

SCIENZA, NATURA ED ETICA: ELEMENTI PER UNA RIFLESSIONE

1. INTRODUZIONE

Il quadro concettuale entro cui si muove la ricerca scientifica contemporanea è sempre più lontano da quelle immagini di stampo neopositivista o materialista che hanno avuto grande influenza sul pensiero della prima metà di questo secolo. L'universo si rivela sempre più denso di informazioni, popolato di messaggi, pullulante di contenuti e di strutture. L'evoluzione biologica appare sempre meno interpretabile come puro frutto del «caso» e della «necessità», mentre appare sempre più evidente che l'universo ha avuto una storia finalizzata all'emergere della vita e della coscienza. La tradizionale dicotomia fra fenomeni fisici, soggetti alla legge dell'entropia e quindi alla perdita di informazione, e sistemi biologici, nei quali si verifica un aumento della complessità e dell'informazione, sembra oggi definitivamente superata; mentre il caos o rumore (*noise*), che tradizionalmente veniva guardato come una fonte di disturbo e come qualcosa di assolutamente aleatorio e imprevedibile, sembra oggi possedere una forma geometrica soggiacente e rappresenta forse lo strumento attraverso cui la natura scomponete e ricomponete le sue forme.

Le attuali teorie cosmologiche per molti aspetti attendono ancora verifiche di carattere sperimentale, ma sembrano ormai attestate su un dato di fondo: l'universo ha una storia e quindi non si presenta come qualcosa di omogeneo su larga scala, retto da leggi eterne ed immutabili, ma come una realtà dinamica in continua e talora violenta trasformazione. Questo equivale a dire che le categorie storiche non sono più estranee al campo della fisica, che ogni evento fondamentale nella storia del nostro universo ha carattere di unicità e di irripetibilità; l'universo mostra di possedere una direzione nel senso della crescita della complessità sino all'uomo,

cioè sino all'essere che è in grado di avere coscienza di sé e della realtà in cui è immerso e di cui misteriosamente fa parte. Questa consapevolezza del legame fra tutti gli esseri e dell'esistenza di un senso e di un orientamento di tutta la realtà naturale pone fondamentali interrogativi di carattere etico e morale, problemi che nascono all'interno della stessa scienza con un carattere teoretico e speculativo, piuttosto che come semplici esigenze tecniche di porre rimedio a qualcuno dei gravi danni ambientali che lo sviluppo economico e tecnico ha prodotto.

La tecnica non sarà mai in grado da sola di risolvere i guasti che essa stessa ha prodotto a causa di una errata interpretazione del rapporto uomo-ambiente e di una visione della scienza riduttiva e legata a immagini positiviste e meccaniciste. Dall'altra parte è impossibile e non opportuno imporre dei limiti alla ricerca scientifica in modo puramente autoritario, senza prestare seriamente attenzione a ciò che la scienza sembra dirci oggi sull'ordine e le finalità della natura, sulle regole che la natura (il mondo biologico in particolare) si è data, sui rapporti fra mente e cervello anche in relazione al rapporto fra libertà e condizionamenti biologici, fra evoluzione del comportamento etico ed evoluzione culturale.

2. CAOS, FLUTTUAZIONI, STRUTTURE DISSIPATIVE

«La geometria della natura è caotica e mal si identifica nell'ordine perfetto delle forme abituali di Euclide o del calcolo differenziale»¹. In effetti, fra il dominio del caos incontrollabile e l'ordine eccessivo di Euclide si stende ormai una nuova zona di ordine frattale². Quest'ordine si incarica appunto di studiare gli oggetti frattali, cioè quegli oggetti di forma estremamente irregolare, estremamente interrotta e frammentata, e che rimane tale qualunque sia la scala su cui la si esamina³. Per comprendere la complessità della natura era necessario che prendesse forma il sospetto che

¹ B. Mandelbrot, *Gli oggetti frattali*, Torino 1987, p. 11.

² *Ibid.*, p. 12.

³ *Ibid.*, p. 155.

la complessità non fosse soltanto l'effetto di molti fattori secondari e accidentali, che disturberebbero il fenomeno in esame impedendo la perfetta regolarità geometrica nel senso classico del termine. Gli oggetti che popolano il mondo reale non sono platonicamente una copia imperfetta delle figure geometriche ideali; essi, secondo Mandelbrot, hanno un carattere frattale e sono riconoscibili nei più diversi campi, dalla fisica alla biologia, dalla statistica alla scienza degli elaboratori. In ognuno di questi casi, una piccola parte dell'oggetto, o del fenomeno, è un'immagine ridotta dell'oggetto intero, o del fenomeno complessivo.

Per descrivere matematicamente questa proprietà di autosomiglianza degli oggetti frattali, Mandelbrot fece ricorso al concetto di dimensione frattale: «numero che serve a quantificare il grado di irregolarità e di frammentazione di un insieme geometrico o di un oggetto naturale; la dimensione frattale non è necessariamente un intero»⁴. Nel caso di oggetti regolari la dimensione frattale ha un valore coincidente con quello della dimensione euclidea; diventa frazionaria nel caso di oggetti non regolari, ed in tal caso essa esprime il grado di irregolarità dell'oggetto. Una geometria a dimensioni non unitarie permette di sviluppare una modellistica estremamente utile nello studio di fenomeni articolati come la distribuzione stellare nelle galassie, l'andamento delle perturbazioni atmosferiche, i fenomeni che avvengono in prossimità di una transizione di stato, l'organizzazione o l'architettura relativa a molte strutture del corpo umano. «La descrizione "esponenziale" ortodossa della ramificazione dei bronchi si dimostrò del tutto erronea, mentre si rivelò conforme ai dati una descrizione frattale». Naturalmente ci si deve chiedere in che modo la natura sia riuscita a sviluppare una architettura tanto complicata? «La tesi di Mandelbrot è che le complicazioni esistono solo nel contesto della geometria euclidea tradizionale. Come i frattali, le strutture ramificantisi possono essere descritte con trasparente semplicità, con appena pochi *bit* di informazione. Forse le trasformazioni semplici che diedero origine alle forme escogitate da Koch, Peano e Sierpiński hanno il loro analogo nelle istruzioni codificate dei geni di un organismo.

⁴ *Ibid.*, p. 156.

Senza dubbio il DNA non riesce a specificare il gran numero di bronchi, bronchioli e alveoli o la particolare struttura spaziale dell'albero che ne risulta, ma può specificare un processo ripetitivo di biforcazione e di sviluppo»⁵.

Questi oggetti frattali possono essere generati utilizzando, secondo un procedimento aleatorio, poche regole iterative; in questo modo è possibile sfruttare le capacità grafiche di un computer per disegnare bizzarre forme geometriche, alcune delle quali mostrano sorprendente somiglianza con forme realmente esistenti in natura. Il caos, o, meglio, il comportamento aleatorio sembra possedere una geometria soggiacente diversa dalla tradizionale geometria delle forme semplici che stava alla base di una descrizione matematica di fenomeni fisici dotati di comportamento deterministico. Il determinismo era in effetti la regola della meccanica classica; ma gli unici sistemi che godono di un comportamento rigorosamente deterministico sono i sistemi a due corpi. Nell'ultimo decennio dell'Ottocento, Poincaré aveva dimostrato che il cosiddetto problema dei *tre o più* corpi non poteva essere risolto in termini classici, e che era necessario ricorrere, già nel contesto di una scienza «esatta» come la meccanica celeste, a metodi di approssimazione⁶. Lo stesso Poincaré osserva: «Una causa così piccola da sfuggire alla nostra attenzione può determinare un effetto considerevole che non possiamo ignorare; in una tale situazione noi diciamo che l'effetto è dovuto al caso. Se noi conoscessimo esattamente le leggi della natura e la situazione dell'universo nel momento iniziale, potremmo predire esattamente la situazione di quello stesso universo in un momento successivo. Ma quand'anche le leggi naturali non avessero più alcun segreto per noi, potremmo ancora conoscere la situazione solo in modo approssimativo. Se una tale conoscenza ci permettesse di predire la situazione successiva con la medesima approssimazione, questo è tutto ciò che chiediamo e diremmo che il fenomeno è stato predetto e che è governato dalle leggi. Ma non sempre è così; può infatti accadere che piccole differenze nelle condizioni iniziali producano un errore enorme in quelle successi-

⁵ J. Gleick, *Caos. La nascita di una nuova scienza*, Milano 1989, p. 113.

⁶ E. Agazzi (a cura di), *Storia delle scienze*, vol. II, Roma 1984, p. 285.

ve. La previsione diventa impossibile»⁷. L'utilità della modellistica connessa alla geometria dei frattali sembra riguardare in particolare il comportamento caotico dei sistemi dinamici, nel senso che tale comportamento risulta descritto da una traiettoria nello spazio delle fasi dotata di un «attrattore strano», cioè di un oggetto frattale che caratterizza il comportamento a lungo termine del sistema.

Questi curiosi oggetti frattali, queste originali geometrie della natura, sembrano avere un rapporto molto stretto con i sistemi dinamici complessi, allo stesso modo che le forme semplici della geometria tradizionale avevano un rapporto con alcuni semplici sistemi dinamici che, per giunta, venivano studiati in condizioni ideali (assenza di attriti, linearità, esistenza di una funzione hamiltoniana dell'energia, ecc.). Ricordiamo infatti che sistemi dinamici lineari e integrabili (la cui evoluzione dinamica può essere descritta da una funzione hamiltoniana dell'energia) offrono soluzioni stabili, cioè è possibile determinare con metodi analitici punti di equilibrio della funzione dell'energia. Tali sistemi sono descritti nello spazio delle fasi da attrattori semplici. Sistemi dinamici complessi, come nel caso del problema dei tre o più corpi ed in particolare quando non è possibile trascurare gli attriti e le influenze esterne, non sono integrabili e il problema della stabilità si pone in forma estremamente complessa. Nel caso del sistema solare, sulla base degli studi di Arnold, Kolmogorov e Moser, sembra potersi affermare con un discreto margine di probabilità che si tratta almeno di un sistema «quasi stabile», nel senso che collisioni di pianeti e fughe di un pianeta dalla sua orbita «kepleriana» sarebbero escluse. Ma in generale i sistemi dinamici presentano una instabilità strutturale, per cui leggere variazioni nelle condizioni iniziali possono dar luogo a comportamenti totalmente diversi, che sul piano delle fasi possono essere descritti solo da attrattori strani.

L'esistenza di attrattori strani indica che il sistema ha un comportamento che è continuamente fonte di novità, e che nessun miglioramento nella determinazione delle condizioni iniziali può eliminare questa imprevedibilità, nel senso che non esistono metodi analitici per prevedere quale sarà lo stato finale del sistema. In

⁷ Citato in J. Gleich, *op. cit.*, p. 255.

altri termini, la dinamica sta qui *generando informazione* per l'osservatore⁸. Nel caso di sistemi complessi non-lineari e dissipativi può avvenire che una piccola perturbazione renda instabile una determinata configurazione del sistema; in questo caso non è più possibile prevedere, come nella termodinamica classica, l'esistenza di un punto di equilibrio attorno a cui il sistema compie delle piccole oscillazioni dovute alle perturbazioni esterne. In questo caso il sistema è divenuto molto sensibile alle piccole fluttuazioni e può evolvere verso stati differenti dal punto di equilibrio termodinamico. La teoria delle catastrofi sviluppata da René Thom e le ricerche sulle strutture dissipative di Ilya Prigogine sono attualmente i due itinerari di ricerca che appaiono più promettenti, non solo per lo studio di sistemi dinamici il cui comportamento esula dai canoni del meccanicismo tradizionale, ma anche per comprendere come il comportamento dei sistemi biologici derivi da proprietà della materia senza violazione alcuna del secondo principio della termodinamica. Ricordiamo che comprendere il legame fra fisica e biologia equivale a chiudere uno degli anelli mancanti per la comprensione del meccanismo dell'evoluzione naturale; la teoria dell'evoluzione appare infatti oggi come uno schema concettuale assai stimolante in cui inquadrare le attuali conoscenze scientifiche ed i dati in nostro possesso, ma è ben lungi dall'essere una teoria sistematicamente confermata.

In altri termini, potremmo dire che la scienza contemporanea riconosce ampiamente che la realtà naturale è il risultato di una serie di fenomeni molto complessi e articolati, che nella loro interazione reciproca possono dar luogo a situazioni di stazionarietà o di equilibrio laddove i parametri del sistema e le condizioni esterne lo permettono. Inoltre la meccanica newtoniana-laplaciana si basava su concetti quali lo spazio e il tempo assoluti che solo la teoria della relatività ristretta mostrerà errati. Come ricorda Einstein, fino alla comparsa della relatività ristretta all'inizio di questo secolo, lo spazio e il tempo sono apparsi come immagini logico-geometriche che dovevano contenere tutti gli eventi fisici specifici senza peral-

⁸ G. Basti, *Cervello, informazione e pensiero nelle scienze cognitive*, in «Cultura & Libri», n. 50.

tro esservi coinvolti⁹. Sembra pertanto corretto quanto afferma J. Fourastié: «Il tempo e la temperatura non possono essere pensati come distinti dalla materia e in qualche modo imposti ad essa. Il tempo non è altra cosa che la coscienza che l'uomo si è fatto della modificazione dello spazio, e la temperatura l'attitudine della materia a modificarsi. La scienza comincia solamente ora ad accorgersi che, nell'universo sensibile, tutto è storia, tutto è personalità, tutto è individualità; il determinismo non è che l'eccezione, e può essere lo stesso che l'approssimazione. Sono pertanto più di cento anni che Kierkegaard ha scritto che la realtà essenziale è *quella che si rapporta a un essere esistente*»¹⁰.

Abbiamo prima ricordato le ricerche di Prigogine sulla termodinamica dei sistemi lontani dall'equilibrio; benché si tratti di ricerche che non sono ancora approdate a risultati definitivi e incontrovertibili, offrono alcuni spunti interessanti per la nostra riflessione. La termodinamica classica studiava esclusivamente sistemi all'equilibrio, cioè sistemi chiusi, ideali, che non scambiano energia con l'esterno e per i quali lo stato finale è quello di minima turbolenza ovvero quello che annulla ogni disomogeneità, annullando così ogni differenza, ogni contenuto di informazione. I sistemi non-conservativi sono invece quelli che scambiano continuamente energia con l'esterno. Sistemi dissipativi non-lineari, anziché presentare un comportamento oscillante attorno al punto di equilibrio termodinamico, possono presentare un comportamento molto più complesso. Piccole perturbazioni esterne possono infatti provocare effetti rilevanti, rendendo instabile il punto di equilibrio termodinamico; in questi casi, gli stati finali stabili verso cui tende il sistema possono essere diversi, in quanto il sistema è molto sensibile alle piccole fluttuazioni. Sistemi non-conservativi o dissipativi possono trovarsi in condizioni stabili lontano dal punto di equilibrio termodinamico, e talora si può assistere alla comparsa di reazioni chimiche che si comportano in maniera ritmica e coerente, come anche processi di auto-organizzazione che danno luogo a strutture disomogenee. In altri termini possiamo dire che si danno reazioni

⁹ A. Einstein, *The Problem of Space, Ether, and the Field in Physics*, in *Ideas and Opinions by Albert Einstein*, London 1973, pp. 248 e 280.

¹⁰ J. Fourastié, *Les conditions de l'esprit scientifique*, Paris 1966.

che portano il sistema da uno stato meno ordinato ad uno più ordinato. A tale riguardo Prigogine ritiene di poter affermare: «Possiamo parlare di una nuova coerenza, di un qualche meccanismo di comunicazione tra le molecole. È assai interessante che tale tipo di comunicazione sembri essere la regola del mondo della biologia. Forse è la base vera e propria della definizione del sistema biologico come un tutto. (...) Cominciamo a vedere come, partendo dalla chimica, possiamo costruire strutture complesse, forme complesse, alcune delle quali possono essere state precorritrici della vita. Ciò che sembra certo è che questi fenomeni che avvengono lontano dall'equilibrio illustrano una proprietà sorprendente ed essenziale della materia: si può dire che le strutture si adattano alle condizioni esterne, quasi un tipo di meccanismo di adattamento prebiologico»¹¹.

In condizioni di lontananza dall'equilibrio termodinamico, la materia sembra essere molto sensibile alle condizioni del mondo esterno, può reagire con grandi fluttuazioni a piccole cause, può dar luogo a biforazioni. In prossimità dei punti di biforcazione è impossibile prevedere con certezza quale ramo sceglierà ogni volta il sistema e verso quale stato finale si indirizzerà. Si comprende dunque il legame con la teoria dell'informazione; le scienze naturali e le scienze sociali sono molto ricche di fenomeni che presentano delle «soglie», oppure effetti di «grilletto», che scatenano processi spesso non compatibili con l'esiguità delle cause. Questi effetti di soglia, connessi a problematiche di instabilità e di biforazioni, spiegano come l'informazione, che può venir agevolmente considerata come una piccola quantità di energia, sia in grado di provocare grandi effetti, se utilizzata in modo opportuno¹². Sembra dunque corretto affermare che «la materia, da quando l'Universo le ha dato origine, si è andata trasformando, è divenuta il mattone di ogni crescente complessità, e in questo processo ha imparato a incorporare e trasmettere l'informazione. La vecchia dicotomia fra materia e spirito non si supera se non si riconosce alla materia uno statuto molto particolare: quello di essere veicolo di qualcosa di "immateriale", l'informazione. La materia decade e si rinnova, ma

¹¹ I. Prigogine - I. Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, Torino 1981, pp. 15s.

¹² E. Agazzi (a cura di), *op. cit.*

ciò che rimane è l'informazione che nei nudi aggregati di molecole ha il suo primo stampo, è memoria della forma. Mentre ogni struttura materiale fisica, che si tratti di galassie, di stelle, di uomini, si trasforma e si separa, permane e si accresce costantemente l'informazione che le basi materiali hanno trasportato. Ciò che chiamiamo materia è forse solo la matrice di una informazione in continua crescita: e ciò implica un gigantesco *aumento di significato* nella storia del nostro Universo»¹³.

3. MODERNI ORIENTAMENTI NEL CAMPO DELLA BIOLOGIA E DELLE SCIENZE UMANE

In campo biologico sembra potersi affermare oggi che un sistema o, meglio, una specie evolve in dipendenza di perturbazioni ambientali soltanto se possiede la capacità e la possibilità di utilizzare in maniera costruttiva tali trasformazioni. Il problema dell'origine di un sistema è correlato al problema della trasformazione intrasistemica tramite i processi di amplificazione delle fluttuazioni e gli effetti soglia¹⁴. Alla tradizionale lettura dei fenomeni evolutivi in termini di caso e necessità si sostituisce oggi una lettura in termini di vincoli e possibilità. L'idea di vincolo sottolinea come ogni cosa non può produrre una qualsiasi altra cosa, come in un dato momento ad un dato mondo possibile non sono accessibili tutti gli altri mondi possibili. Nel caso dell'evoluzione degli organismi viventi, ad esempio, questa idea indica la preesistenza di condizioni di ordine fisico che impongono determinate limitazioni alle forme e alle dimensioni dei vari organismi. E si riferisce contemporaneamente a tutta una serie di decisioni irreversibili che si sono sedimentate a poco a poco nel corso dell'evoluzione, determinando ad esempio la struttura dei grandi piani di organizzazione sottostanti alle varie specie animali¹⁵. Ma, come sottolineano Ilya Prigogine e Isabelle Stengers, «un vincolo (...) non limita semplice-

¹³ F. Pratico, *Dal caos... alla coscienza*, Bari 1989, p. 154.

¹⁴ G. Bocchi - M. Ceruti, *Modi di pensare postdarwiniani*, Bari 1984, p. 91.

¹⁵ Cf. ad esempio S.J. Gould, *On the evolutionary biology of constraints*, in «*Daedalus*», Spring 1981, pp. 39-52.

mente i possibili ma è anche opportunità; non si impone semplicemente dall'esterno a una realtà esistente prima di tutto, ma partecipa alla costruzione di una struttura integrata e determina all'occasione uno spettro di conseguenze intelligenibili e nuove»¹⁶.

L'equilibrio di cui godono gli organismi ben adattati nasce da una complessità direttamente proporzionale al gioco delle interazioni e delle fluttuazioni; le quali, però, oltre una certa soglia, producono una rottura dell'involucro strutturale entro cui agiscono e una radicale ristrutturazione di tipo discontinuo. «Su questo piano concettuale è verificabile una convergenza fra il lavoro biologico e le ricerche sociali sui sistemi complessi. Le ricerche di von Foerster, Piaget, Atlan, Morin, fra gli altri, hanno verificato¹⁷ sul piano macrosistemico, sociale, storico, l'esistenza di un principio d'ordine e di organizzazione dal disordine e dalle fluttuazioni: "in modo più generale si può concepire l'evoluzione dei sistemi organizzati, o il fenomeno della auto-organizzazione, come un processo di aumento della complessità sia strutturale che funzionale, risultante da una successione di disorganizzazioni controllate seguite ogni volta da ristabilimento a un livello di varietà più grande e di ridondanza più scarsa"»¹⁸,»¹⁹.

4. LA MECCANICA QUANTISTICA E LA TEORIA DEI CAMPI

Quanto abbiamo detto finora sui sistemi dinamici, sulle strutture dissipative, sulla auto-organizzazione di sistemi biologici e sociali, sul carattere di unicità e storicità di molti fenomeni fisici e biologici, mette in rilievo come la dinamica classica, edificata nell'orizzonte di una natura intesa come meccanismo perfetto, come scansione di una realtà preordinata ed incongrua alla spontanea

¹⁶ I. Prigogine - I. Stengers, *op. cit.*, p. 44.

¹⁷ Cf. H. von Foerster - G.W. Zopf, *Principles of selforganisation*, New York 1962; H. Atlan, *Sul rumore come principio di auto-organizzazione*, in E. Morin (a cura di), *Teorie dell'evento*, Milano 1974; E. Morin, *Il metodo*, Milano 1983; J. Piaget, *L'equilibrazione delle strutture cognitive*, Torino 1981.

¹⁸ H. Atlan, *op. cit.*, p. 47.

¹⁹ G. Perri, *Verso un nuovo paradigma epistemologico*, in *Nuova Secondaria*, 1989.

insorgenza del diverso, costituisca una semplice astrazione formale, talvolta utile per semplificare i calcoli, ma completamente inadeguata alla rappresentazione di molti fra i più importanti fenomeni naturali, in particolare di quelli in cui sono predominanti gli aspetti della storicità e della complessità. La modellistica dei sistemi dinamici complessi, degli attrattori, delle strutture dissipative, delle biforcazioni, dei frattali, costituisce un reale punto di incontro fra scienze fisiche e scienze biologiche, fra scienze naturali e scienze sociali. L'unità della scienza non passa attraverso il presupposto di stampo neopositivista di ridurre le leggi della biologia, della sociologia, della psicologia a quelle della fisica, intese come leggi dotate di carattere universale e necessitante secondo schemi di analiticità e di causalità lineare. Mentre il positivismo ed il neopositivismo tendevano ad assumere a modello le leggi della fisica e ad imporre tale schema alle altre scienze, si assiste oggi ad un rovesciamento dell'epistemologia tradizionale; le scienze biologiche e le scienze umane ed anche le scienze sociali, dopo aver rivendicato un loro autonomo statuto epistemologico, diverso da quello delle tradizionali scienze chimico-fisiche, sono in grado di ribaltare gli assunti dell'epistemologia tradizionale, in quanto la fisica — se non vorrà isolarsi dal contesto scientifico — dovrà riconoscere il carattere estremamente idealizzato dei propri assunti e delle proprie leggi, e dovrà accettare come scientifici concetti quali quelli di qualità, di finalità, o quelli di totalità ordinata, di funzionalità, di struttura gerarchizzata, di sviluppo, che sono tipici della teoria generale dei sistemi e appaiono oggi fondamentali per comprendere il comportamento dei sistemi complessi come avviene nelle scienze biologiche, nelle scienze umane, nelle scienze sociali.

Per quanto riguarda il problema della stabilità, appare evidente che essa non potrà più essere prevista in modo globale, ma solo con riferimento ad ogni singola situazione, in rapporto ai vincoli particolari e alla «storia» precedente del sistema. A questo punto ci sembra che si debba aprire un discorso ulteriore sui rapporti fra scienza ed etica, in quanto la scienza contemporanea, mostrando il carattere di unicità, di storicità, di irripetibilità di ogni sistema naturale o sociale, mostra che ogni intervento dell'uomo, sia nei riguardi della realtà naturale sia di quella storico-sociale, non è un

puro fatto tecnico le cui conseguenze possono essere rigorosamente circoscritte secondo banali schemi di causalità lineare, di analiticità, ovvero di totale predicitività e di reversibilità completa. Il carattere reversibile dei semplici sistemi studiati dalla dinamica classica è una pura astrazione; ogni intervento umano genera situazioni che non erano rigidamente previste e soprattutto che non permettono il ripristino delle condizioni iniziali con un semplice intervento di segno opposto. La realtà naturale e sociale costituisce uno spazio di possibilità per l'intervento umano, ma ogni possibilità costituisce anche un limite o un vincolo per l'azione dell'uomo. Questo ripropone il problema dell'oggettività delle esigenze etiche, problema che era stato troppo spesso sbrigativamente accantonato in base ad una concezione positivista della scienza ed alla conseguente illusione di un progresso e di una libertà illimitati.

In altri termini, ricordando il ruolo dell'informazione capace di scatenare processi assai ampi, processi che una volta innescati possono avere un andamento divergente e non reversibile, è opportuno che gli interventi dell'uomo sulla realtà che lo circonda siano sempre ben calibrati e ispirati a precise scale di valori. Al primo posto di tale scala di valori va posta la vita e la possibilità che essa possa svilupparsi in modo armonico e ordinato. Il benessere, la ricchezza, la continua disponibilità di beni materiali, la comodità, il consumismo, lo sfruttamento incontrollato delle risorse, sono dunque falsi valori perché hanno mostrato di non tenere in adeguato conto la difesa della natura, l'equilibrio ecologico, la conservazione dell'ambiente, che sono indispensabili per mantenere la vita sul pianeta e garantire quindi la sopravvivenza dello stesso genere umano.

Dalla meccanica quantistica e dalla teoria dei campi vengono risultati che indicano come la materia sia il regno della virtualità, il luogo dove la potenzialità creatrice riesce a esplicarsi generando sistemi di complessità crescente, fino a giungere, secondo la legge di complessità-coscienza intravista da Teilhard de Chardin, allo sviluppo di esseri intelligenti e coscienti. A tale riguardo dobbiamo ricordare l'opinione espressa da W. Heisenberg a proposito della struttura intima della materia. Secondo Heisenberg non ha alcun senso parlare di «particella elementare» e nemmeno di «particella»;

esse sono correttamente definibili come «stati stazionari del sistema fisico "materia"»; ad esse non può essere affidato il ruolo di costituire il fondamento della struttura della materia: tale ruolo deve essere piuttosto attribuito alle leggi di simmetria fondamentali che regolano il numero e il tipo di particelle sperimentalmente osservabili²⁰. La materia è il regno della virtualità, ma non di una virtualità arbitraria, fantasmagorica, impossibile, ma vincolata a certe leggi che stabiliscono in questo caso quali tipi di particelle potranno essere create, quali hanno caratteri di realtà perché destinate a formare stati stazionari.

Parimenti interessanti sono i risultati della moderna cosmologia. Vogliamo qui ricordare il dibattito a proposito del cosiddetto «principio antropico» e al fatto che, con l'approssimazione resa necessaria dalle tecniche di osservazione e di valutazione, la misura dell'energia totale dell'universo è zero, con grande perplessità dei cosmologi²¹. Si pone dunque il seguente interrogativo: l'esplosione primordiale del *Big Bang* nasce da un'energia preesistente, o tutto l'universo si trova in uno stato di energia zero, in cui l'energia necessaria per la produzione della materia proviene dall'energia negativa dell'attrazione gravitazionale? Si tratta di un interrogativo avvincente, cui le attuali ricerche cosmologiche cercano di dare una risposta. Probabilmente, per dirla con Heisenberg, neppure l'Universo è una «cosa». Le formule della fisica quantistica spalancano su di esso porte che si aprono direttamente sul vuoto, che però non deve essere inteso come un contenitore privo di contenuto; per la meccanica quantistica esso è semplicemente un sistema che si trova ad un livello minimo di energia. Il vuoto quantistico è il regno della virtualità, un luogo fatato dove tutto è possibile, dove energia, materia, forze, campi possono apparire, concretizzarsi, dilatarsi, interagire, sparire²². Questo «vuoto fisico» in determinate circostanze si polarizza, rompendo in tal modo la sua simmetria: a dieci alla ventisette gradi Kelvin il vuoto attraversa una transizione di fase che conferisce valori enormi alla sua densità energetica: e assume il ruolo della costante repulsiva di Einstein, dilatandosi a

²⁰ W. Heisenberg, *La tradizione nella scienza*, Milano 1982, p. 119.

²¹ P. Davies, *Dio e la nuova fisica*, Milano 1984, p. 53.

²² F. Prattico, *op. cit.*, p. 36.

velocità enormemente superiori a quelle della luce. Nel corso di questa fulminea espansione può rilasciare il calore latente, che si condensa in particelle e antiparticelle: tutta la materia sarebbe il prodotto della transizione di fase a cui va soggetto l'Universo in quei primissimi miliardesimi di secondo²³.

Questa ipotesi, elaborata dal fisico Alan H. Guth, prevede che l'universo sia nato semplicemente dal nulla in accordo con le leggi della fisica quantistica, ed evitando il ricorso all'idea di una singolarità iniziale inconoscibile che dia vita all'universo. Si tratta di un'idea molto originale e suggestiva; a tale riguardo Alan Guth afferma: «Si dice spesso che la natura non offre pasti gratuiti. E invece, tutto l'universo è un pasto gratuito»²⁴. In questa ipotesi, l'universo può essere nato da una fluttuazione del vuoto, che ha materializzato particelle e antiparticelle in un parto effimero, destinato a essere restituito al Niente, una specie di «prestito quantistico» in cui il non-essere non è la negazione dell'essere, ma la condizione di possibilità affinché un qualche essere cominci a manifestarsi. Quanto abbiamo detto non deve essere inteso come negazione del principio di non-contraddizione, che resta il fondamento della logica formale e della metafisica, ma piuttosto come il modo con cui la natura crea un «mondo possibile», un mondo la cui realtà sembra dipendere dall'esistenza di un osservatore, inteso come entità extrafisica, come mente²⁵. Ancora una volta la materia sembra perdere il carattere di fondamento della realtà, e sembra divenire il sostrato che rende possibile la vita, intesa non in senso puramente biologico, ma come crescita dell'informazione, strumento di comunicazione e di relazioni interpersonali come avviene nel caso dell'uomo.

²³ *Ibid.*, p. 37.

²⁴ Cit. in P. Davies, *op. cit.*, p. 297.

²⁵ G. Tarozzi, *Empirism and quantum theory*, in «Epistemologia», III (1980), pp. 13-28.

5. RAPPORTI INTERPERSONALI ED ETICA

A proposito del problema della non-separabilità della meccanica quantistica, il fisico Freeman Dyson afferma: «Poiché sono uno scienziato abituato ai modi di pensiero del ventesimo secolo, e non a quelli del diciottesimo, non affermo che l'architettura dell'universo dimostra l'esistenza di Dio. Affermo soltanto che l'architettura dell'universo è coerente con l'ipotesi che la mente abbia un ruolo essenziale nel suo funzionamento»²⁶. Qualcosa di analogo lo aveva intuito Teilhard de Chardin, quando si domandava che cosa può volere dire la Terra senza l'uomo, l'universo vuoto di ogni pensiero? In altri termini, la verità non è altro che la totale coerenza dell'universo. La comparsa dell'uomo sulla Terra non è un epifenomeno, ma il coronamento di un lungo processo creativo. Tale processo avviene in quanto ogni forma è attualizzazione di una potenzialità della materia, che la dispone contemporaneamente a una forma superiore. Ricordiamo a questo proposito che le moderne ricerche nel campo dell'epistemologia genetica sembrano comprovare l'esistenza di una stretta relazione fra le categorie dell'esperienza e la realtà fisica, fra le strutture nel campo della logica e della matematica e quelle nel campo fisico e biologico. I moderni sviluppi della matematica sembrano evidenziare che l'insieme dei possibili di un livello non è univocamente predeterminato nell'insieme dei possibili del livello precedente, per cui si è portati a credere che in matematica, come in altri campi, l'universo dei possibili non è esaurito una volta per tutte, secondo un programma che potremmo leggere in anticipo²⁷. Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, anche per i sistemi fisici e biologici si presenta una tendenza alla complessità, in quanto si danno possibilità di salto o di passaggio da livelli di organizzazione fisica o biologica più semplici a livelli più complessi non compresi necessariamente nei precedenti. Tutto questo non ci autorizza ancora a ritenerne risolto il problema della vita nel suo complesso, ma ci autorizza a vedere la comparsa dell'uomo, anziché come una sorta di miracolo in quanto creazione *ex nihilo* di un organismo vivente perfezionata

²⁶ F. Dyson, *Turbare l'universo*, Torino 1981, pp. 290s.

²⁷ J. Piaget, *L'epistemologia genetica*, Bari 1971, pp. 11s.

to, come termine supremo dell'enorme sforzo evolutivo della natura, cioè come fenomeno meglio inserito in tutta l'economia della creazione.

A proposito delle ragioni che muoverebbero l'evoluzione vi sono notevoli punti oscuri, in quanto sembra troppo semplicistico affermare genericamente che il motore dell'evoluzione è rappresentato dall'adattamento all'ambiente. «Se il criterio del successo evolutivo è solo nell'adattamento all'ambiente, il più adatto, in un certo senso il meno fragile ed esposto ai rischi ambientali, è proprio l'organismo unicellulare procariote, come testimonia la sopravvivenza praticamente inalterata per miliardi di anni di questi organismi e la loro stupefacente capacità di adattamento a nicchie diversissime, spesso micidiali per organismi più complessi. (...) Difficilmente, infatti, la nuda *fitness* riesce a spiegare il perché della nascita degli organismi eucarioti, l'apparizione della sessualità, la straordinaria complessità che da quel momento accompagna la vita e che costituisce la premessa del successivo salto evolutivo: la comparsa degli organismi pluricellulari»²⁸. «Con la sessualità l'organismo vivente cessa di essere una splendida monade che si autoriproduce e chiede solo materia prima ed energia primaria all'ambiente. La sessualità introduce la complementarità degli esseri viventi: ognuno di noi, per il fine ultimo della vita che è la sua prosecuzione, è un segmento specializzato, un essere incompleto che ha bisogno dell'altro da sé per completarsi, realizzare il perfetto ermafrodito dell'apologo dell'Aristofane nel *Simposio* di Platone. Con la complementarità nasce la consapevolezza e il bisogno dell'altro; il germe di ciò che in noi esseri umani è l'amore»²⁹.

Il concetto di *fitness* non può spiegare esaurientemente il complesso fenomeno dell'evoluzione, e non riesce a trovare adeguate risposte a diversi interrogativi; in particolare non riesce a dare ragione dell'aumento di complessità connesso al fenomeno evolutivo. Analogamente il concetto di competizione non è sufficiente a spiegare l'evoluzione culturale dell'uomo. L'importanza della competizione e della lotta nella selezione di individui e di gruppi è fortemente accentuata nella teoria darwiniana, e l'estensione della teo-

²⁸ F. Pratico, *op. cit.*, p. 161.

²⁹ *Ibid.*, p. 92.

ria di Darwin al campo sociale ha portato molti studiosi ad affermare che il conflitto sarebbe alla base stessa dell'evoluzione sociale e culturale³⁰. Altri studiosi hanno però sostenuto l'importanza della cooperazione ai fini dello sviluppo culturale umano. Secondo Dobzhansky, «il nostro concetto di selezione naturale ci porta a considerarla come originata dalla cooperazione oltre che dalla competizione. Inoltre, l'importanza della cooperazione connessa con la competizione, è andata via via aumentando con il progredire dell'evoluzione biologica»³¹. La cultura, secondo Campbell, è la mente di gruppo dell'*Homo sapiens* e dipende dalla cooperazione. Analogamente Leakey e Lewin osservano che la cooperazione rappresenta probabilmente l'elemento più importante dell'emergere dell'umanità e fu essenziale per il suo successo. Il problema della cooperazione è direttamente collegato con la definizione di determinate finalità, di determinati valori da realizzare nell'ambito della società umana. L'etica ed i valori sono dunque un aspetto fondamentale dello sviluppo culturale umano; senza di essi non sarebbe forse stato possibile passare dalla dimensione dello psichismo animale a quella libera e cosciente dell'uomo. Lo sviluppo della coscienza rappresenta l'ultimo stadio dell'evoluzione, la forma più alta di complessità, in cui la natura prende coscienza di se stessa nell'uomo; ma tale sviluppo della libertà e della coscienza dell'uomo postula l'apertura ad una dimensione che non è più quella della pura materialità e della soddisfazione dei bisogni.

La crisi ambientale, conseguente ad uno sfuttamento irrazionale ed incontrollato delle risorse naturali per fini egoistici di benessere, di comodità, di profitto, mette oggi in evidenza che l'uomo non raggiunge mai la pienezza del suo Io cosciente in un rapporto egoistico e chiuso nel cerchio della soggettività, ma solo nel superamento di tale rapporto egoistico, nell'apertura alla solidarietà: che è insieme solidarietà con la natura e con i suoi simili, con-

³⁰ AA.VV., *Teilhard de Chardin. Materia, evoluzione, speranza*, Roma 1983, p. 71; nel volume sono riportate utili indicazioni bibliografiche al riguardo.

³¹ *Ibid.*, p. 73; fra gli autori che sostengono l'importanza della cooperazione per lo sviluppo culturale umano ricordiamo in particolare Th. Dobzhansky, *Le domande supreme della biologia*, Bari 1969; R. Leakey - R. Lewin, *Origini. Nascita e possibile futuro dell'uomo*, Bari 1979; B.G. Campbell, *Storia evolutiva dell'uomo*, Milano 1973.

saevolezza di essere inserito in una storia il cui significato trascende la realtà contingente e implica il ricorso ad un senso spirituale dell'esistenza. Possiamo dunque concludere affermando, con Teilhard del Chardin, che solo un forte impegno di umanizzazione della cultura, della scienza e della tecnica, cioè un maggiore processo di umanizzazione e socializzazione, può costituire il salto evolutivo necessario all'attuale umanità per far fronte alle sollecitazioni derivanti dall'attuale ambiente tecnologizzato.

CARLO BORASI