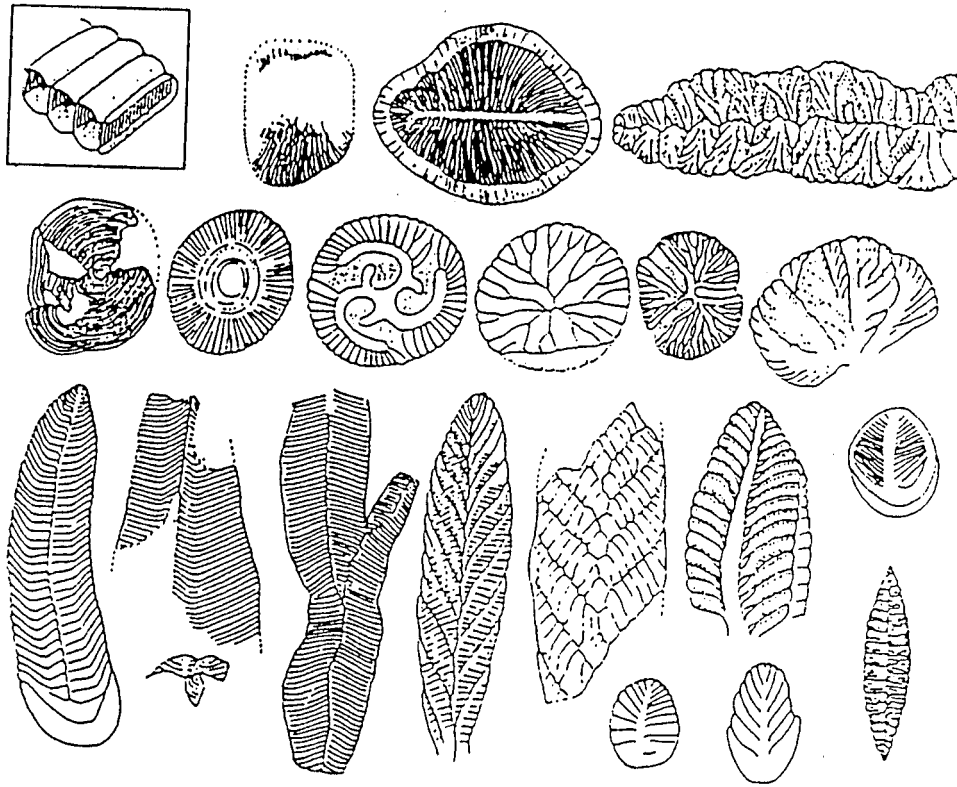
¹² Fig.2 - L'apparizione della vita eucariotica unicellulare. In alto: struttura generale di una cellula eucariotica (*ga* - apparato di Golgi; *er* - reticolo endoplasmatico; *rb* - ribosomi; *nu* nucleo; *ncl* - nucleolo; *cw* - parete cellulare; *me* - membrana cellulare; *nm* - membrana nucleare; *ce* - centrioli; *mi* - mitocondrio; *ly* - lisosoma). In basso: alcuni esempi di cellule eucariotiche fossili - riferite ad Acritarchi e ad altri organismi planctonici di incerta posizione sistematica - che sono stati rinvenuti in rocce di età non superiore a 1,4 miliardi di anni fa (ridisegnato da VIDAL, 1984).



Gli studi di BARBIERI sono sufficienti a far comprendere come una derivazione diretta degli Eucarioti dai Procarioti sia improponibile.

Mentre per più di 800 milioni di anni non si assiste a nessun diffuso tentativo, da parte delle cellule eucariotiche, di mettersi insieme per formare aggregati di tipo coloniale o strutture pluricellulari, si scopre invece che queste ultime hanno fatto la loro apparizione in maniera improvvisa, e contemporaneamente in tutto il mondo, intorno ai 680-620 milioni di anni fa. Con riferimento a questo fatto, possiamo menzionare le flore a Tallofite come quelle rinvenute nella Cina

meridionale e le faune marine dal corpo molle come quelle rinvenute a Ediacara in Australia, le quali non possono venire assegnate con certezza ad alcuno dei phyla zoologici conosciuti (Fig. 3)¹³.



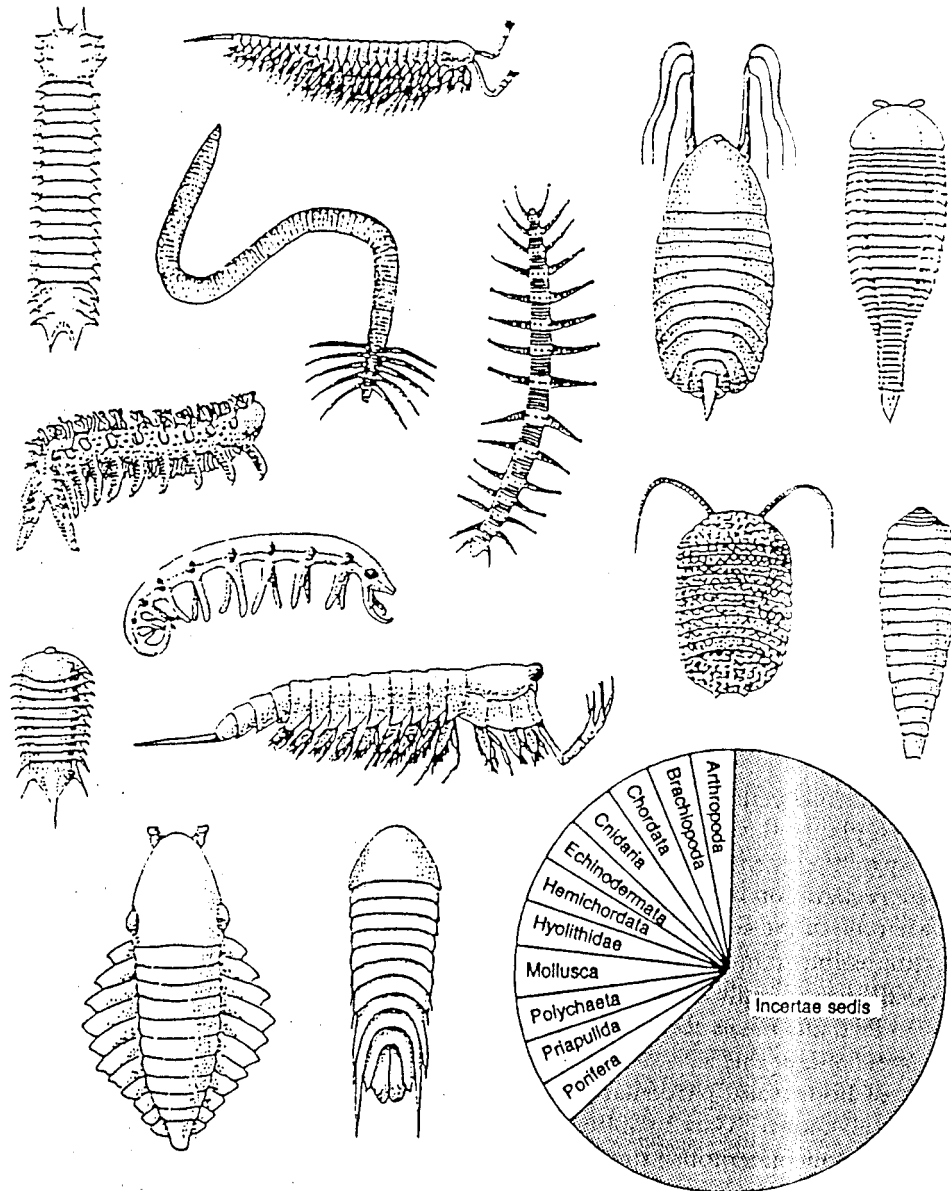
L'improvvisa "emergenza" della vita pluricellulare coincide con la terza grande discontinuità riscontrabile nel cronotopo biologico.

La quarta grande discontinuità si verificò all'inizio dell'Era Paleozoica, durante le età Tommotiana e Atdabaniana del periodo Cambriano, in un tratto di tempo compreso tra i 6 e i 10 milioni di anni: vale a dire corrispondente, da un punto di vista geologico, a quello di un lampo. Come le precedenti, anche questa nuova discontinuità ebbe luogo simultaneamente in ogni parte del globo e segnò l'improvvisa "emergenza" di rappresentanti di tutti i phyla zoologici conosciuti, in associazione con molti altri incertae sedis che successivamente sarebbero andati in estinzione.

Possiamo menzionare, a questo proposito, le numerose faune dotate di parti dure del piano Tommotiano, come pure quelle scoperte a Chengjiang in Cina (Fig. 4)¹⁴.

¹³ Fig.3 - L'apparizione della vita eucariotica pluricellulare. La figura include alcuni dei più noti rappresentanti della fauna a corpo molle rinvenuta a Ediacara in Australia, la quale risale a 650-550 milioni di anni fa ed è di incerta posizione sistematica. Nel quadrato in alto a sinistra: schema della particolare struttura "pneumatica" che sembra aver caratterizzato tutti questi organismi (ridisegnato da SEILACHER, 1989).

¹⁴ Fig.4 - Alcuni rappresentanti (non in scala) della fauna del Cambriano inferiore rinvenuta a Chengjiang in Cina. Il diagramma circolare in basso a destra mostra il quadro sistematico della celebre fauna del Cambriano medio rinvenuta nelle argille di Burgess (Colombia Britannica, Canada) (ridisegnato da HOU, CHEN & LUO, 1989; HOU & BERGSTROM, 1991; WHITTINGTON & BRIGGS, 1985; CONWAY MORRIS, 1989).

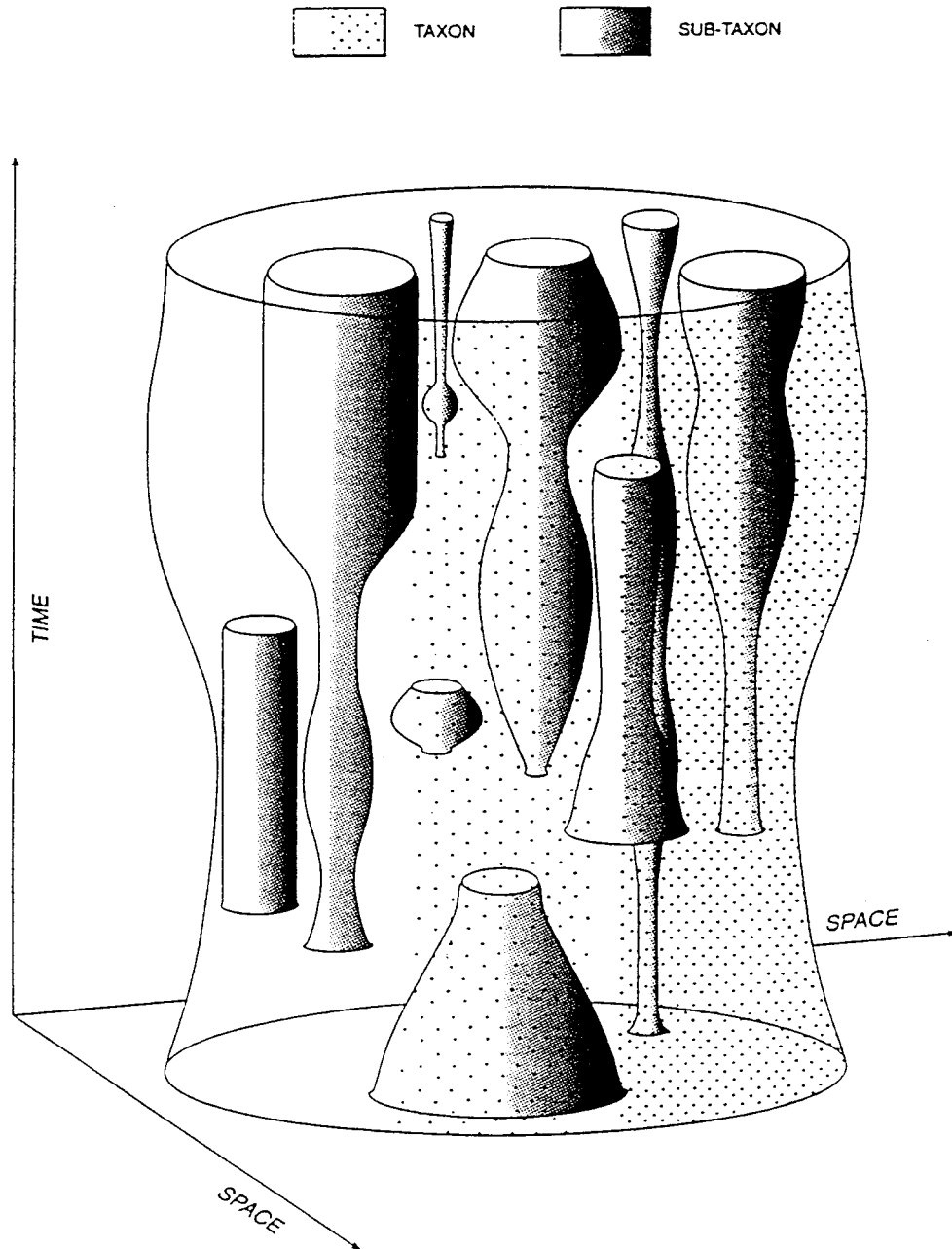


Dopo quest'ultima grande discontinuità, in pratica non troviamo nessun'altra importante novità. E' senz'altro innegabile che durante la successione dei periodi che hanno scandito il rimanente della storia terrestre dall'inizio dell'Era Paleozoica ad oggi, molte flore e faune variegata ed interessanti si sono succedute le une alle altre; tuttavia i componenti di queste flore e faune non sono altro - in definitiva - che variazioni su temi fondamentali rimasti immutati da oltre mezzo miliardo di anni.

E' sorprendente notare come le forme biologiche passate, lungi dal variare all'infinito nella maniera più sbrigliata, si presentino invece riferibili ad uno spettro limitato di piani strutturali o modelli morfogenetici: modelli come lo sferico, lo spirale, il conico, il frattale, e altri. Poiché questi modelli tendono regolarmente a riproporsi nello spazio e nel tempo, può capitare che il paleontologo riesca perfino a *prevederne* l'esistenza nell'ambito di gruppi fossili ancora poco noti, prima ancora che essi vengano scoperti di fatto.

Secondo noi, comunque, il principale contributo fornito dalla paleontologia alle scienze naturali risiede essenzialmente nell'aver dimostrato che la storia della vita non può essere rappresentata sotto forma di un "albero genealogico". Questa semplicistica interpretazione del cronotopo biologico è chiaramente un'eredità della visione meccanica del mondo. Per dirla in termini più precisi: le forme viventi del passato non possono essere collegate tra loro secondo successioni lineari di causa-effetto sviluppantisi con continuità lungo la direzione della freccia del tempo.

Affinché vi sia un albero, infatti, è necessario che vi sia un tronco con radici e rami, e affinché vi siano i rami è necessario che vi siano altrettanti punti di biforcazione quanti sono i rami stessi; ma questi punti di biforcazione rimangono regolarmente assenti, nebulosi o sfuggenti nella documentazione paleontologica, e il fatto non può essere attribuito all'incompletezza di questa documentazione. Il quadro paradossale che ci troviamo di fronte, pertanto, è quello di innumerevoli tronchi verticali di differenti lunghezze e diametri, affiancati in parallelo tra di loro lungo la direzione della freccia del tempo e, in quanto privi di radici o connessioni reciproche, beffardamente come "sospesi per aria"! (Fig. 5)¹⁵.



¹⁵ Fig.5 - Schema interpretativo del cronotopo biologico secondo lo scrivente. L'evoluzione delle forme viventi non può essere rappresentata come un albero genealogico: cioè con le varie categorie sistematiche (taxa) corrispondenti a rami di ordine differente sviluppantisi con continuità, quali successioni lineari di causa-effetto, secondo la direzione della freccia temporale. Al contrario, *i differenti taxa sono considerati come elementi discreti ma reciprocamente dipendenti di un sistema dinamico unitario*. Questo sistema è strutturato secondo una gerarchia di "modelli informativi" la cui natura è archetipica (per ovvie necessità figurative, nella figura lo spazio è rappresentato come se fosse a due anziché a tre dimensioni).

In tutti i suoi livelli sistemici, insomma, la struttura del cronotopo biologico mostra di essere caratterizzata dalla discontinuità.

A questo punto, noi sentiamo di trovarci di fronte ad un'alternativa molto chiara: o far finta di non vedere, oppure esprimere chiaramente le nostre perplessità. Il motivo per cui la maggior parte dei paleontologi preferisce scegliere la prima soluzione, accontentandosi perciò di proporre irreali alberi genealogici unicamente sulla base di linee tratteggiate (per constatare questo fatto è sufficiente sfogliare un qualsiasi testo di paleontologia), è questione che riguarda più la psicologia che la scienza naturale.

Il riconoscimento della natura discontinua del cronotopo biologico - e perciò, in fin dei conti, della correttezza della posizione di CUVIER nei confronti di quella di LAMARCK e di DARWIN - non implica affatto, secondo noi, che sia impossibile indicare le cause dell'origine delle forme viventi, ma soltanto che è impossibile identificare queste cause in quelle proposte dalla teoria classica dell'evoluzione.

Al medesimo tempo, il riconoscimento della discontinuità tra i differenti livelli sistemici del cronotopo biologico non implica affatto che questi non possano essere tra loro collegati in un tutto unitario e coerente, ma soltanto che è impossibile trovare la "legge di connessione" in quelle invocate dalla teoria classica dell'evoluzione.

In effetti, *lungo tutto l'arco della storia terrestre, le varie "emergenze" di novità biologiche non mostrano affatto di essere scorrelate tra loro e danno l'impressione, al contrario, di conformarsi ad un piano di sviluppo coerente.* Sotto questo aspetto, le opere di BOUCOT sono particolarmente significative, in quanto sembrano estendere la ben nota "ipotesi Gaia" di LOVELOCK a tutto il passato del nostro pianeta. Boucot, ad esempio, dimostra che l'apparizione e l'estinzione di numerose comunità biologiche del passato non sono legate né al grado di stabilità ambientale né alla competizione con altre comunità, com'era sempre stato ammesso nel contesto interpretativo darwiniano.

Un altro campo di indagine particolarmente rivelatore della coerenza e della natura sistemica del cronotopo biologico ci sembra essere lo studio dell'autopresentazione, inaugurato essenzialmente dallo zoologo elvetico PORTMANN. L'autopresentazione designa la trama di relazioni stabilite da ogni specie vivente con il suo "mondo esterno" e coinvolge caratteristiche visibili (o non visibili: basti pensare agli innumerevoli e talvolta sofisticatissimi esempi di mimetismo), olfattive (come il profumo dei fiori e le sostanze odorifere secrete da molti animali) ed acustiche (come il canto dei grilli, delle cicale, delle ragnelle e degli uccelli, assieme a numerosi suoni particolari emessi da molti mammiferi). Al medesimo tempo, questa trama di relazioni interessa non soltanto individui della medesima specie, ma anche molte altre specie e, più in generale, settori più o meno ampi della biosfera. Gli studi di Portmann ci portano a concludere che il ciclo vitale di ogni specie non può essere interpretato o descritto come un semplice aggregato di catene lineari di causa-effetto indipendenti l'una dall'altra, ma deve conformarsi ad un piano grandioso, ricco di informazione significativa e governato da leggi sistemiche, in accordo con modelli che ci ricordano fortemente gli archetipi messi in luce dalla psicologia del profondo.

In conclusione, avendo presente il quadro complesso e a due facce della realtà propostoci dalla fisica moderna, riteniamo non debba essere esclusa la possibilità che l'origine, la conservazione e lo sviluppo dei sistemi biologici siano strettamente dipendenti da sorgenti di informazione significativa esistenti ben al di là del campo delle nostre capacità di osservazione, ossia nel vuoto quantico e nell'ambito di realtà esistente al di là della soglia rappresentata dai buchi neri-bianchi del cronotopo fisico.

Gherardi

Tutto il creato, visibile ed invisibile, ci appare come una "situazione" che dal principio alla fine è un insieme di relazioni e di armonie. Questa situazione ha una temporalità in cui riconosciamo "cause" ed "effetti". Domanda: sono cause ed effetti a causare la situazione oppure è la situazione che causa le cose?

La confluenza delle cose dà ad esse i caratteri di causa e di effetto. Perché si abbia la situazione le cose si avvicinano e confluiscono. Quindi esse interagiscono. Questa cinematico-dinamica è caratterizzata dalle "conseguenze": ciò che segue è conseguenza di ciò che precede e non ne è l'effetto né il fine. Il creato non è un effetto di Dio, perché Dio poteva fare a meno di esso. Dio è causa e fine di tutto. Dio ha creato ogni cosa dal nulla e ad ogni cosa ha dato una tensione intrinseca, diretta nella direzione della situazione. Questa è l'insieme di infinite situazioni: è la situazione di tutte le situazioni. Ogni ente, ogni cosa, ogni realtà è una situazione. Una farfalla, un fiore, una foglia, un albero sono situazioni. Un piede, un occhio, un uomo, una donna sono situazioni. Un atomo, il mare, i pianeti, le stelle, l'universo... Una percezione, un

pensiero, uno stato d'animo, una preghiera, una poesia, un romanzo ecc. ... sono situazioni. Tutto insieme è la situazione. Finalismo e causalità coincidono nella situazione.

La situazione della situazione è una situazione che soltanto Dio conosce. "Situazione" è anche la rappresentazione o "Figura" della realtà e si identifica con la realtà, tanto che questa si può nominare "situazione" (non è né un'opinione né un'idea delirante).

"Causa" ed "effetto" sono due categorie mentali che corrispondono perfettamente alla situazione, rientrando in essa. Essi sono il riconoscimento di relazioni esistenti nella realtà. Tale corrispondenza è dovuta al fatto che i processi che si hanno nel maturare e nascere di una situazione cognitiva rappresentante la realtà sono gli stessi che si hanno nel maturare e nascere della realtà stessa.

Sarti

E. SARTI, *Gödel, Shannon e la crisi della scienza*, Seminario della Fondazione Perspektiven, Novacella (Bressanone) giugno 1994.

Spadoni

FINALISMO

Vorrei esaminare la seguente serie di punti in vario modo connessi col tema proposto.

1)- La presenza del finalismo non è significativa comunque, indipendentemente dalla metafisica assunta. Se si ritiene che la scienza sia solo un discorso sul mondo privo di valore ontologico, il finalismo eventualmente presente ha al più un valore metodologico. Questo non mi pare particolarmente rilevante, almeno in confronto al significato che il finalismo verrebbe ad assumere associato all'affermazione di una metafisica realistica.

2)- La scienza contemporanea dà veramente sostegno a tesi non realistiche e relativistiche come si afferma da molte parti? Quali argomenti possono venire dalla scienza a favore di tesi realistiche?

3)- La scienza ha un carattere analitico. Costruisce modelli settoriali della realtà. Il finalismo significativo non è tanto quello presente entro ciascun modello bensì il finalismo che orienta il tutto, che riguarda la realtà nella sua totalità.

4)- Il paradigma evoluzionistico si è ormai affermato a livello cosmologico. La fisica dei sistemi complessi esamina il divenire verso complessità crescenti nel mondo inorganico. E' qui presente un finalismo che orienta tutta la storia non solo quella biologica.

Le forme, le strutture, con maggiore contenuto di informazione, più "perfette", non sono predefinite come nel finalismo aristotelico, perché la storia evolutiva è solo una delle possibili storie consentite dalle leggi.

La spiegazione scientifica, rimossa la vecchia pretesa di trovare le vere cause dei fenomeni, (le forme sostanziali, le essenze, le cause finali) a partire dalla crisi della fisica classica, ha ridotto la propria struttura alle spiegazioni nomologico deduttive. A partire da pochi principi di carattere congetturale, espressi in forma matematica, con l'aggiunta di certe condizioni particolari, si deducono per via puramente logica i fatti da spiegare. La spiegazione viene ridotta ad una relazione fra enunciati senza riferimenti ontologici. Si ritiene in tal modo di rinunciare a scelte di tipo metafisico. In realtà, da Popper in poi, l'epistemologia ha mostrato che i presupposti metafisici di ogni discorso conoscitivo sono inevitabili per cui il risultato di questo rifiuto pare piuttosto essere la presenza inconsapevole di una metafisica disorganica.

Il carattere congetturale dei principi non comporta che le teorie siano prive di valore ontologico. Se si guarda al loro progredire storico è possibile riconoscere linee di continuità a dispetto della epistemologia dominante che ha privilegiato le rotture.

Il relativismo ha sottolineato aspetti giudicati incommensurabili nelle teorie successive e in questa prospettiva filosofica ha poca rilevanza l'individuazione di un finalismo, sarebbe privo di significato sul piano ontologico e il valore si limiterebbe agli aspetti metodologici.

Cerchiamo linee di continuità nel divenire delle conoscenze scientifiche.

Nella struttura nomologico deduttiva l'explanans, insieme delle leggi e delle condizioni particolari, può ritenersi un modello matematico di un settore della realtà. Le leggi della meccanica e la gravitazione universale di Newton insieme a certe condizioni particolari costituiscono un modello di settore. Così le equazioni di Maxwell e i principi della termodinamica. Questi modelli possono essere di tipo deterministico, in cui il futuro è determinato in modo univoco dalle condizioni iniziali, o di tipo semideterministico, dove a essere determinato è solo il futuro ma non il passato (diffusione del calore); possono essere di tipo ereditario, nei quali l'evoluzione dipende da tutta la storia passata (sistema meccanico sottoposto a tensioni irreversibili), o stocastico in cui compaiono variabili aleatorie. Domandarsi quale rapporto stabiliscono col mondo descritto, quale tipo di analogia si instaura fra la realtà e la struttura dei modelli è da farsi in una prospettiva che prende in esame la loro storia. Sono le linee di continuità che danno indicazioni utili circa l'essere del

mondo e le sue descrizioni. Comunque un primo elemento a favore del realismo mi pare derivi dal fatto che le crisi dei modelli hanno origine dal confronto con l'esperienza. Un nuovo modello che funzioni consente uno studio più approfondito dei fenomeni che descrive e in questo approfondimento si arricchisce il confronto con la realtà. Da questo nasce la crisi e il nuovo modello. E' la realtà che impone la necessità del cambiamento e lo guida.

Inoltre è proprio vero che i modelli successivi sono fra loro incommensurabili, che non è individuabile una linea di continuità ?

Il sistema aristotelico-tolemaico, la teoria degli epicicli, da un punto di vista puramente cinematico è equivalente al sistema copernicano.

La meccanica classica è invariante per le trasformazioni di Galileo. Tale invarianza esprime una simmetria rispetto agli osservatori inerziali, ossia in moto relativo rettilineo ed uniforme. Le equazioni di Maxwell non sono invarianti per le trasformazioni di Galileo ma per quelle di Lorentz.

I due tipi di trasformazioni esprimono una relazione fra osservatori inerziali ma la prima ammette segnali con velocità infinita mentre per la seconda la velocità della luce, c , è una velocità limite. Se la simmetria rispetto osservatori inerziali è universale occorre che sia le leggi della meccanica che quelle dell'elettromagnetismo siano invarianti per le stesse trasformazioni. Imporre alle leggi della meccanica i cambiamenti richiesti per essere invarianti per le trasformazioni di Lorentz è quello che ha fatto Einstein nella elaborazione della relatività ristretta. Tale lavoro ha comportato cambiamenti profondi nei concetti ma la struttura dei principi non è sostanzialmente cambiata. Ad esempio la richiesta che rimanga valido il principio classico di conservazione del moto del centro di massa comporta che la massa dipenda dalla velocità secondo la legge :

$$m = m_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}.$$

Il concetto classico di massa dunque cambia e questo comporta un cambiamento anche nella seconda legge della dinamica di Newton che ora diventa: $F = m \cdot a = m \cdot dp/dt = v \cdot dm/dt + m \cdot dv/dt$;

il termine $v \cdot dm/dt$ non c'era perché la massa classica era costante.

Le conseguenze di tutto questo ne evidenziano la rilevanza se si calcola il lavoro della forza F . Semplici calcoli conducono a :

$$F \cdot s = m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2 .$$

Posta l'energia E posseduta da una massa : $E = m \cdot c^2$

si ha : $E = m \cdot c^2 = F \cdot s + m_0 \cdot c^2 = E(\text{cinetica}) + m_0 \cdot c^2$

dove $m_0 \cdot c^2$ assume il significato di energia di una massa a riposo.

Le implicazioni sono concettualmente profonde. L'energia e la massa si trasformano l'una nell'altra, non c'è più un'invarianza separata e le conseguenze delle trasformazioni di Lorentz sono ancora più sconvolgenti sui concetti di spazio e tempo. Questa descrizione sommaria della storia vuole mostrare che sostenere una incommensurabilità fra le due teorie è assumere un'ottica molto parziale. Al di là del fatto che la struttura dei principi non è mutata si individua nel processo descritto una precisa continuità. La trasformazione del modello classico indica che la realtà descritta ha una simmetria che va espressa in modi non prima apparsi. Una visione più totalizzante, comprendente l'elettromagnetismo l'ha fatta emergere. La meccanica newtoniana, con le sue catene deduttive non aveva richiesto le trasformazioni di Lorentz. E' stata l'esigenza di coordinare le catene deduttive della meccanica con quelle dell'elettromagnetismo a rivelare aspetti insospettati della realtà.

Il tipo di continuità qui indicato è presente in tutta la storia della scienza da Galileo ai giorni nostri. Le proprietà di invarianza di ogni teoria fisica fanno sì che determinate variabili soddisfino a leggi di conservazione e le leggi di conservazione sono quelle che lasciano intravedere un finalismo.

Ricordiamo che la proprietà di invarianza delle leggi della dinamica per traslazioni dello spazio in sé conduce alla conservazione della quantità di moto totale del sistema; l'invarianza per rotazioni, la conservazione del momento della quantità di moto; la traslazione in sé del tempo assicura la conservazione dell'energia totale. Considerazioni analoghe valgono per la meccanica relativistica solo che in questo caso si deve parlare di rototraslazioni nello spazio-tempo. Esistono altre invarianze o simmetrie per le leggi della meccanica. Ad esempio quella per riflessione dello spazio in sé e del tempo in sé.

La teoria relativistico-quantistica dei campi elettromagnetico, mesonico ecc. gode delle prime tre proprietà di invarianza ed è invariante per certe trasformazioni, dette di "gauge", cui corrisponde la legge di conservazione della carica elettrica. La relatività generale risulta differire dalla gravitazione di Newton unicamente per la velocità finita di propagazione del campo gravitazionale se si scrive la teoria classica nel linguaggio dei tensori come ha dimostrato il fisico Peter Havas; dunque la famosa incommensurabilità si riduce di nuovo ad esprimere una simmetria nei termini di Lorentz ?

Questi elementi comuni a tutte le teorie fisiche portano F.Cramer, in "*Caos e ordine*", a sostenere "...dalla fisica contemporanea impariamo che il principio di conservazione dell'energia, o della carica, ha un carattere universale, è valido in tutte le branche della fisica e ha origine nella simmetria che è connaturata a tutte le leggi fondamentali; sorge spontaneo il pensiero che la simmetria sia un elemento decisivo del disegno secondo cui la natura è stata creata.". L'esame della storia delle conoscenze scientifiche sembra fare emergere elementi costantemente presenti e linee di continuità che ci parlano dell'essere del mondo. Indicazioni per una metafisica realistica mi sembrano pertanto individuabili.

Affermata così una metafisica realistica e riconosciuto che le leggi della fisica ambiscono ad andare oltre la contingenza per indicare l'essere è importante vedere se la coordinazione dei discorsi teorici rivela la presenza di un progetto generale. La presenza di un finalismo entro un modello settoriale non sarebbe particolarmente significativo a meno che non fossero individuabili finalismi coordinati entro ciascuno di essi.

Lo scienziato L. von Bertalanffy dice “il mondo vivente mostra nel corso del suo sviluppo embrionale e della sua evoluzione un passaggio verso un ordine più elevato, una più grande eterogeneità e una maggiore organizzazione.... Nella visione meccanicistica del mondo... era il gioco senza scopo degli atomi governati dalle leggi inesorabili della causalità, che produceva tutti i fenomeni del mondo inanimato, vivo e mentale. Nessun posto era lasciato alla direttiva, all'ordine e alla finalità.

Il mondo dell'organizzazione appariva come un prodotto casuale ottenuto mediante il gioco stupido dei cambiamenti aleatori e della selezione... Il solo scopo della scienza era analitico; scissione della realtà in unità ogni volta più piccole e isolamento delle catene causali individuali....E' caratteristico della scienza moderna che lo schema di unità isolabili che agiscono mediante una causalità a senso unico si sia mostrato insufficiente. Di qui l'apparizione in tutte le discipline scientifiche di nozioni come quelle di totalità, organismo, forma ecc.. che significano tutte... che dobbiamo pensare nei termini di sistemi di elementi di interazione mutua. Così le nozioni di teleologia e di direttività sembravano essere al di fuori del campo della scienza....Tuttavia questi aspetti esistono e non si può concepire un organismo vivente.....senza tener conto di ciò che si chiama variamente e assai vagamente, adattamento, esistenza di uno scopo, ricerca di uno scopo.....Considerazioni dello stesso tipo si applicano al concetto di organizzazione.... Le nozioni di totalità, di crescita, di differenziazione, di ordine gerarchico, di dominio, di comando, di competizione ecc. sono caratteristiche dell'organizzazione, che si tratti di un essere vivente o di una società. Queste nozioni non appaiono nella fisica tradizionale”.

Oggi lo studio dei sistemi complessi, il punto di vista olistico assunto in importanti capitoli della fisica ma ancor più in cosmologia generalizzano lo schema evolutivo prima tipico delle scienze biologiche.

In uno schema evolutivo coinvolgente la totalità si riproduce un finalismo che richiama quello aristotelico. La gerarchia delle cose in ordine alla loro perfezione era ciò che guidava il divenire. L'evoluzione era verso stati sempre più perfetti, verso stati qualitativamente superiori nell'ordine della perfezione. La gerarchia era stabilita a priori così come gli aspetti della perfezione. Il divenire aveva un carattere predeterminato, preconfezionato, senza molteplicità di esiti possibili, fatalisticamente orientato. Comunque era questa idea di perfezione che orientava tutta la storia. Non si trattava di finalismi parziali, limitati a specifici ambiti ma di un finalismo che coinvolgeva il tutto. Con la comparsa della necessità di un punto di vista generale e con l'esigenza di visioni olistiche sono maturate nella scienza contemporanea nuove categorie interpretative. Si parla di emergenza di livelli di organizzazione più elevati, di gradi di ordine crescente, di storie possibili, di esiti non predeterminati ma consentiti dalle leggi. Ricompare la qualità ad orientare l'evoluzione dei sistemi complessi. Che cosa è infatti un livello di organizzazione superiore se non uno stato qualitativamente diverso e gerarchizzato ? Un livello a maggiore contenuto di informazione è qualitativamente diverso ma è anche quantitativamente altro. Le nuove categorie descrittive dei processi evolutivi nei sistemi complessi sono così universali che danno unità al tutto. L'evoluzione biologica e l'evoluzione cosmica sono descrivibili in base alle medesime categorie. Purtroppo la scienza dei sistemi complessi è ancora piuttosto alle origini e non ha ancora risolto una grande molteplicità di problemi per cui il discorso è ancora di prospettiva ma le promesse sono interessanti.

Le concezioni cosmologiche obbligano ad assumere il punto di vista del tutto. La teoria del Big Bang, oggi dominante, richiede catene deduttive che utilizzano tutte le teorie fisiche contemporanee.

Nella fase iniziale e per la formazione degli elementi nelle stelle è richiesta la meccanica quantistica, la relatività generale per i forti campi gravitazionali presenti all'inizio e per i modelli di sviluppo cosmologico complessivo, la termodinamica e la fisica dei sistemi complessi per l'emergere delle strutture galattiche e la formazione delle stelle. La coordinazione di tutte queste catene deduttive e la calibrazione delle costanti presenti in ciascun ambito ha rivelato una così sorprendente specificità e una così sbalorditiva precisione nei valori che risulta difficile non ammettere l'esistenza di un progetto finalizzato all'emergenza di una complessità crescente. Chi rifiuta l'idea di un progetto, per abitudine metodologica, per paura della metafisica o che un progetto implichi un progettista, è costretto, dalla particolarità strutturale delle leggi, ad una ipotesi che non è per principio suscettibile di controllo sperimentale.

L'ipotesi che viene formulata è infatti che non esista un solo Big Bang ma che nel vuoto quantico si siano generati e continuino a generarsi universi ciascuno regolato da propri sistemi di leggi. La particolarità del nostro è così spiegata perché in un tempo infinito tutti i possibili sistemi di leggi trovano realizzazione in un universo. E' di nuovo il caso responsabile di ciascun particolare mondo. Naturalmente noi non entreremo mai in contatto con nessun altro universo per i limiti che le nostre leggi impongono alle possibilità di informazione per cui questa ipotesi è metafisica come quella che pensa ad un unico universo.

Queste considerazioni un po' sparse pretendono solo di offrire una serie di questioni che credo meritevoli di discussione e di approfondimento.

Strumia

L'AFFIORARE DELLA "SPIEGAZIONE FINALISTICA" NELLE TEORIE SCIENTIFICHE

1. INTRODUZIONE

Questo contributo nasce dall'esperienza, già più che decennale, di un lavoro interdisciplinare tra scienziati, tecnici e filosofi provenienti da diverse parti d'Italia, che ogni anno si ritrovano, in un fine settimana di ottobre, per un convegno di confronto su un tema epistemologico fondamentale,ⁱ sul quale hanno riflettuto, per tutto l'anno in corso, singolarmente o in piccoli gruppi di ricerca locali.ⁱⁱ Lo scopo di questi incontri — oltre che fissare i termini di un linguaggio comune — è quello di giungere a formulare alcune tesi epistemologiche fondanti sia per lo scienziato che per il filosofo e tali da poter essere confrontate con altri colleghi tramite l'ausilio di un breve documento scritto oltre che con il dialogo diretto.

Tra i temi presi in considerazione ne cito solo alcuni quali *"Naturale e artificiale"*, *"Il tempo"*, *"Modelli, analogie e metafore"*, *"Fisica e biologia: due statuti epistemologici a confronto"*. Generalmente ogni tematica ha richiesto più anni di lavoro per essere approfondita in maniera significativa, anche se non certamente esaurita. Il convegno del 1996 è stato il terzo del ciclo dedicato a *Fisica e biologia* ed ha avuto come tema precipuo il problema del *finalismo* nelle scienze della natura.

Va sottolineato come negli ultimi due cicli di convegni l'attenzione è stata rivolta sempre più a quelle problematiche nuove che sorgono nell'ambito delle *teorie non lineari* in fisica, delle logiche *autoreferenziali*, della *teoria dell'informazione* e della *complessità* nella chimica e nella biologia, ecc. Per quanto possa sembrare strano, a prima vista, gli studi intorno a queste nuove problematiche, che hanno iniziato il loro cammino scientificamente accreditato all'incirca intorno agli anni 1960, sembrano proporre, in una veste epistemologica che è loro propria, alcune delle questioni filosofiche fondamentali che l'antica metafisica di Aristotele — e quelle medioevali di impostazione aristotelica, come quella di Tommaso d'Aquino — avevano già affrontato nel contesto delle loro sintesi pur così diverse da quelle scientifiche attuali.

Non a caso, in tempi recenti, non sono mancati scienziati di grande fama, come ad esempio René Thom,ⁱⁱⁱ che hanno sentito la necessità di accostare lo studio di Aristotele alle loro più avanzate ricerche in campo matematico, così come anche studi epistemologici rivolti a focalizzare le condizioni di un confronto tra le questioni attuali e quelle antiche. Si tratta semplicemente di velleità filosofiche del dopolavoro scientifico delle quali alcuni scienziati si diletano a tempo perso? Non sembra proprio dal momento che questi interrogativi non nascono come una *riflessione aggiuntiva* che si affianca alla ricerca scientifica dall'esterno, ma sorgono *dall'interno* della stessa pratica scientifica, come una ricerca metodologica necessaria per fondarne la consistenza e garantire alle nuove branche della scienza le condizioni per svilupparsi rigorosamente e proficuamente.

Stiamo assistendo, almeno in questi settori della scienza, ad una crisi del modello epistemologico *riduzionista* e forse, più in generale, anche di quello *matematizzato*, che sembra richiedere un ripensamento e un *ampliamento* delle stesse assiomatiche logico-matematiche delle quali le scienze naturali tendono a servirsi.^{iv}

Un'indagine razionale e sistematica a questo proposito appare tanto più urgente e necessaria quanto più, nell'ambito della letteratura epistemologica e divulgativa si fanno strada delle opzioni di tipo irrazionalistico, soggettivistico e concordismi di stampo gnostico o materialistico.^v

Tra le diverse problematiche *nuove* che stanno emergendo nell'ambito delle scienze odierne — che, in realtà, nuove del tutto non sono perché si ricollegano tutte a questioni molto antiche in filosofia, ma sono comunque nuove quanto al contesto e al modo in cui emergono oggi — l'interrogativo sulla possibilità di una spiegazione *finalistica* dei dati dell'esperienza all'interno una teoria scientifica è certamente uno dei più filosofici, e quindi delicati da affrontare, nell'ottica della metodologia delle scienze.^{vi} Ad esso intendo dedicare buona parte di questo contributo.

L'articolo è organizzato nel modo seguente: il §2 presenta sinteticamente le problematiche epistemologiche nuove che emergono nelle scienze odierne con particolare riferimento alle scienze fisiche e matematiche. Il §3 richiama i concetti fondamentali inerenti la concezione della causalità in senso aristotelico e in senso meccanicista. Il §4 mette in luce il ruolo delle diverse cause nelle scienze fisiche, lasciando al §5 la trattazione in merito alla spiegazione finalistica nelle scienze. Il §6 propone alcune conclusioni e criteri epistemologici di fronte alla spiegazione finalistica in ambito scientifico.

2. LE NUOVE PROBLEMATICHE

Anzitutto, prima di addentrarci nell'indagine sul finalismo, vale la pena fare un'osservazione di carattere generale a proposito del tipo di *filosofia* che sembra governare almeno i settori nuovi delle scienze in questi ultimi anni.^{vii} Assistiamo certamente ad una crisi dello schema *platonico* caratterizzato da una matematizzazione in senso univoco e riduzionistico e ad uno spostamento del metodo scientifico verso un approccio più *organico*, *gerarchizzato*, *analogico*, in una parola *aristotelico*.^{viii}

L'aristotelismo cacciato dalla porta dell'edificio della scienza galileiana sembra, in qualche modo, rientrare dalla finestra. Tuttavia, se di aristotelismo si tratta, non è quello degenerato dei contemporanei di Galileo, ma quello delle genuine

questioni metafisiche e logiche, ritrovate curiosamente e riformulate dall'interno del problema dei fondamenti della scienza, nel quadro di pensiero e nel linguaggio dello scienziato di oggi e, quindi, in una forma per lui comprensibile e importante.

È sorprendente dover riconoscere che le questioni metafisiche fondamentali sembrano riaccendersi più facilmente attorno all'ambito scientifico che non nell'ambito del pensiero filosofico contemporaneo: forse è giusto perché la filosofia è nata originariamente dalla scienza in vista di una comprensione globale della realtà. Così è stato fin dall'antichità con i filosofi ioni, detti appunto *fisici*. D'altra parte è anche opportuno che avvenga così. In caso contrario una parola come *metafisica*, con le questioni ad essa collegate, rimarrebbero per lo scienziato sempre al di fuori della *razionalità* rigorosa e dimostrativa, suscitando o una certa ripugnanza, associata ad un rifiuto, o una sorta di "devozione religiosa" più affettiva che intellettuale, in ossequio al tipo di credo da lui abbracciato.^{ix} Mentre se i problemi nascono come scientifici ciò che si costruisce e si conquista in risposta ad essi, può essere riconosciuto come pienamente razionale.

Dicevamo poco fa che il metodo scientifico si sta orientando verso un approccio più *organico*, *gerarchizzato*, *analogico*. — *Organico* nel senso che ormai si tende ad andare alla ricerca, in molte le scienze, delle *proprietà d'insieme* delle strutture *complesse*, superando l'approccio *parziale* ai problemi e indirizzandosi verso un approccio *globale*. Il riduzionismo che vuole il *tutto* come "somma" delle *parti* non è più sufficiente a rendere conto delle nuove proprietà che compaiono nel *tutto* come tale. La filosofia aristotelica riconosceva nella *forma* il principio unitario di un *tutto*.

— *Gerarchizzato* in quanto nelle strutture complesse, sia biologiche, che chimiche, fisiche, informatiche, le scienze riconoscono dei livelli differenziati e collegati tra loro secondo un ordine di priorità. Tutto ciò ricorda, se pure con le debite differenze, i *gradi dell'essere* della metafisica aristotelico-tomista.

— *Analogico* in quanto la gerarchizzazione delle strutture in livelli differenziati comporta la necessità di una *descrizione* scientifica di tali livelli che sia altrettanto differenziata. Se la gerarchizzazione riguarda il dato oggettivo dell'esperienza, l'analogia riguarda il linguaggio descrittivo ed esplicativo di tale gerarchizzazione.^x Da questo punto di vista il formalismo univoco della matematica tradizionale non è più adeguato e si prospettano due strade, entrambe percorribili: o si *ampliano* la logica e la matematica in modo da renderle accoglienti nei confronti di una teoria rigorosa dell'*analogia*, oppure si elaborano delle *scienze dimostrative non matematizzate*. Le due vie non si escludono necessariamente e potrebbero essere sviluppate entrambe, in campi differenti: la prima strada sembra quella più adatta alle scienze fisiche e la seconda a quelle biologiche...

Tutte queste problematiche, ed è questo che le rende veramente interessanti per lo scienziato, come si è detto, non sono nate dall'esterno, da pur giuste ma sempre estranee questioni filosofiche, teologiche o morali, ma sono esplose dall'interno delle scienze. Infatti:

— Un *biologo* e un *chimico* non possono non essere sensibili alla constatazione che la *complessità* degli organismi e delle molecole, per essere spiegata in tutte le sue proprietà, richiede un approccio globale perché certe proprietà d'insieme non si riescono a dedurre da quelle dei soli elementi componenti.

— Un *fisico* e un *matematico* saranno sensibili ai problemi che nascono dalla *non linearità* delle equazioni con le quali si trovano a lavorare, che comporta, oltre al problema della sensibilità alle condizioni iniziali, anche quello dell'inutilizzabilità del *principio di sovrapposizione*. È questo un altro versante della *complessità* che impedisce di trattare uno stato di un sistema come somma di altri stati più semplici. Finora la fisica ha sempre cercato di linearizzare le sue equazioni per poterle risolvere, o di procedere con metodi perturbativi approssimati, ma forse questi metodi cominciano ad esaurire le loro potenzialità. Il *non lineare*, con tutti i problemi tecnici e concettuali che comporta pare ormai inevitabile.

— Un *logico* e un *informatico* saranno probabilmente più sensibili ai problemi legati alla *ricorsività* e all'*autoreferenzialità* che oggi non sono più accantonabili come ai tempi della teoria delle classi di Russell, al fine di evitare il paradosso del *catalogo dei cataloghi che non citano se stessi*... E questo accade anche, e forse proprio perché, oggi, il computer ha reso familiari i processi iterativi di tipo ricorsivo che sono fortemente autoreferenziali, rendendo quasi popolari delle questioni raffinatissime come quelle legate ai teoremi di Gödel.^{xi} La generazione dei frattali è l'esempio più spettacolare di questo tipo di processi e non certamente l'unico.^{xii}

Insieme a tutte queste problematiche anche il problema del *finalismo* si è riaffacciato prepotentemente nelle teorie scientifiche: i biologi non sono oggi più i soli a porsi e non possono essere perciò messi troppo facilmente a tacere; essi si trovano ormai sicuramente almeno in compagnia di quei fisici e astronomi che si occupano di cosmologia e hanno a che fare, tra l'altro, con quell'enunciato ancora per loro troppo filosofico, ma inquietante, che è il *principio antropico*.^{xiii} Ma vediamo, ora, di occuparci un po' più da vicino di quest'ultima problematica del finalismo nelle scienze.

3. IL MECCANICISMO E LE "QUATTRO CAUSE" ARISTOTELICHE

3.1. Il quadro aristotelico

È noto come la scienza aristotelica, basandosi sulla metafisica, includesse nel suo metodo esplicativo l'impiego delle "quattro cause": *materiale*, *formale*, *efficiente* e *finale*.

Per poter essere compresa in maniera non equivoca (dal momento che nel linguaggio moderno le stesse parole vengono impiegate con significati diversi dall'uso antico) la dottrina delle quattro cause richiede che si tengano presenti le due teorie metafisiche ad essa presupposte e cioè la teoria *ilemorfica* e la teoria della *potenza-atto*.

Un breve accenno è opportuno. Vorrei però cercare di utilizzare il linguaggio moderno della *complessità* per rendere comprensibili queste due teorie classiche, anche a rischio di qualche inesattezza.

i) Secondo la teoria *ilemorfica* gli oggetti che oggi chiameremmo *fisici* si collocano a quel *livello* di complessità che è oggetto della nostra esperienza diretta, o indiretta che sia: si va dal corpo macroscopico alla particella elementare. È quello che gli antichi chiamavano *res*, la cosa. È il livello della massima complessità e organizzazione, quella che noi osserviamo sperimentalmente.

Per poter rendere conto del comportamento (movimento, trasformazione, proprietà, ecc.) degli oggetti fisici occorre presupporre dei principi organizzatori che non sono però essi stessi delle *cose*, e quindi degli oggetti fisici osservabili, ma si collocano ad un diverso *livello* costitutivo: si può discutere se siano necessari proprio due principi di questo genere, ma non è questo il punto su cui intendo soffermarmi qui. Ciò che mi preme è che sia chiaro che i due principi non sono dello stesso livello dei corpi sperimentabili.^{xiv} Finora i fisici, quando sono andati alla ricerca dei costituenti elementari hanno cercato delle particelle elementari come oggetti che sono *cose*, cioè dello stesso livello dei corpi, come se questi ultimi fossero costituiti da un unico principio ad essi omogeneo.

La teoria *ilemorfica* parla di due principi, la *materia* e la *forma* che si collocano a livelli diversi di organizzazione rispetto agli oggetti fisici e a livelli diversi anche tra loro. Evidentemente qui *materia* non indica la materia come la intendiamo noi oggi che risulta invece dal *complesso* ilemorfico *materia-forma*, ma semplicemente uno dei due principi.

ii) Si è detto che questi due principi si collocano a livelli differenti anche tra loro e non solo dagli oggetti fisici. I due livelli che li caratterizzano sono identificati dai termini *potenza*, che caratterizza la proprietà tipica della *materia*, e *atto* che identifica la proprietà tipica della *forma*, anche se i concetti di potenza e atto non si applicano solo alla materia e alla forma. Così si può dire che la *materia* è il principio costitutivo dell'oggetto fisico che gli conferisce la *possibilità* di esistere in uno stato piuttosto che un altro, e la *forma* è il principio che gli conferisce l'*attualità* di uno stato di esistenza, per cui essa fa sì che l'oggetto sia una *cosa* piuttosto che un'altra *cosa* che ha differenti proprietà.

Ora la due cause *materiale* e *formale* si collocano al livello di questi due principi.

— La *causa materiale* è ciò che fornisce il costitutivo base di un oggetto fisico rendendolo passibile di assumere una *forma* o l'altra;

— la *causa formale* è ciò che fa assumere all'oggetto quella *forma* che lo caratterizza ora, anziché un'altra.

Per quanto riguarda le altre due cause:

— la *causa efficiente* è quella che fa sì che un oggetto fisico, che ora è caratterizzato da questa forma e da queste proprietà, poi assuma quest'altra forma e/o queste altre proprietà, ed è quindi responsabile del mutamento e perciò anche del movimento in senso locale che è un particolare tipo di mutamento;

— la *causa finale*, poi si trova dalla parte dello *stato finale* da raggiungere al termine di un certo mutamento. Nell'ottica della causa finale lo scopo del mutamento viene interpretato come inscritto nella legge stessa che lo governa. In questa prospettiva è la causa finale la più importante, e da essa le altre cause si trovano in qualche modo a dipendere. Il fine da raggiungere determina la costituzione materiale di un oggetto fisico, le sue caratteristiche essenziali (forma) ed esige una causa efficiente adeguata per compiere il mutamento da un certo stato iniziale verso quello finale da raggiungere.

3.2. La visione meccanicista

La meccanica newtoniana e quella successiva hanno abbandonato gradualmente il linguaggio aristotelico, per cui la scienza vera e propria non fa uso di un termine come quello di *causa*, che esula dal linguaggio matematico. Tuttavia, nell'interpretazione meccanicista che di questa teoria si è data, si era soliti ritenere che in natura non sono necessarie altre cause che quelle efficienti per spiegare il moto (locale) dei corpi. Infatti trattando il moto come uno *stato*, analogo alla quiete, è sufficiente assegnare una causa che fa passare un corpo da uno stato di moto ad un altro stato di moto, ovvero una causa delle accelerazioni. Poiché le cause che fanno mutare lo stato di un corpo sono quelle efficienti, la conseguenza è immediata. A questo punto poi è immediato identificare questa causa efficiente con la *forza* nel senso newtoniano del termine, grazie al secondo principio della dinamica.

4. LE “CAUSE NASCOSTE” NELLE SCIENZE FISICO-MATEMATICHE

In realtà la fisica, e a maggior ragione le altre scienze galileiane, sono sempre andate ben oltre lo schema meccanicistico, dimostrando in questo modo di ricorrere tacitamente anche alle altre tre cause.

4.1. La causa materiale

La ricerca della causa materiale è presente nelle scienze fisiche ogniqualevolta si ricercano i costituenti elementari dell'universo fisico, siano essi materia o radiazione. Ciò che, tuttavia, ha finora differenziato radicalmente l'impostazione

della fisica moderna da quella della metafisica aristotelica, in questa ricerca, è il fatto che la fisica moderna ha finora ricercato delle particelle elementari come *cose*, cioè omogenee agli oggetti fisici da esse composte. L'approccio riduzionistico è qui evidente: il tutto è stato finora pensato come somma di parti. O se si vuole, la funzione d'onda di uno stato complesso è ottenuta dalla combinazione lineare di quelle degli stati elementari.

La metafisica aristotelica, invece, ricercava dei costitutivi fondamentali di *livelli* (nel senso sopra esaminato) differenti, disomogenei rispetto ai corpi e disomogenei tra loro, come lo erano materia e forma.

Ciò che è interessante, a questo punto, è il fatto che la *complessità*, alla quale prima si è fatto riferimento, sembra introdurre proprio la necessità di livelli differenziati nei costituenti degli oggetti fisici, chimici, biologici, ecc. La preoccupazione qui non è certo quella di riproporre il modello aristotelico *materia-forma* in luogo delle equazioni di campo, quanto quello di comprendere come nella scienza odierna si stia acquisendo una nozione, che già era presente nella metafisica aristotelica, che è quella dei *livelli differenziali* dell'ente, e che può arricchirla notevolmente.

Vale forse la pena fare un accenno, ormai storico. Quando fu proposta la prima versione della teoria dei quark, per rendere conto del panorama delle particelle elementari allora conosciute, si presentò subito un problema: se le particelle sono elementari non possono essere scisse in parti costituenti e più elementari ancora; eppure il modello a quark sembrava rendere conto bene delle particelle allora conosciute. Dunque dovevano esserci in ogni particella tre quark costituenti, ma non osservabili e non separabili tra loro. Allora si inventò l'idea del confinamento dei quark dovuto ad un potenziale attrattivo infinito che non poteva mai essere valicato e li tratteneva nella particella da essi costituita in modo da renderli non osservabili separatamente. Il problema nasceva dal fatto che allora i costituenti di un oggetto fisico venivano pensati come oggetti dello *stesso livello* e non come principi appartenenti ad un livello di organizzazione più fondamentale. Forse oggi con l'epistemologia della complessità potremo fare di meglio.

Va notato che anche la fisica aristotelica si serviva di componenti omogenei alle *cose*, come i quattro elementi (aria, acqua, terra, fuoco), che in fondo giocavano un ruolo non dissimile da quello degli elementi chimici della nostra tavola periodica, ma introduceva anche principi di livelli diversi come materia e forma; la nostra fisica non è arrivata ancora a questo punto, ma forse non è da esso tanto lontana se, seguendo le idee della complessità si ipotizzano livelli differenziati e non omogenei di esistenza negli oggetti complessi. Ecco che, allora, per continuare a sviluppare una fisica-matematizzata, occorrerà una matematica capace di trattare in qualche modo anche questa gerarchizzazione di livelli.

4.2. La causa formale

La causa formale rientra in gioco nella fisica, tacitamente, per il fatto che la fisica moderna è una fisica *matematica*, e cioè si serve, per descrivere e spiegare gli oggetti dell'esperienza, di definizioni e dimostrazioni matematiche (anziché metafisiche). Ora dalla definizione (connotazione logica della forma) di un *oggetto matematico*, che in una teoria rappresenta un *oggetto fisico* ad esso associato, identificandone le proprietà quantitative e relazionali (mediante le leggi che ne governano l'evoluzione e le condizioni iniziali che ne identificano lo stato), la teoria fisica deduce il comportamento dell'oggetto.

4.3. La causa efficiente

La causa efficiente, che è l'unica che gioca più allo scoperto nell'epistemologia meccanicista, è quella che determina i cambiamenti di stato, che altro non sono che mutazioni accidentali o sostanziali dell'oggetto in questione.

Per ora la causa finale sembra ancora del tutto esclusa, ma non è così.

Ora essendo il finalismo l'oggetto proprio del nostro discorso dobbiamo dedicargli un po' più di spazio.

5. LA CAUSA FINALE NELLE SCIENZE

5.1 Il finalismo matematizzato

Non sembra si possa sostenere che la causalità finale non è mai stata presente nelle scienze moderne. Si dovrebbe sostenere piuttosto il contrario: il problema consisterà, allora, nell'identificare i modi in cui essa è *legittimamente* presente, insieme alle altre cause. Si tratta, in un certo senso di una finalità di "basso livello", così come la si rileva direttamente nelle scienze fisiche: non sarebbe pensabile inserire direttamente nella fisica un finalismo di tipo trascendente! Tuttavia se la complessità ci richiede di introdurre dei livelli gerarchizzati, ecco che ad ogni livello potrà fare la sua comparsa la spiegazione finalistica.

5.1.1. La finalità nella formulazione delle leggi scientifiche

Inizierei con l'osservare che una porta attraverso cui la finalità è entrata legittimamente nelle teorie scientifiche, e fisiche in particolare, e già da parecchio tempo, è quella della *formulazione delle leggi scientifiche*.

Esistono infatti più modi di formulare le leggi scientifiche (e non solo quelle della fisica). Ne identificherei due che sono interessanti ai fini del nostro discorso:

— il primo modo assegna la legge in maniera *diretta* e non finalistica;

— Il secondo modo non assegna la legge in maniera diretta, ma la identifica *indirettamente* assegnando il *fine* che attraverso di essa si deve realizzare nel mondo fisico.

Esempi della prima categoria sono tutte le leggi formulate in termini di equazioni differenziali, o algebriche, che governano l'evoluzione dei sistemi fisici nel tempo, le proprietà dei materiali, ecc.

Ciò che è importante sottolineare, a questo punto, è il fatto che, mentre una legge evolutiva formulata in modo diretto ammette generalmente anche la formulazione indiretta (come accade ad esempio per i sistemi lagrangiani e hamiltoniani), cioè finalistica, può accedere ed è accaduto nella storia della fisica, che nell'ambito di una teoria si sia in grado di formulare le leggi in modo finalistico e non se ne conosca ancora la formulazione diretta. Ciò significa che si conoscono le cause finali, ma non ancora quelle efficienti. Quando si possedano entrambe le formulazioni si potrà di dire di conoscere entrambe le cause finale ed efficiente. Ed è importante sottolineare che una spiegazione di tipo finalistico non solo non si contrappone a quella che fa ricorso alle altre cause, ma in un certo senso la esige, per offrire una comprensione dei meccanismi attraverso i quali una certa finalità viene raggiunta.

La termodinamica

La causalità *finale* è presente sulla scena della fisica, anche se tacitamente, con la termodinamica che, essendo una teoria *macroscopica*, formula le sue leggi in termini finalistici non potendo offrire direttamente una descrizione dei "meccanismi" microscopici che si realizzano nei processi. I processi che la natura realizza sono quelli che raggiungono due fini:

- i) la conservazione dell'energia (primo principio)
- ii) l'aumento di entropia (secondo principio).

Per questo la termodinamica non piaceva ai meccanici che hanno cercato una spiegazione in termini di cause efficienti, meccaniche, alla termodinamica attraverso la *teoria cinetica* e la *meccanica statistica* che hanno fornito le leggi dirette secondo le quali si raggiungono i fini prescritti dalla termodinamica.

Il principio di Pauli

Questo genere di formulazione delle leggi fisiche non si trova solo nella fisica classica, ma anche in quella quantistica là dove si formulano le leggi in modo prescrittivo senza descrivere il meccanismo che permette di realizzare la prescrizione: è il caso del principio di esclusione di Pauli che prescrive che due elettroni in un atomo non possono occupare lo stesso stato quantico, e quindi si devono collocare in modo da realizzare questa prescrizione.

Le leggi di conservazione

Ma anche nella meccanica stessa e più in generale in tutta la fisica, tutte le *leggi di conservazione* possono essere lette in chiave finalistica: il moto *tende* a mantenere costante una certa quantità (quantità di moto, energia meccanica, momento angolare, o altro). Si può dire anche così: tra tutti i moti concepibili quelli che effettivamente si realizzano in natura, in certe condizioni, sono quelli che raggiungono il fine di conservare certe grandezze fisiche e, nella meccanica quantistica certi numeri quantici.

I principi variazionali

Anche la formulazione matematicamente più potente delle leggi meccaniche e fisiche in genere, offerta dai *principi variazionali*, è di tipo finalistico. I principi variazionali, infatti, affermano che la natura si comporta in maniera tale da raggiungere lo scopo di rendere minimo (o comunque stazionario) un certo *integrale d'azione*. Tra tutti i possibili processi che conducono un sistema fisico da uno stato *A* ad uno stato *B* quello seguito in natura ottiene lo scopo di rendere minima una certa grandezza.

5.1.2. Gli stati indipendenti dalle condizioni iniziali

Oltre al finalismo nella formulazione delle leggi della fisica un altro caso di finalismo particolarmente interessante, che si può presentare in fisica, ma più in generale in un *sistema dinamico* è quello legato agli stati indipendenti dalle condizioni iniziali, che il sistema tende prima o poi a raggiungere comunque e nel quale si mantiene fino a che non intervengano cause esterne di perturbazione, come i *cicli limite* stabili, o i *punti di equilibrio* stabili, o più in generale gli *attrattori* stabili. In questi casi non sono determinante le condizioni iniziali del sistema, quanto piuttosto quelle finali che vengono comunque raggiunte. L'esempio più noto è quello degli oscillatori forzati, che dopo un certo tempo si stabilizzano oscillando con lo stesso ritmo con cui vengono sollecitati dall'esterno, qualunque sia la posizione e la velocità con le quali sono stati avviati all'inizio.

Vale la pena di osservare, al termine di questa breve rassegna, che se certe considerazioni sul finalismo cominciano ad essere prese in considerazione anche dai fisici, non sembra più così scandaloso che i biologi si stiano ponendo seriamente il problema di accogliere il finalismo come prospettiva adeguata di spiegazione dell'evoluzione, almeno a livello globale e macroscopico, in una maniera somigliante alle leggi della termodinamica. Secondo alcuni biologi la spiegazione finalistica ("teleonomica") sembra indispensabile a spiegare correttamente l'orientamento dell'evoluzione delle specie verso un certo risultato che contiene una quantità d'*informazione* superiore a quella che pare essere contenuta nel sistema

di partenza, contrariamente a quanto accade nei sistemi non viventi nei quali l'entropia d'informazione tende ad aumentare.

5.2. Il finalismo filosofico

Le considerazioni svolte e gli esempi che abbiamo esaminato finora ci sono serviti ad illustrare come la spiegazione finalistica sia entrata già da parecchio tempo nelle scienze, e nella fisica in particolare, anche se evitando di dichiararsi come tale. C'è da dire che l'operazione è finora riuscita in quanto è stato possibile dare una *formulazione matematica* alle prescrizioni finalistiche introdotte nelle scienze. Rimane comunque molto significativa la resistenza dei meccanicisti nei confronti della termodinamica e il loro grido di trionfo nel momento in cui sono riusciti a trovare un modello meccanico basato sulla teoria cinetica e la meccanica statistica. Tuttavia questo modello non ha soppiantato la termodinamica che non è stata mai abbandonata, perché rimane del tutto corretta. Con l'avvento dell'elettromagnetismo di Maxwell e delle teorie di campo, poi, si è confermata definitivamente la possibilità di una fisica non riducibile alla meccanica.

Oggi le resistenze sembrano piuttosto manifestarsi verso quelle forme di finalismo che non possono avere o non hanno ancora una formulazione matematica e che chiameremo *finalismo filosofico*.

5.2.1. Il principio antropico

L'origine del *principio antropico* è legata a questioni epistemologiche interne alla scienza, inerenti il valore delle costanti universali della fisica e alla struttura delle leggi fisiche fondamentali. Si è partiti da domande come le seguenti:

— che cosa determina i valori della carica elettrica elementare, della velocità della luce, della costante di Planck, e della altre costanti universali?

— perché le leggi delle forze fondamentali hanno questa forma e non un'altra?

La fisica odierna non ci dà ancora una risposta. Sono domande che ricordano, la domanda che si pose E. Mach sulla natura dell'inerzia delle masse. Sono domande scientificamente più che legittime e che possono essere anche scientificamente feconde: basti pensare al principio di equivalenza di Einstein tra massa gravitazionale e massa inerziale che, partendo dalle idee di Mach, poi modificate, è arrivato alla teoria della relatività generale.

Un approccio a queste domande ha condotto a cercare di vedere le conseguenze che ci sarebbero modificando, anche di poco, i valori di alcune di queste costanti, o la struttura di alcune leggi che governano le interazioni fondamentali. I risultati che si sono ottenuti, come è noto, hanno condotto ad affermare che l'universo sarebbe profondamente diverso da quello attuale se si alterasse anche di poco qualcuno di questi parametri, al punto da rendere impossibile la vita e la comparsa dell'uomo. Usando altri termini si direbbe che l'universo è fortemente instabile rispetto a perturbazioni dei valori delle costanti fondamentali e le leggi fondamentali che lo governano sono *strutturalmente* instabili.

In questo contesto è nato il *principio antropico*, sia nella *forma debole* che nella *forma forte*, come risposta alle domande scientifiche poste sopra. Si tratta di un principio finalistico vero e proprio che appare a molti troppo filosofico per poter essere considerato *interno* alla scienza. Tale principio, infatti, non sembra, almeno al momento, traducibile in forma matematica. Tuttavia sembrerebbe che esso possa essere messo in relazione con quei "principi matematici superiori, che sono le simmetrie, le quali in un certo modo dall'alto, a guisa d'idee in senso platonico, plasmano la sostanza sottostante imponendole quei connotati che noi osserviamo e che conferiscono al cosmo la sua specificità e le sue strutture. In una tale visuale, le costanti fondamentali non sono altro che parametri caratteristici di queste simmetrie, che, in quanto tali, sono come gli archetipi che stanno a monte del realizzarsi concreto del mondo".^{xv}

6. CONCLUSIONE

Al di là della discussione sul principio antropico, a conclusione del discorso, quello che può essere interessante è esaminare, almeno per accenni, qualche criterio di carattere generale per accogliere nell'ambito di una teoria scientifica un principio o un comportamento a carattere finalistico.

i) Abbiamo già visto un primo criterio che è stato utilizzato già a proposito della termodinamica e dei principi variazionali e, quindi, collaudato da tempo:

Una legge fisica può essere enunciata in forma finalistica se la sua formulazione può essere data in forma matematica.

A questo proposito si può aggiungere che una matematica futura ulteriormente *ampliata* rispetto a quella attuale può aprire degli spazi ad una modalità di spiegazione finalistica che per ora potrebbe apparire scientificamente inaccettabile.

ii) Un altro caso significativo a cui abbiamo accennato, quello degli attrattori stabili, non riguarda tanto le leggi fisiche ma il possibile singolo comportamento evolutivo dei sistemi fisici, cioè una singola soluzione delle leggi. Questo non pone problemi in quanto questi comportamenti, indipendenti dalle condizioni iniziali, sono descritti da soluzioni particolari di equazioni differenziali, e come tali, nascono direttamente dalla matematica che governa il sistema fisico. Tutto ciò è perfettamente scientifico e l'osservazione che si tratta di un comportamento finalistico è una questione di interpretazione filosofica del dato scientifico.

iii) Il terzo caso, al quale si è fatto accenno, portando l'esempio del principio antropico, è il più delicato, in quanto tratta di un principio finalistico del quale non si possiede una formulazione matematica. È legittimo accettare nell'ambito di una teoria scientifica un principio formulato in questo modo?

Generalmente, nelle scienze, si accetta un'ipotesi, o una teoria, quando è in grado di sostenere il confronto con l'esperienza nel duplice senso di:

— rendere conto, entro gli errori di misura ed entro i limiti che definiscono il dominio di validità della teoria stessa, dei dati sperimentali conosciuti;

e possibilmente:

— essere in grado di prevedere nuovi fenomeni controllabili sperimentalmente.

Di norma si richiedono controlli e previsioni di carattere quantitativo, cioè a livello di misure.

Allora si pongono due domande:

— È possibile che un principio filosofico permetta di dedurre delle informazioni sui valori di certe grandezze?

E ancora:

— È possibile e opportuno elaborare delle scienze dimostrative non matematizzate che consentano di descrivere e fare previsioni intorno a dati a carattere non quantitativo?

Ovviamente queste grosse questioni sono del tutto aperte e ricche si fascino per il ricercatore: forse ci troviamo in un momento molto importante per lo sviluppo del pensiero scientifico.

ⁱ I convegni sono stati ideati e organizzati dal Centro S. Domenico di Bologna ad opera del Prof. P. S. Parenti e dei suoi collaboratori.

ⁱⁱ A Bologna sono presenti due gruppi di lavoro: un gruppo "interdisciplinare" che si riunisce presso la Cooperativa *I martedì*, e un gruppo di ricerche epistemologiche presso lo *Studio Filosofico Domenicano*.

ⁱⁱⁱ Cfr. R. Thom, *Esquisse d'une sémiophysique*, Parigi 1989.

^{iv} Va ricordato, in questa direzione, il lavoro compiuto dal compianto E. De Giorgi con il suo gruppo alla Normale di Pisa. Si veda per esempio: E. De Giorgi, M. Forti e G. Lenzi, "Una proposta di teorie di base dei Fondamenti della Matematica", *Rend. Mat. Acc. Lincei*, ser.9, **5** (1994) 11-22; **5** (1994) 117-128; **6** (1995) 79-92; E. De Giorgi e G. Lenzi, "La Teoria '95, una proposta di teoria aperta e non riduzionista dei Fondamenti della Matematica", memoria presentata da E. De Giorgi il 13 novembre 1995. Un'esposizione più didattica, rivolta anche ai filosofi e cultori di scienze umane, in vista di una collaborazione sul piano epistemologico, è presentata in E. De Giorgi, "Dal superamento del riduzionismo insiemistico alla ricerca di una più ampia e profonda comprensione tra matematici e studiosi di altre discipline scientifiche ed umanistiche", memoria presentata da E. De Giorgi, Pisa, 25-3-1996.

^v Cfr. A. Strumia, "Uomo e universo – Origine e fine nella prospettiva teologica", *Sacra Doctrina* (1997), in corso di stampa.

^{vi} La nostra indagine non si addentra nell'ambito delle scienze umane, ma rimane nel campo delle scienze naturali, in particolare della fisica.

^{vii} È vero che c'è una grossa area della cosiddetta *scienza normale*, nel senso in cui T. Kuhn impiega questa dizione, che continua a procedere come se niente fosse perché non pare, almeno per ora coinvolta direttamente da questi problemi: penso a molta fisica teorica o a buona parte della cosmologia, anche se non mancano eccezioni. Uno studio molto accurato intorno a queste nuove problematiche è offerto da M. Cini, *Un paradiso perduto. Dall'universo delle leggi naturali al mondo dei processi evolutivi*, Feltrinelli, Milano 1994. Ho cercato di offrire una rassegna scorrevole delle problematiche più scottanti inerenti le scienze in "Una razionalità da dilatare", *Kos* **128** (1996) 48.

^{viii} Utilizzo qui i termini *platonico* e *aristotelico* come li usa A. Koyré, in un senso molto ampio, come si vede anche dal contesto del discorso. Per un approfondimento su quanto intendo a questo proposito si veda la mia *Introduzione alla filosofia delle scienze*, Edizioni Studi Domenicano, Bologna 1992, pp.22-32.

^{ix} Il *fideismo* è spesso la grande deviazione epistemologica di chi vuole abbinare una dimensione religiosa o anche ideologica con la razionalità scientifica, collocando la prima nell'ambito affettivo e la seconda in quello intellettuale.

^x Una riflessione più ampia sul problema dell'analogia in relazione alle scienze della complessità ho cercato di proporla in "Le scienze verso una teoria dell'analogia?", in corso di stampa su *Divus Thomas* ((1997).

^{xi} Cfr. D.R. Hofstadter, *Gödel, Escher e Bach, un'eterna ghirlanda brillante*, Adelphi, Milano 1984; E. Sarti, "Gödel, Shannon e la crisi della scienza", AEI

^{xii} Per una bibliografia essenziale sull'argomento mi permetto di rinviare al mio articolo "Che cosa sono e a che cosa servono i frattali?", *Pixel* **7-8** (1996) 5.

^{xiii} Si può vedere a proposito del principio antropico N. Dallaporta, *Scienza, metascienza e metafisica*, ed. Cedam, Padova 1994, cap.II, §2.1.

^{xiv} Qualcosa di somigliante a questa situazione si ha in matematica nella teoria degli insiemi quando si considerano i diversi livelli, che in questo caso si chiamano *tipi*, che sono rappresentati dagli elementi semplici di un insieme, dagli insiemi di elementi semplici, dagli insiemi di insiemi, ecc. Si tratta di livelli di oggetti non riducibili tra loro.

^{xv} N. Dallaporta, op. cit., p.79.