

# **LA TERRA E L'UOMO: L'AMBIENTE E LE SCELTE DELLA RAGIONE**

Atti del Convegno di studi  
Catania 9 - 10 Maggio 1991

GALATEA EDITRICE  
1992

EPISTEMOLOGIA ED ECOLOGIA:  
VERSO UN NUOVO PARADIGMA CONOSCITIVO?

FRANCESCO CONIGLIONE\*

«Dove comincia il caos si arresta la scienza classica [...]. L'aspetto irregolare della natura, il suo lato discontinuo e incostante, per la scienza sono stati dei veri rompicapo o peggio mostruosità»<sup>1</sup>.

Negli anni '70 la scienza sembra aver tematizzato quanto precedentemente era stato sempre escluso. Ciò è stato il frutto del lavoro portato avanti in diversi campi da matematici, fisici, biologi e chimici. Si moltiplicano riviste e congressi sul caos e la complessità, altro nome con cui si indica tale nuovo campo di ricerca, è diventata una sfida che mette in discussione il modo in cui si è finora intesa la scienza. Il caos travalica i confini tra le scienze e il suo studio fa avanzare tesi sul comportamento universale della complessità.

---

\* Dell'Università degli Studi di Catania.

<sup>1</sup> J. GLEICK, *Caos. La nascita di una nuova scienza*, Rizzoli, Milano 1989, 9.

I fisici del caos e gli studiosi della complessità sono convinti che col loro lavoro si stia ponendo termine a un modo tradizionale di vedere la scienza: è la fine del riduzionismo, dell'analisi dei sistemi nei termini delle loro parti componenti; è l'affermazione di una nuova scienza della totalità e del carattere olistico della natura: una scienza dei sistemi che riprenderebbe l'eredità dalla superata dialettica; non si parla più di conoscenza dialettica della natura, ma piuttosto di una sua concezione sistemica<sup>2</sup>.

Si è sostenuto addirittura che il caos costituisce la «terza rivoluzione» nella fisica moderna, dopo quella della relatività e della meccanica quantistica: come queste ultime, il caos abolirebbe i dogmi della scienza newtoniana<sup>3</sup>.

Inoltre, la scienza della complessità, col correlativo superamento della scienza newtoniana, porrebbe le basi per lo studio dell'ecosistema terrestre, che appunto è il sistema complesso per eccellenza, frutto di infinite interazioni e correlazioni che non possono essere ridotte ad una pura somma delle parti e che richiede un nuovo approccio sistemico. Solo questo approccio, infatti, «si fonda sulla consapevolezza dell'essenziale interrelazione e

<sup>2</sup> Il più convinto sostenitore della «visione sistematica» è il fisico americano F. Capra (diventato una sorta di nuovo idolo del movimento ecologista, specie negli Stati Uniti) che nei suoi libri si muove tra misticismo, scienza, cultura alternativa ed ecologismo. Cfr. F. CAPRA, *Il Tao della fisica*, Adelphi, Milano 1982; ID., *Il punto di svolta*, Feltrinelli, Milano 1990<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> G. CASATI, *Introduzione a ID.*, (a cura di), *Il caos. Le leggi del disordine*, Le Scienze ed., Milano 1990, 7-8. Questo è quanto sostiene anche J. Ford, il fisico che insieme a G. Casati ha organizzato nel 1977 a Como il primo convegno internazionale sul caos (cfr. J. GLEICK, *op. cit.*, 12, 185).

interdipendenza di tutti i fenomeni»<sup>4</sup>. Così all'esigenza di un "pensiero complesso"<sup>5</sup> si associa l'esigenza di un "pensiero ecologico", qualitativamente diverso dal modo in cui è stata finora concepita la scienza e che trae le proprie categorie cognitive da nuove discipline sviluppatesi negli ultimi decenni: la scienza cognitiva (con Piaget), la nuova biologia (con Bateson, Maturana e Varela), la scienza dei sistemi (con van Bertalanffy e Laszlo), la nuova termodinamica dei processi irreversibili (con Prigogine e Stengers).

Ma vediamo di chiarire qualche punto.

### 1. *L'immagine scientifica del caos*

Per presentare in maniera non specialistica il significato della scoperta del caos ci avvarremo di alcuni esempi ormai ben noti e studiati nella letteratura scientifica sull'argomento<sup>6</sup>, facendo con ciò riferimento a quello che gli

<sup>4</sup> A. RUSSO *Uomo e natura: mutamenti dei paradigmi scientifici*, in A. RUSSO - G. SILVESTRINI, *La cultura dei verdi*, Angeli, Milano 1987, 50.

<sup>5</sup> Cfr. E. MORIN, *Epistémologie de la complexité*, in C. ATIAS - J.L. LE MOIGNE (a cura di), *Edgar Morin. Science et conscience de la complexité*, The United Nation University, Montpellier 1984. Di Morin vedi anche le opere tradotte in italiano: *Il paradigma perduto*, Bompiani, Milano 1973; *Il metodo. Ordine, disordine, organizzazione*, Feltrinelli, Milano 1983; *Scienza con coscienza*, Angeli, Milano 1984, nonché, in particolare, il saggio *Le vie della complessità*, in G. BOCCHI - M. CERUTI, *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano 1991<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> È ormai assai vasta la letteratura specialistica e divulgativa sull'argomento, sicché non possiamo qui menzionare tutti i testi importanti. Ci limitiamo pertanto ad indicare le opere di carattere generale, in traduzione italiana, dove è possibile trovare ulteriore bibliografia sul tema. Innanzi tutto, a carattere più divulgativo, si veda il già citato volume di J. Gleick, che offre una interessante ed anche ben scritta ricostruzione della storia della "scienza del caos", e inoltre P.

"addetti ai lavori" (fisici, chimici, matematici, biologi ecc.) hanno esplicitamente sostenuto e alle conclusioni che da questi loro studi hanno tratto.

Cominciamo col fare un esempio molto semplice, ormai ben noto nella letteratura sull'argomento<sup>7</sup>, e che è anche uno dei classici argomenti studiati nella meccanica tradizionale (o "classica"): il moto del pendolo. Cosa di più classico del pendolo? Cosa potrebbe essere più lontano dal caos e dalla complessità? Ogni studente del primo anno di fisica trova sui manuali universitari l'illustrazione del moto del pendolo come una illustrazione paradigmatica dei principi fondamentali che reggono la meccanica. Eppure,

---

DAVIES, *Il cosmo intelligente*, Mondadori, Milano 1989. A livello di divulgazione di alta qualità si vedano i saggi raccolti nel volume a cura di G. Casati (docente di fisica teorica all'Università di Milano) già citato. Altro volume ben fatto e ancora accessibile è quello di S. CARRA, *La formazione delle strutture*, Bollati Boringhieri, Torino 1989. Infine testi di natura più istituzionale e specialistica sono quelli di R. SERRA - G. ZANARINI (a cura di), *Tra ordine e caos. Autorganizzazione e imprevedibilità nei sistemi complessi*, CLUEB, Bologna 1986 e M. ANDRETTA - M. COMPANI - R. SERRA - G. ZANARINI, *Introduzione alla fisica dei sistemi complessi. L'approccio mesoscopico allo studio di fluttuazioni, non-linearità e auto-organizzazione*, CLUEB, Bologna 1984 che forse costituisce l'unica introduzione istituzionale e scientifica italiana di livello universitario a tutto il problema della complessità e del caos. Testi più impegnati filosoficamente, anche se con una solida impostazione scientifica, sono quelli del premio Nobel I. Prigogine e dei collaboratori, le cui conclusioni sono spesso contestate dalla comunità degli scienziati. Si veda comunque il suo testo più recente, dedicato appunto al problema della complessità: G. NICOLIS - I. PRIGOGINE, *La complessità. Esplorazione dei nuovi campi della scienza*, Einaudi, Torino 1991. Ulteriori indicazioni saranno fornite successivamente.

<sup>7</sup> Cfr. J. GLEICK, *op. cit.*, 42-47; P. DAVIES, *op. cit.*, 62-71; J.P. CRUTCHFIELD - J. DOYNE FARMER - N. H. PACKARD - R. S. SHAW, *Il caos*, in G. CASATI, *op. cit.*, 25-26.

anche in questo fenomeno apparentemente così innocuo si annida il caos e il suo movimento si dimostra molto più complesso di quanto si sia sempre creduto.

Infatti, quando Galilei formula la tesi dell'isocronismo del pendolo vede una regolarità che non esiste. Più esattamente, esiste solo quando si trascurino l'attrito e la resistenza dell'aria e inoltre si assuma che l'ampiezza delle oscillazioni è piccola: solo facendo queste assunzioni il comportamento del pendolo è regolare e l'equazione che ne definisce il moto è lineare.

Se facciamo cadere una delle assunzioni fatte e teniamo conto dell'attrito vedremo che il pendolo progressivamente perderà velocità fino a fermarsi. Si potrebbe dire che esso converge verso uno stato (la quiete) che è come se lo attraesse: tale stato è chiamato «attrattore» (nel diagramma di fase è rappresentato da un punto).

Supponiamo ora di applicare una forza esterna costante: c'è da una parte la tendenza del pendolo a oscillare secondo le leggi lineari che lo governano modificate dall'attrito, dall'altro la forza che lo costringe a un andamento diverso. Ciò dà luogo a un comportamento iniziale abbastanza complesso, ma poi, a causa della presenza della dissipazione per attrito, la forza esterna si impone sul pendolo che finirà per oscillare in modo uniforme facendosi guidare dalla forza che lo costringe (avrà raggiunto il suo «ciclo limite», che nel diagramma delle fasi è una curva).

Se tale forza esterna non è costante e non è lineare allora il comportamento del pendolo si complica ulteriormente: esso avrà come dei balzi, andando momentaneamente all'indietro, per poi infine avvicinarsi a un ciclo limite nel quale si stabilizza (curva a doppio cappio). Se riduciamo progressivamente l'attrito vedremo che si ha un raddoppiamento del periodo, cioè il pendolo si stabilizza su

due cicli limite (il pendolo ripete esattamente il suo moto dopo due oscillazioni, invece di una). Continuando progressivamente a ridurre l'attrito si hanno ulteriori raddoppiamenti; quattro, otto, etc. Alla fine si raggiunge un valore dell'attrito per cui si ha un'infinità di cicli limite: il moto del pendolo non è più periodico, ma esegue una infinità di oscillazioni differenti prima di ripercorrere la medesima traiettoria. Esso si muove ora in maniera estremamente disordinata e casuale: è il caos.

Portiamo un altro esempio di natura ecologica, significativo anche perché nello studio scientifico del caos gli ecologi hanno svolto un importante ruolo. Essi, infatti, pur facendo uso dei modelli matematici, hanno però avuto la costante consapevolezza del loro carattere approssimato e quindi della loro lontananza dal ribollente mondo reale. Ciò ha fatto sì che tra loro si formasse la consapevolezza dell'importanza di alcuni concetti e fenomeni dai matematici e fisici tradizionali ritenuti solo come stranezze interessanti, di per sé non meritevoli, però, di uno specifico studio scientifico. Inoltre,

«la complessità dei fenomeni reali studiati nelle scienze della vita andava ben oltre tutto ciò che può trovarsi nel laboratorio di un fisico. I modelli matematici che i biologi tendevano ad essere caricature della realtà, così come i modelli di economisti, demografi, psicologi ed urbanisti quando queste *soft sciences* tentavano di apportare rigore al loro studio di sistemi che mutavano nel corso del tempo»<sup>8</sup>.

L'esempio che descriviamo è anche ben noto in letteratura e ha come oggetto la crescita della popolazione di

<sup>8</sup> J. GLIECK, *op. cit.*, 62.

una data specie in un determinato ambiente<sup>9</sup>. Se ancora una volta ci muoviamo in condizioni ideali (assenza di scarsità di cibo ed altri fattori di competizione) tale crescita sarà esponenziale secondo una semplice formula lineare:  $x_{t+1}=kx_t$  (la popolazione  $x$  nel tempo  $t+1$  è uguale alla popolazione nel tempo  $t$  per una costante  $k$  che rappresenta il tasso di incremento). Consideriamo ora la popolazione in un ambiente limitato con risorse limitate. Ovviamente tale crescita esponenziale non avrà luogo. A un certo punto le risorse saranno insufficienti e la popolazione decrescerà. L'equazione prima riportata non sarà più adeguata. Ne fu perciò trovata un'altra, più realistica della precedente, in grado di descrivere la nuova situazione: è la cosiddetta «equazione logistica»:

$$x_{t+1}=kx(1-x_t)$$

dove il  $k$  è un parametro che rappresenta il tasso di incremento di una data popolazione e  $1-x$  mantiene la crescita entro certi limiti (al crescere di  $x$ ,  $1-x$  diminuisce). In tal modo si hanno i seguenti casi:

- se  $k < 1$  allora la popolazione diminuisce costantemente e converge a zero (a es., le risorse a disposizione di una certa popolazione sono troppo limitate);
- se  $1 < k < 3$  la popolazione varia con regolarità ed infine si stabilizza su un valore di equilibrio (a es., se le

<sup>9</sup> Cfr. J. GLEICK, *ibid.*, 62-68; P. DAVIES, *op. cit.*, 52-60. Un'analisi rigorosa delle equazioni relative alla dinamica delle popolazioni (anche con due o tre popolazioni interagenti) è contenuta in L. GARDINI - G. ZANARINI, *La matematica della complessità*, in R. SERRA - G. ZANARINI, *op. cit.*, 21-65.

risorse a disposizione aumentano in modo da garantire l'esistenza della specie);

- se  $k > 3$  la popolazione cresce ed infine oscilla avanti e indietro tra due valori fissi (si ha il cosiddetto raddoppiamento di periodo che abbiamo già visto nel caso del pendolo): un anno un valore, un altro anno un altro valore, ecc. (è questo il caso in cui la eccessiva crescita della popolazione fa insorgere una carestia, che porta alla diminuzione e poi alla crescita e così via);

- se  $k = 3,4495$  le oscillazioni hanno luogo tra quattro punti fissi e continuando ad aumentare il valore di  $k$  il periodo continua a raddoppiare fin quando è  $k = 3,6$ , valore col quale la popolazione varia in modo complesso ed altamente irregolare.

Se  $k$  aumenta ancora progressivamente la popolazione assume un comportamento strano: a periodi di caos succedono finestre con periodi regolari (a esempio periodi dispari 3) dopo di che ricomincia il raddoppiamento di periodo e così via come prima, con una profondità infinita. Ma se  $k = 4$  la variazione della popolazione sembra completamente caotica ed è effettivamente casuale.

Infine un ultimo esempio molto semplice<sup>10</sup>. Consideriamo una particella puntiforme che salta bruscamente da un punto all'altro su una retta numerata a intervalli regolari (0, 1, 2, ..., n); tali salti possono avvenire secondo un raddoppiamento lineare,  $x = 2x$ ; oppure secondo un procedere non lineare. Come esempio di quest'ultimo, consideriamo la procedura che consiste nel raddoppiare un numero (compreso tra 0 e 1) e poi di estrarne la parte decimale, per poi nuovamente raddoppiare quest'ultima. Si ha così  $0,6 \times 2 = 1,2$ ; quindi (prendendo in considerazione

<sup>10</sup> Cfr. P. DAVIES, *op. cit.*, 40-47.

solo la parte decimale di 1,2)  $0,2 \times 2 = 0,4$ ;  $0,4 \times 2 = 0,8$ ;  $0,8 \times 2 = 1,6$ ;  $0,6 \times 2 = 1,2$ . Come si vede siamo ritornati dopo un certo numero di passi al valore iniziale di 0,2. Se invece di un valore decimale ne prendiamo in considerazione due, come nel caso di 0,63, vedremo che il ciclo si stabilizzerà dopo un numero più elevato di passi e un saltellare più irregolare della particella<sup>11</sup>. Ponendo tre cifre decimali il ciclo avrà inizio più tardi e inoltre si allungherà ulteriormente, sicché la particella saltellera casualmente sempre più a lungo<sup>12</sup>. Inoltre, pur partendo da valori molto vicini (0,63 e 0,631) vediamo che ben presto essi differiscono sempre più fintantoché saranno assai differenti e si perderà ogni informazione sulla loro vicinanza iniziale. Ciò significa che il moto della particella non è prevedibile a meno che non sia conoscibile *esattamente* la sua posizione iniziale. Se la retta è quella reale tra 0 e 1, ciò significa che il punto iniziale deve essere specificato con una infinità di numeri decimali.

<sup>11</sup> Avremo infatti, adoperando sempre il medesimo algoritmo: 0,63; 0,26; 0,52; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32; 0,64; 0,28; 0,56; 0,12; 0,24; 0,48; 0,96; 0,92; 0,84; 0,88; 0,76; 0,52; 0,04. Come vediamo il valore 0,04 è il quarto valore della serie e da questo momento il ciclo si ripeterà ogni 16 passi.

<sup>12</sup> Consideriamo il valore 0,631 che corrisponde ad un punto sulla retta molto vicino a quello precedente di 0,63. Avremo la seguente successione di valori (o "salti"): 0,631; 0,262; 0,524; 0,048; 0,096; 0,196; 0,384; 0,768; 0,536; 0,72; 0,144; 0,288; 0,576; 0,152; 0,304; 0,608; 0,216; 0,432; 0,864; 0,728; 0,456; 0,912; 0,824; 0,648; 0,296; 0,592 e così via per altri cento passi finché otterremo nuovamente il valore di 0,592, che avevamo trovato dopo 26 passi a partire dal valore iniziale.

Le conclusioni che si traggono da questo esempio sono le seguenti:

«L'effetto di ripetuti raddoppiamenti è quello di estendere, ad ogni passaggio, l'ampiezza della indeterminazione (la cui crescita è esponenziale), così che per quanto piccola sia l'indeterminazione iniziale, l'incertezza sarà alla fine maggiore dell'ampiezza dell'intero intervallo, con la conseguente perdita totale di qualsiasi potere di previsione. La storia del punto, quindi, benché completamente deterministica, è talmente sensibile alla condizione iniziale che qualsiasi indeterminazione relativa a questa informazione, per quanto piccola, è sufficiente a distruggere la capacità di previsione dopo un numero finito di salti. In questo senso, quindi, il comportamento della particella mostra un'infinita complessità. Per descrivere la storia della particella in maniera esatta, sarebbe necessario specificare una successione infinita di cifre, contenente una quantità di informazione infinita. E questo, naturalmente, non è possibile in pratica»<sup>13</sup>.

Questo esempio ci illumina su quello che in meteorologia si chiama "effetto farfalla" e che più esattamente si indica come "dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali". Il meteorologo Lorenz, studiando nel 1963 mediante simulazioni al calcolatore un modello di evoluzione dell'atmosfera, ha scoperto un sistema di equazioni che danno una descrizione semplificata del moto atmosferico, ma si avvide anche che tali equazioni sono non-lineari: a meno di non conoscere lo stato iniziale del sistema con infinita precisione, la nostra capacità di previsione presto svanisce, analogamente a come abbiamo visto nell'esempio numerico prima riportato. Questa estrema sensibilità sul dato di partenza significa che le strutture circolatorie

<sup>13</sup> P. DAVIES, *op. cit.*, 47.

dell'atmosfera potrebbero essere determinate dalla più piccola perturbazione: anche dal battito d'ali di una farfalla<sup>14</sup>. Da queste indagini di Lorenz, che di solito sono ritenute l'atto ufficiale di nascita della "scienza del caos" e anche da altre simili effettuate in seguito (come gli studi sulle turbolenze nei liquidi fatti da D. Ruelle<sup>15</sup>), i fisici hanno imparato delle lezioni molto importanti: innanzi tutto il fatto che «leggi semplici non portano necessariamente a comportamenti semplici»<sup>16</sup> e, in secondo luogo, che «variazioni piccole nei parametri di un qualunque sistema non portano, necessariamente, a variazioni piccole nel "risultato", cioè nella evoluzione futura»<sup>17</sup>.

Questi esempi illustrano quello che viene chiamato "caos deterministico", caratterizzato dal fatto che il comportamento caotico è determinato da equazioni di tipo deterministico molto semplici<sup>18</sup>. È sulla base di comportamenti simili che gli scienziati hanno ritenuto ormai definitivamente venute meno le assunzioni di base della fisica classica, e cioè il determinismo, il riduzionismo e la reversibilità del tempo. Ovviamente non s'è dovuto aspettare il caos per mettere in discussione il determinismo, in quanto è ben noto che esso è stato già scosso dalle relazioni di indeterminazione di Heisenberg in meccanica quantistica.

<sup>14</sup> Cfr. *ibid.*, 71-73; J. GLEICK, *op. cit.*, 15-36.

<sup>15</sup> Cfr. D. RUELLE, *Determinismo e predicibilità*, in G. CASATI, *op. cit.*, 13-15.

<sup>16</sup> G. CASATI, *op. cit.*, 9.

<sup>17</sup> *L.c.*

<sup>18</sup> Cfr. F.T. ARECCHI, *Caos e ordine nella fisica*, in R. SERRA - G. ZANARINI, *op. cit.*, 68-79; S. CARRÀ, *op. cit.*, 86-96; V. CROQUETTE, *Determinismo e caos*, in G. CASATI, *op. cit.*, 34-49. Si veda inoltre il fondamentale H.G.S. SCHUSTER, *Deterministic Chaos*, Physik - Verlag, Weinheim 1984.

Tuttavia, in primo luogo, le conclusioni indeterministiche hanno sempre trovato una vivace opposizione da parte di scienziati della statura di Einstein, Bohm, De Broglie, i quali hanno opposto l'esistenza delle cosiddette "variabili nascoste" che permetterebbero di spiegare in modo classico le relazioni di indeterminazione<sup>19</sup> e, in secondo luogo, si è continuato a pensare che l'indeterminismo valesse al massimo per il mondo microscopico, essendo per quello macroscopico valida la meccanica classica. O anche è ben noto che la reversibilità della meccanica è messa in crisi dalla irreversibilità dei fenomeni termodinamici. Ma anche in questo caso, con l'opera di Boltzmann, si è cercato di mettere una pezza su tale divario col ricorso a concetti statistici, per cui, secondo il punto di vista classico, l'irreversibilità ed il disordine sono apparenti e nascerebbero solo da una nostra incompleta conoscenza dei sistemi fisici<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> Per un'esposizione e un'argomentazione rigorosa contro l'indeterminismo sostenuto nell'ambito della meccanica quantistica cfr. M. BUNGE, *Filosofia della fisica*, Piovani, Abano Terme 1989, 129-179. Si veda anche l'analisi del problema, in difesa del determinismo, di F. SELLERI, *Paradossi e realtà. Saggio sui fondamenti della microfisica*, Laterza, Roma-Bari 1987, specie le pp. 121-164. Un'altra analisi critica dell'indeterminismo è quella fatta da G. IORIO GIANNOLI, *Il caso, un tiranno*, Angeli, Milano 1986.

<sup>20</sup> Sul problema della reversibilità e irreversibilità, con la connessa questione del tempo, testi fondamentali di approfondimento sono quelli di Prigogine e collaboratori che però, oltre una presentazione del problema, ne forniscono una soluzione in senso anticlassico e quindi si fanno aperti sostenitori di quello che loro stessi definiscono un "cambiamento paradigmatico" in fisica, sicché oggi Prigogine è riconosciuto come uno dei principali sostenitori di una "nuova razionalità scientifica". Si veda comunque il testo di I. PRIGOGINE - I. STENGERS, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, Einaudi, Torino 1981, nonché il più recente I. PRIGOGINE - I. STENGERS, *Tra il tempo e l'eternità*, Bollati

È stato tuttavia con la scoperta del caos che si è avuta una vera e propria "rivincita" della complessità, relegata dalla visione classica a pura illusione prospettica<sup>21</sup>, rivincita nel mondo stesso del macroscopico, senza la necessità di scomodare la meccanica quantistica, sicché si pensa che le tre assunzioni della fisica classica sopra indicate (determinismo, riduzionismo e reversibilità) siano venute definitivamente meno.

La formulazione classica del determinismo si fa di solito risalire a Laplace, che si era espresso in questi termini:

«Un'intelligenza che, per un istante dato, potesse conoscere tutte le forze da cui la natura è animata, e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, e che inoltre fosse abbastanza grande da sottomettere questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella stessa formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e quelli dell'atomo più leggero: nulla le risulterebbe incerto, l'avvenire come il passato sarebbe presente ai suoi occhi. Lo spirito umano offre, nella perfezione che ha saputo dare all'astronomia, una debole parvenza di questa intelligenza»<sup>22</sup>.

Quindi il determinismo consiste nella tesi che la conoscenza esatta — con precisione infinita — dello stato iniziale di un certo sistema fisico è sufficiente per prevedere il suo futuro con certezza. Tuttavia dal descritto fenomeno

Boringhieri, Torino 1989 e il divulgativo I. PRIGOGINE, *La nascita del tempo*, Bompiani, Milano 1991. Per chi voglia avere una trattazione classica del problema reversibilità/irreversibilità può utilmente consultare l'ottimo testo di alta divulgazione di G. TORALDO DI FRANCA, *L'indagine del mondo fisico*, Einaudi, Torino 1976, *passim*.

<sup>21</sup> R. SERRA - G. ZANARINI, *Introduzione alla scienza della complessità*, in R. SERRA - G. ZANARINI (a cura di), *op. cit.*, 6.

<sup>22</sup> P.S. LAPLACE, *Saggio filosofico sulle probabilità*, *cit.*, in D. RUELLE, *op. cit.*, 16.

della dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali i fisici traggono la conclusione che tale prevedibilità non è possibile. Ciò è quanto aveva già previsto nel 1908 Poincaré, che aveva scritto:

«Una causa piccolissima che sfugga alla nostra attenzione determina un effetto considerevole che non possiamo mancare di vedere, e allora diciamo che esso è dovuto al caso. Se conoscessimo esattamente le leggi della natura e la situazione dell'universo nell'istante iniziale, potremmo vedere esattamente la situazione dello stesso universo nell'istante successivo [...]. Ma non è sempre così; può accadere che piccole differenze nelle condizioni iniziali ne producano di grandissime nei fenomeni finali [...]. La previsione diviene impossibile e si ha un fenomeno fortuito»<sup>23</sup>.

È sulla base di queste caratteristiche del caos deterministico, e in particolare della dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali, che molti scienziati sono stati portati ad affermare che sono così "di colpo distrutti" sia il riduzionismo che il determinismo<sup>24</sup>, che sono stati «frantumati due pilastri della cultura scientifica classica: il riduzionismo [...] e il determinismo»<sup>25</sup>, e così via.

Per quanto riguarda il riduzionismo, esso di solito consiste nella tesi per la quale «le proprietà globali sono univocamente determinate dalle interazioni tra componenti (a esempio, la simmetria di un cristallo è determinata dalla simmetria dei legami interatomici) e pertanto la fisica macroscopica (o macrofisica) è completamente deducibile dalla fisica delle interazioni fondamentali (o microfisica)»<sup>26</sup>.

<sup>23</sup> H. POINCARÉ, *Scienza e metodo*, cit., in S. CARRÀ, *op. cit.*, 96.

<sup>24</sup> Cfr. E.T. ARECCHI, *op. cit.*, 71.

<sup>25</sup> S. CARRÀ, *op. cit.*, 94.

<sup>26</sup> F.T. ARECCHI, *op. cit.*, 69.

Alla base dell'impostazione riduzionistica stava la convinzione che il mondo microscopico fosse più semplice di quello macroscopico e quindi che per comprendere quest'ultimo fosse sufficiente scomporre i sistemi complessi in modo da trovare le loro componenti semplici governate dalla tradizionali leggi della meccanica. Una volta fatto ciò si pensava fosse possibile formulare una espressione matematica, detta lagrangiana, grazie alla quale ricavare (mediante integrazione) le equazioni dinamiche che descrivono il divenire del sistema. Trovata la lagrangiana, si pensava, tutto era spiegato. Inoltre, di fronte alla circostanza che non si potevano di fatto conoscere tutte le condizioni iniziali del sistema, si pensava che una loro conoscenza approssimata fosse sufficiente per calcolare in modo approssimato il comportamento del sistema. Ciò è però vero solo nel caso in cui abbiamo a che fare con equazioni lineari. Nei casi di non linearità (come quelli descritti negli esempi) allora vale la suesposta dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali, sicché una conoscenza approssimata delle condizioni iniziali porta ben presto alla totale imprevedibilità nel comportamento del sistema. Un classico esempio è il problema dei tre corpi già studiato da Poincaré, in cui è evidente che il comportamento di tre corpi (a esempio il sole e due pianeti) non è semplicemente deducibile da quello a due corpi. Insomma anche in semplici sistemi in cui interagiscono pochi elementi e che sono retti da leggi assai semplici si vengono a manifestare comportamenti globali assai complessi ed imprevedibili: in questi casi non basta la riduzione a pochi elementi ed a leggi semplici per essere in grado di prevedere il comportamento dell'intero sistema.

Ciò ha fatto sì che la scienza di questi ultimi anni si sia caratterizzata per una nuova ricerca della totalità e per la riscoperta di una visione olistica (o sistemica della natura):

«i credenti nel caos [...] meditano sul determinismo e sulla libertà del volere, sull'evoluzione, sulla natura dell'intelligenza cosciente. Essi pensano di stare voltando le spalle a una tendenza diffusa nella scienza: il riduzionismo, l'analisi di sistemi nei termini delle loro parti componenti: quark, cromosomi o neuroni che siano. Essi credono di stare cercando la totalità»<sup>27</sup>.

Davies parla addirittura di un nuovo paradigma nascente, che vede la rinascita dell'olismo nei diversi campi scientifici: dalla biologia alla neurologia, dalla meccanica quantistica a quella classica. Il nuovo paradigma, diversamente da quello classico e newtoniano (riduzionistico e deterministico) riconosce che i sistemi fisici possono manifestare modi di comportamento e di organizzazione nuovi ed imprevisi. Ciò è particolarmente vero per i sistemi viventi, caratterizzati dal fenomeno della autorganizzazione<sup>28</sup>. Recentemente anche il fenomeno della percezione è stato studiato a livello neuronico come effetto cooperativo della totalità del cervello:

«la percezione dipende dall'attività simultanea e cooperante di milioni di neuroni sparsi in tutte le circonvoluzioni della corteccia. Questa attività globale può essere identificata, misurata e interpretata soltanto se accanto a quella microscopica, si adotta una visione macroscopica del cervello»<sup>29</sup>;

<sup>27</sup> J. GLEICK, *op. cit.*, 12.

<sup>28</sup> Cfr. P. DAVIES, *op. cit.*, 253-257. Vero e proprio profeta di tale nuova visione olistica della natura è F. Capra, *op. cit.*

<sup>29</sup> J. FREEMAN, *La fisiologia della percezione*, in *Le Scienze*, 272 (aprile 1991), 12.

e non è un caso che tale attività neuronica sia caratterizzata dall'esser caotica, sicché sembra che il caos non sia solo un sottoprodotto collaterale, accidentale, della complessità del cervello; anzi

«potrebbe essere proprio questa la proprietà principale che rende il cervello umano diverso dall'intelligenza artificiale. Un notevole vantaggio che il caos può conferire al cervello è che i sistemi caotici producono continuamente nuovi tipi di attività»<sup>30</sup>.

Si svilupperebbero così raggruppamenti di neuroni diversi da quelli stabiliti e tali nuovi tipi di attività possono essere «alla base della capacità del cervello di formulare intuizioni e di risolvere problemi attraverso tentativi ed errori»<sup>31</sup>.

## 2. L'immagine della complessità in ecologia

L'ultimo dei pilastri della fisica classica demoliti dalla scienza di questi ultimi anni è quello della reversibilità. La sua analisi critica è nata nell'ambito della termodinamica e si è in particolare sviluppata con lo studio dei sistemi termodinamici non in equilibrio da parte di Prigogine. È questo un settore molto più vicino ai problemi ecologici, in quanto ha a che fare con i sistemi viventi ed i fenomeni di autorganizzazione.

L'irreversibilità è tipica dei fenomeni della termodinamica ma è anche la caratteristica di tutti i fenomeni reali. Con la irreversibilità il tempo ha una freccia: c'è un prima e un dopo. Invece ciò non avviene nei fenomeni

<sup>30</sup> *Ibid.*, 19.

<sup>31</sup> *L.c.*

reversibili tipici della meccanica e dell'elettromagnetismo. Per far capire cosa ciò significhi si porta l'esempio del film, raffigurante un treno, proiettato all'indietro: non vi sarebbe nulla di strano a meno che il treno non sia a vapore; in quest'ultimo caso il fumo entrerebbe dentro la ciminiera, anziché uscirne. Capiremmo subito che è proiettato al contrario<sup>32</sup>. Insomma i fenomeni reversibili possono svolgersi in un senso o nell'altro rispetto al tempo, quelli irreversibili vanno in un'unica direzione: una zolletta di zucchero che si scioglie nell'acqua disperderà in modo uniforme le proprie molecole nel liquido, ma mai potremo vedere che le molecole si riaggregano per formare nuovamente la zolletta di zucchero. I più tipici fenomeni di irreversibilità si hanno in termodinamica.

Ma questa caratteristica dei processi irreversibili, che posseggono una direzione nel tempo, fa nascere un problema: se il mondo è retto dalle leggi meccaniche di Newton, per le quali non esiste la freccia del tempo e che quindi descrivono fenomeni perfettamente reversibili, in che modo possono darsi i fenomeni irreversibili della termodinamica? Una soluzione è stata data da Boltzmann, che introduce la probabilità per spiegare il comportamento di un sistema con un gran numero di particelle. Tuttavia ciò vale per sistemi in equilibrio termodinamico, cioè pur potendo scambiare energia con l'ambiente esterno sono caratterizzati in ogni loro parte dalla presenza uniforme di proprietà come la temperatura, la pressione, la composizione chimica, etc. Ma in natura non esistono sistemi in equilibrio:

<sup>32</sup> G. TORALDO DI FRANCA, *op. cit.*, 84.

pur realizzandosi comportamenti organizzati ed ordinati, tuttavia essi sono lontani dall'equilibrio<sup>33</sup>.

Merito di Prigogine è quello di aver studiato sistemi aperti che scambiano materia ed energia con l'ambiente circostante, cioè sistemi dissipativi che ricevono continuamente energia dall'esterno e la consumano. Caratteristica delle strutture dissipative è la loro sensibilità alla fluttuazione: mentre nei sistemi isolati vicini all'equilibrio le fluttuazioni si attenuano rapidamente, invece una piccola fluttuazione in una struttura dissipativa non lineare può essere amplificata e far passare il sistema a una situazione macroscopica nuova, imprevedibile quanto la fluttuazione che la causa. Tale situazione può far comparire un ordine assente nel sistema originario. Ecco perché Prigogine parla di "ruolo costruttivo del non equilibrio". Un esempio è dato dalla instabilità di Bénard: un liquido riscaldato, arrivato ad un certo gradiente, manifesta una struttura di colonne montanti di convezione<sup>34</sup>. Da ciò il grande passo: la vita è un ordine che sorge per fluttuazione in un sistema aperto, quale quello della superficie terrestre, che riceve energia dal sole. Prigogine sembra gettare un ponte tra la scienza meccanicistica newtoniana (con i caratteri precedentemente detti) e il mondo della vita.

Ma la caratteristica più significativa delle strutture dissipative e dei sistemi non in equilibrio consiste nel fatto che in essi ha un ruolo fondamentale il tempo: scacciato

<sup>33</sup> Cfr. I PRIGOGINE, *La termodinamica della vita*, in I. PRIGOGINE, *La nuova alleanza. Uomo e natura in una scienza unificata*, Longanesi, Milano 1981<sup>2</sup>, 74-85.

<sup>34</sup> Cfr. *ibid.*, 81-83. Sui fenomeni di autorganizzazione e turbolenza nei liquidi vedi anche C. VIDAL É J. - C. ROUX, *Come nasce la turbolenza*, in G. CASATI (a cura di), *op. cit.*, 141-151.

dalla meccanica classica come pura illusione prospettica, ora esso viene a pieno titolo reintrodotta nella scienza e considerato come il fattore che caratterizza l'evoluzione dei sistemi complessi:

«Si può affermare che oggi la fisica non nega più il tempo, né la sua direzione. Essa riconosce il tempo irreversibile delle evoluzioni verso l'equilibrio, il tempo ritmico di strutture il cui pulsare si nutre dei flussi che le attraversano, il tempo biforcante delle evoluzioni per instabilità e amplificazioni di fluttuazioni, e perfino il tempo microscopico che abbiamo introdotti nell'ultimo capitolo, che manifesta l'instabilità dinamica a livello microscopico. Ogni essere complesso è costituito da una pluralità di tempi, ognuno dei quali è legato agli altri con articolazioni sottili e multiple»<sup>35</sup>.

È anche la fine del determinismo:

«Il determinismo dinamico cede il posto alla complessa dialettica tra caso e necessità, alla distinzione tra le ragioni di instabilità e le regioni tra le due biforcazioni in cui le leggi medie, deterministiche, dominano. L'ordine per fluttuazione contrappone all'universo statico della dinamica un mondo aperto, la cui attività genera la novità, la cui evoluzione è al tempo stesso evoluzione, creazione e distruzione, nascita e morte»<sup>36</sup>.

<sup>35</sup> I PRIGOGINE - I. STENGERS, *La nuova alleanza*, cit., 274. Cfr. anche sinteticamente sulla reintegrazione del tempo nella scienza I. PRIGOGINE, *L'esplorazione della complessità*, in G. BOCCHI - M. CERUTI, *op. cit.*, 179-193. Il testo in cui il problema del tempo viene affrontato in modo più sistematico, con ricchezza di considerazioni filosofiche e storiche, è I. PRIGOGINE - I. STENGERS, *Tra il tempo e l'eternità*, cit.

<sup>36</sup> *Ibid.*, 196-197.

Caos, irreversibilità, strutture dissipative, ordine dal caos: con la nascita di questi nuovi campi del sapere sembra proprio che la fisica di oggi abbia operato un cambio di paradigma. Termini una volta in disuso o screditati sembrano ritornare di nuovo attuali: totalità, olismo, organicismo<sup>37</sup>, finalismo, creazione dal nulla. Alla fisica dei corpi ideali, delle superfici perfettamente lisce, dei gas perfetti, degli stati di equilibrio, dei sistemi isolati, insomma alla fisica della linearità, succede la fisica dell'irregolare, del singolare, del complesso, del non isolato, della interazione, ovvero della non-linearità. Come dice Cini, «sta dunque nascendo una nuova cultura che vede il mondo non come una macchina, ma come un organismo vivente»<sup>38</sup>. Una fisica, insomma, più "flessibile", più umana, più sensibile alle peculiarità ed alle piccole differenze, meno astratta e universalizzante. È questo il tipo di scienza che sembra più idoneo ad affrontare i problemi dell'ecologia. Ed a questa scienza deve corrispondere una nuova filosofia della natura, una epistemologia diversa, che abbandoni l'ideale dell'onniscienza, del "metapunto di vista" e sposi l'idea della pluralità delle prospettive, della idiosincronicità dei punti di vista e reintegri l'osservatore nella ricerca<sup>39</sup> (per cui la realtà è

<sup>37</sup> Si veda l'ipotesi della terra come organismo vivente fatta da J.E. LOVELOCK, *Gaia. Nuove idee sull'ecologia*, Boringhieri, Torino 1981. Si veda anche ID., *Gaia: una proprietà coesiva della vita*, in G. BOCCHI - M. CERUTI, *op. cit.*, 207-226.

<sup>38</sup> M. CINI, *La ragione, l'arancia e i vermi*, in *Il Manifesto*, 31.1.1990, ora in AA. VV., *Api o architetti. Quale universo, quale ecologia*, ediz. fuori commercio pubblicata come supplemento al n. 114 de *L'Unità* e al n. 14 de *Il Manifesto*, Roma 1990.

<sup>39</sup> Cfr. M. CERUTI, *Il vincolo e la possibilità*, Feltrinelli, Milano 1986; ID., *La hybris dell'onniscienza e la sfida della complessità*, in G. BOCCHI - M. CERUTI, *op. cit.*, 25-48.

quella che l'osservatore organizza, come si sostiene nel costruttivismo radicale<sup>40</sup>).

Tale nuova scienza della complessità, che sarebbe più adatta all'ecologia di quella classica e che, appunto per ciò, ha suscitato aspre polemiche<sup>41</sup>, non vedrebbe più il mondo come una macchina retta da leggi lineari (che, come abbiamo visto, sono l'eccezione e non la regola) ma come un organismo vivente. A un universo ordinato, semplice, determinato si sostituisce un universo caotico, indeterminato, complesso. Scrive Prigogine: «Il nostro compito oggi è quello di superare il linguaggio della fisica classica e tentare di includere insieme le leggi (deterministiche e reversibili) e gli eventi (irrevocabili e aleatori)»<sup>42</sup>. E per Tiezzi

«non v'è dubbio che oggi la crisi ecologica del pianeta ha messo a nudo l'inadeguatezza del paradigma cartesiano e della fisica newtoniana che consideravano il mondo come una macchina, con comportamenti prevedibili delle singole parti, analizzate da modelli riduzionisti e soggette a leggi semplici ed universali»<sup>43</sup>.

<sup>40</sup> Vedi i saggi di E. von Foerster, H. Maturana, F. Varela, E. von Glasersfeld e P. Watzlawick contenuti in P. WATZLAWICK (a cura di), *La realtà inventata. Contributi al costruttivismo radicale*, Feltrinelli, Milano 1988.

<sup>41</sup> I sostenitori di tale nuova scienza della complessità, la sola adatta allo studio dei problemi ecologici, e i suoi critici si sono dati battaglia sulle pagine dei giornali in particolare *La Repubblica*, *L'Unità* e *Il Manifesto*. Si veda ora la raccolta degli interventi in AA. VV., *Api o architetti...*, cit.

<sup>42</sup> I. PRIGOGINE, *La zia aveva ragione*, in *La Repubblica*, 11.2.1990, ora in AA. VV., *Api o architetti...*, cit., 46.

<sup>43</sup> E. TIEZZI, *La mazza di Alice*, in *La Repubblica*, 17/2/1990, ora in AA. VV., *Api o architetti...*, cit., 56.

A una natura riducibile a parti governate da leggi lineari si sostituisce una natura come sistema in cui la non-linearità è la caratteristica fondamentale:

«Guardare gli organismi viventi da un punto di vista sistemico significa considerare una serie di aspetti che sfuggono all'approccio di tipo riduzionistico: le capacità di crescita, auto-organizzazione e riproduzione; i flussi di informazione e i meccanismi di retroazione e omeostasi che sono alla base di molti processi di adattamento; le caratteristiche dinamiche di flessibilità e di plasticità; i rapporti e le interazioni con altri organismi e con l'ambiente; la collocazione nel contesto della storia naturale. Si tratta di un punto di vista certamente più appropriato rispetto ad una prospettiva ecologica e che sembra offrire inoltre nuove possibilità di sviluppo delle conoscenze»<sup>44</sup>.

Ed aggiunge Buiatti:

«Ed ecco perché chi oggi difende la vita su questo pianeta pensa che i concetti della non linearità, della imprevedibilità, della complessità, derivati dallo studio della natura e soprattutto di quella vivente, debbano essere considerati, come sono, parte della nostra razionalità, della capacità di comprendere degli esseri umani»<sup>45</sup>.

Ciò porta anche alla rivendicazione della qualità contro la quantità: «tutto il sistema vivente, dai colori delle ali delle farfalle al profumo dei fiori, sta lì ad indicare il ruolo fondamentale della forma, della bellezza e della qualità,

<sup>44</sup> A. RUSSO, *Uomo e natura: mutamenti dei paradigmi scientifici*, cit., 52-53.

<sup>45</sup> M. BUIATTI, *Il pianeta imprevedibile*, in *L'Unità*, 16.2.1990, ora in AA. VV., *Api o architetti...*, cit., 53.

grandezze ovviamente non riducibili a mere quantità»<sup>46</sup>. Si vuole recuperare un senso "estetico" della natura, in coerenza con le intuizioni di Bateson: «Estetica, allora, in senso batesoniano, come superamento di una visione scientifica puramente quantitativa e come introduzione della fondamentale categoria ecologica della qualità. La qualità della vita ha bisogno di estetica. Alla base di un'auspicata svolta di civiltà ci dovranno essere dunque anche i valori estetici»<sup>47</sup>.

Su questa base è inevitabile la critica ai «formalismi matematici che sempre più hanno separato la mente dalla natura»<sup>48</sup>, cui si contrappone il rifiuto del dualismo in nome della "struttura che connette" intuita da Bateson ed identificata col sacro, sicché si conclude, sulla scia di Prigogine, che «il sacro è nella materia, proprio perché il tempo è nella materia»<sup>49</sup>. Non solo, ma l'irruzione del tempo nella scienza moderna porta a dichiarare l'impossibilità dell'esistenza di esperimenti riproducibili e pone fine al concetto di "oggettività" nella misura, «con buona pace del meccanicismo di Newton e dell'assunto antiestetico di Cartesio, per cui contano solo le cose misurabili»<sup>50</sup>.

A una scienza diversa dovrebbe corrispondere una razionalità diversa, nuova; ad una scienza ecologica dovrebbe corrispondere un "pensiero ecologizzato"; a una realtà complessa, sostiene Morin, un "pensiero complesso". È necessario rendere più flessibili le categorie epistemologiche

<sup>46</sup> E. TIEZZI, *op. cit.*, 57.

<sup>47</sup> ID., *Il capitombolo di Ulisse. Nuova scienza, estetica della natura, sviluppo sostenibile*, Feltrinelli, Milano 1991, 25.

<sup>48</sup> *Ibid.*, 36.

<sup>49</sup> *Ibid.*, 43.

<sup>50</sup> *Ibid.*, 39.

alla luce della complessità di una natura irriducibile agli astrati schemi razionali di un'epistemologia di tipo «cartesiano»: è la contrapposizione tra ricchezza/complessità della natura e povertà/astrazione delle categorie epistemologiche sinora usate a costituire il fondamento per la rivendicazione di una nuova epistemologia, di un nuovo modo di intendere il rapporto tra soggetto ed oggetto, e così via. Si vuole rivendicare — contro l'epistemologia dei "metapunti di vista", dei metacriteri unificatori, dei sogni di enciclopedie unificate della scienza ad impianto riduzionistico — la «irriducibile pluralità dei punti di vista, dei linguaggi, dei modelli, dei temi e delle immagini che concorrono [...] alla produzione delle conoscenze»<sup>51</sup>; si vuole pienamente rivalutare la pluralità delle componenti che entrano a far parte della conoscenza, la quale finisce per essere

«una congerie di ipotesi ad hoc, di ragionamenti analogici, di generalizzazioni dall'esperienza di natura induttiva, di formalizzazioni, di temi o nuclei metafisici profondamente radicati e incontrollabili, la cui unità e la cui coerenza risultano legate alla pratica e all'itinerario del soggetto che li utilizza»<sup>52</sup>.

La scienza, così, diventa una "congerie" di elementi dalla natura più disparata, tra i quali non è possibile individuare alcuna gerarchia, alcuna predominanza, e nella quale la "reintegrazione del soggetto" fornisce quel punto di vista particolare che si sottrae ad ogni possibilità di universalizzazione, cioè a ogni possibile tentativo di ritrovare nel procedere della scienza un qualsiasi metodo che vada al

<sup>51</sup> M. CERUTI, *Il vincolo e la possibilità*, cit., 11.

<sup>52</sup> *Ibid.*, 23-24.

di là della situazione in cui si colloca il singolo scienziato. Il farsi delle idee conosce una polifonicità, una policentricità, che è propria non solo di una certa epoca, non solo di ogni tradizione o programma di ricerca, ma persino di ogni individuo nel suo itinerario biografico<sup>53</sup>: tale policentricità non permette di essere disciplinata da alcun metadiscorso metodologico che si ponga come unitario, anche all'interno di ciascuno di questi campi. Tutto ciò converge verso la dilatazione del ruolo del soggetto nella teorizzazione scientifica: non più prevalenza della teoria sul materiale empirico, ma addirittura una sorta di individualismo metodologico-costruttivista con vaghe venature solipsistiche:

«Tutte queste relazioni, questi processi di circolazione, di ricombinazione nell'ecologia delle idee, mettono in evidenza il ruolo costruttivo di ciò che è idiosincratico, individuale, contingente: in altre parole connettono il problema della creazione al problema della scelta. La costruzione di un sistema di idee, di un sistema di riferimento categoriale, di una tradizione rimandano in modo essenziale alla irriducibile funzione di scelta di un soggetto, alle sue strategie, ai suoi progetti e alle sue interpretazioni. Il soggetto, l'osservatore reintegrato nelle sue proprie descrizioni irrompe nel sapere scientifico e filosofico contemporaneo [...] non quale limitazione di un punto di vista assoluto, che rimarrebbe con ciò operante come ideale regolativo, ma quale riconoscimento operativo dell'irriducibile pluralità dei punti di vista costitutivi di ogni universo cognitivo: irriducibile molteplicità di punti di vista complementari, antagonisti e spesso contraddittori anche all'interno dei processi costitutivi di un medesimo sistema di idee, di una medesima tradizione»<sup>54</sup>.

<sup>53</sup> Cfr. *ibid.*, 24.

<sup>54</sup> *Ibid.*, 32.

Allo stesso modo, come la conoscenza scientifica della realtà "complessa" si disarticola in una molteplicità di teorie "locali" non regimentate da alcuna metateoria, così il discorso metodologico si frammenta in una serie di discorsi parziali, locali, sempre più particolari che inseguono le orme dell'idiosincronicità della singola tradizione, del singolo programma, del singolo scienziato, addirittura delle singole fasi di evoluzione del pensiero di quest'ultimo. È il carattere idealizzante e astrante della scienza a esser messo sotto accusa: in contrapposizione ad esso si vuole indicare il compito dell'epistemologia contemporanea nello «impedire la produzione di un divario, se non di un abisso, fra una scienza sempre più complessa nelle sue articolazioni interne come pure negli oggetti che costituisce, ed un'attività filosofica tenacemente aderente alle sue idealizzazioni, se non alle sue cristallizzazioni concettuali»<sup>55</sup>. Alla base di tale critica della scienza classica, cartesiana e newtoniana, sta il mito della aderenza assoluta tra concetto ed oggetto, tra teoria ed esperienza, tra natura e scienza<sup>56</sup> a sottendere sia la rivendicazione di una "epistemologia naturale" come anche a motivare la critica ad ogni forma di razionalità forte, in favore di un pensiero "debole" che rivolga «un nuovo e più amichevole [...] sguardo al mondo delle apparenze» e vada «nella direzione di un pensiero capace di articolarsi (dunque di "ragionare") nella mezza luce»<sup>57</sup>, in quanto «il prezzo

<sup>55</sup> *Ibid.*, 60-61.

<sup>56</sup> Abbiamo altrove fatto vedere come anche in Feyerabend e nella sua critica dell'epistemologia contemporanea ritroviamo questa esigenza di riavvicinare teoria ed esperienza, soggetto e natura: cfr. F. CONIGLIONE, *La ragione ineffabile di Feyerabend e il destino dell'epistemologia contemporanea*, in AA. VV. *Oltre la crisi della ragione. Itinerari della filosofia contemporanea*, Galatea, Acireale 1991.

pagato dalla ragione potente è una impressionante limitazione degli oggetti che si possono vedere e di cui si può parlare»<sup>58</sup>.

Così, se la fisica riscopre l'irregolare e il particolare, anche l'epistemologia deve essere del particolare, idiosincratica, legata alla personalità del singolo; se la fisica abbandona l'ideale dell'universalità in favore della località, allora anche l'epistemologia deve abbandonare l'idea di un "metapunto di vista": esiste solo pluralità di punti di vista, relativi ai soggetti individuali, alle tradizioni, ai sistemi cerebrali etc.<sup>59</sup>. Nasce l'esigenza di una «epistemologia complessa», «che non sia luogo di fondazione della conoscenza, ma un inesauribile itinerario di articolazione degli universi di discorso del sapere e della conoscenza»<sup>60</sup>, nella direzione indicata da Morin<sup>61</sup> e verso una sempre maggiore consapevolezza del carattere storico delle nostre definizioni e dei principi del nostro sapere. Insomma v'è l'idea che oggi la fisica stia gettando la base di una nuova razionalità meno "arida", "rigida", "schematica".

Sono queste conclusioni motivate dalla nascita della fisica del caos e della complessità? L'ecologia ha davvero bisogno di una nuova razionalità aventi i caratteri sopra abbozzati?

<sup>57</sup> P.A. ROVATTI - G. VATTIMO, *Premessa a ID. (a cura di), Il pensiero debole*, Feltrinelli, Milano 1986<sup>2</sup>, 9.

<sup>58</sup> *Ibid.*, 11.

<sup>59</sup> Cfr. M. CERUTI, *La hybris dell'onniscienza...*, cit., *passim*.

<sup>60</sup> *Ibid.*, 40.

<sup>61</sup> Cfr. E. MORIN, *Sur la définition de la complexité*. Communication au colloque Science et Pratique de la complexité, The United Nation University, Montpellier 1984.

### 3. Un nuovo modello conoscitivo?

Già in passato la nascita di nuove teorie scientifiche che hanno rivoluzionato le conoscenze del tempo ha avuto ripercussioni di carattere filosofico che hanno tratto da esse argomenti e motivazioni per proporre una nuova immagine della razionalità. Così è avvenuto per la nascita della meccanica quantistica, che ha dato l'avvio a speculazioni sull'indeterminismo che avrebbe dovuto garantire la libertà del volere umano; e per la teoria della relatività, che è stata interpretata in senso relativistico, come avallo prestigioso alla tesi scettica della relatività della conoscenza umana. Ovviamente coloro che invece erano convinti della natura deterministica della realtà, o intendevano garantire la possibilità di una sua conoscenza assoluta, finivano per attaccare queste due nuove discipline (come è avvenuto nel caso dell'ostilità degli scienziati e filosofi marxisti per la meccanica quantistica, specie in Unione Sovietica; o da parte di ambienti cattolici, per la teoria della relatività).

In queste discussioni è assai difficile discriminare tra le implicazioni giustificate, che scaturiscono dalla data teoria scientifica, e le estrapolazioni filosofiche o speculative prive di fondamento che si fanno sulla loro base. Questione tanto più complicata dal fatto che spesso sono gli stessi scienziati a trasformarsi in filosofi e intervenire, con le più disparate opinioni, nella controversia. Così si assiste in genere allo strano fenomeno per cui, da una parte, si accetta il nucleo duro, più astrattamente scientifico (fisico o matematico) della nuova teoria, salvo poi a dividersi sulla sua interpretazione in senso più generale (come avviene ad esempio quando si deve dare una interpretazione fisica al formalismo della meccanica quantistica).

Mi sembra che nel caso delle nuove teorie della complessità prima esaminate si assista nuovamente ad un fenomeno del genere. Non v'è dubbio che le ricerche condotte dai "fisici del caos", delle quali Glick ci fa una mirabile e affascinante storia, hanno tutti i crismi della scientificità e come tali sono ormai riconosciute nella comunità scientifica internazionale; allo stesso modo non v'è dubbio che le ricerche di Prigogine sui sistemi termodinamici non in equilibrio, che gli hanno meritato il Nobel, siano un importante capitolo nella storia della termodinamica di questo secolo, i cui meriti vengono riconosciuti dalla comunità scientifica internazionale. Lo stesso si può dire per altre ricerche in campo biologico ed ecologico.

Tuttavia, ed è questa la domanda a cui vorremmo abbozzare una risposta in quest'ultima parte del nostro intervento, sono tali nuove acquisizioni scientifiche sufficienti per giustificare una nuova immagine della razionalità umana quale quella che abbiamo prima cercato di descrivere? Viste le reazioni di alcuni scienziati e filosofi, sembrerebbe proprio che ci troviamo di fronte a una nuova *querelle* filosofico-scientifica nella quale è assai difficile dipanare gli argomenti scientifici da quelli filosofici o addirittura mistico-estetico. Quando, ad esempio, un rispettabile scienziato come Carlo Bernardini ritiene che l'opera di Bateson non sia nulla più che una manciata di metafore o addirittura giudica Morin e Prigogine due "grandi confusionari" e pensa che Tiezzi stia raccontando un «mucchio di accattivanti sciocchezze»<sup>62</sup>; e quando un altro

<sup>62</sup> C. BERNARDINI, *I nuovi guru*, in *La Repubblica*, 26.1.1990, ora in AA. VV., *Api o architetti...*, cit., 21-25. In tale sua posizione critica Bernardini è sostenuto, con più o meno pacatezza da M. Stanzone, G

scienziato come Tiezzi risponde affermando che Bernardini «non riesce a scrollarsi di dosso il vecchio paradigma meccanicistico e la sua taumaturgica fede in una scienza esatta, deterministica, oggettiva»<sup>63</sup>; ebbene, quando siamo davanti a una simile contrapposizione non v'è dubbio che, a parte gli animi riscaldati, ci si trova di fronte a un problema teorico che non è possibile liquidare con facili battute, ma è necessario approfondire da un punto di vista teorico.

La via che ci sembra più feconda non sta tanto nel contrapporre razionalità classica a razionalità (come dire?) "postclassica", scienza meccanicistica a scienza indeterminista, conoscenza lineare a conoscenza non-lineare e così via, ma piuttosto nel domandarci se siano adeguati gli strumenti concettuali che adoperiamo per capire la natura della scienza, sia essa quella classica che quella post-classica. Quando parliamo di "strumenti concettuali" non possiamo far a meno di chiamare in gioco la stretta connessione tra riflessione epistemologica e immagine della scienza, per come si è costituita in questo secolo. In verità la comprensione concettuale della scienza è stata sempre mediata da un certo numero di presupposti epistemologici che si sono a loro volta originati all'interno di un certo clima filosofico-culturale. E non v'è dubbio che l'epistemologia di questo secolo sia stata in gran parte tributaria, almeno nel suo filone

Corbellini, E. Bellone e A. Navarra. Nel fronte di «complessologi» o «caotici» possiamo includere, facendo salve le diverse accentuazioni e differenziazioni, E. Tiezzi, E. Morin, I. Prigogine, M. Ceruti, S. Manghi, A.M. Iacono, M. Cini, P. Greco e M. Buiatti. Ci siamo limitati, ovviamente a censire coloro che hanno partecipato al dibattito poi pubblicato in AA. VV., *op. cit.* Prescindendo da questa occasione, il fronte dei complessologi è molto più vasto.

<sup>63</sup> E. TIEZZI, «Difendo la complessità...», in AA. VV., *Api o architetti...*, cit., 28.

principale angloamericano, alla grande stagione neopositivista, il cui modello di scienza, modificato ed arricchito, ha finito per costituire quella "concezione standard" delle teorie scientifiche che, a iniziare dal dopoguerra fino a quasi gli inizi degli anni '70, ha dominato il panorama epistemologico contemporaneo. È ormai ben noto che questo modello di scientificità è entrato in crisi in seguito alla contestazione della scuola post-popperiana, la quale ha portato alla dissoluzione, con Feyerabend, di qualunque idea di metodo scientifico e quindi a contestare radicalmente le pretese di razionalità della scienza e della tradizione di pensiero occidentale.

Non è un caso che tra i "complessologi" i riferimenti a questi ultimi sviluppi dell'epistemologia contemporanea siano particolarmente insistiti e funzionali alla dimostrazione della necessità di concepire una nuova razionalità.

Tuttavia, se le cose stanno così, allora diventa fondamentale distinguere tra l'immagine di scienza che abbiamo ereditato all'interno di una data tradizione epistemologica e metodologica e la scienza in quanto tale, con le sue teorie, tecniche e procedure. Se si fa tale distinzione, allora è possibile porre correttamente la domanda: cosa s'è dimostrato inadeguato, tale immagine di scienza interna a una certa tradizione epistemologica, o la scienza in quanto tale? Insomma, sono entrati in crisi dei "paradigmi" epistemologici oppure dei "paradigmi" scientifici? Il non porsi preliminarmente tali domande corre il rischio di far slittare inavvertitamente la nostra analisi delle caratteristiche della scienza dal piano epistemico a quello ontologico, scambiando delle affermazioni di carattere metodologico per descrizioni delle caratteristiche della scienza in quanto tale. In tal modo, una volta scoperta l'inadeguatezza di una certa metodologia, che si

dimostrerebbe insufficiente a descrivere una certa procedura scientifica, si passerebbe alla conclusione che è la procedura scientifica a dimostrarsi irrazionale. Insomma, si corre il rischio di trasformare la nostra bancarotta scientifica: se il metodo ci fa vedere una scienza procedente in modo ingiustificato, allora la scienza è irrazionale e gli scienziati nuovi «apprendisti stregoni».

Ma prima di far vedere come ciò possa avvenire nel caso che qui prendiamo in esame, riteniamo utili alcune precisazioni per sgombrare il campo da alcuni possibili equivoci iniziali.

Innanzitutto è bene porre nella debita luce il fatto che il comportamento caotico e complesso è generato da equazioni assai semplici. E ciò sta a significare che non è affatto vero che sia necessario, per come sostiene Morin, un pensiero complesso per generare o comprendere un processo complesso. Infatti, «l'esistenza di strutture o comportamento complessi e intricati non richiede necessariamente principi fondamentali complicati»<sup>64</sup> e «il fatto che l'universo sia pieno di strutture complesse non significa che le leggi che stanno alla loro base siano anch'esse complesse»<sup>65</sup>. A voler seguire il modo di argomentare di Morin, si dovrebbe arrivare alla conclusione che lo studio del caos è possibile solo con un pensiero caotico, il pensiero della complessità richiede un pensiero complesso, il disordine possa essere tematizzato solo da un pensiero disordinato e ciò che è confuso possa essere compreso solo con un pensiero confuso. Inoltre se si leggono gli articoli scientifici che hanno trattato di questi argomenti, ivi compresi gli stessi libri di Prigogine, si vede che essi presentano un modo assai "tradizionale" e classico di

<sup>64</sup> P. DAVIES, *op. cit.*, 73.

<sup>65</sup> *Ibid.*, 86.

argomentare: si portano prove, si fanno esperimenti, li si cerca di interpretare matematicamente, si eseguono procedure di controllo e si argomentano i risultati secondo i tradizionali canoni dell'inferenza logica (non si vede mai, come sembra pensare Morin, che qualcuno di questi fisici rinunci al principio di non contraddizione per sostenere le proprie tesi). Anche quando si adoperano nuovi strumenti matematici, questi sono nuovi rispetto alla fisica classica, ma non certo nuovi da un punto di vista matematico; d'altra parte ciò avviene assai di rado (è il caso dell'utilizzo della topologia in Thom, ma la topologia è una scienza assai tradizionale e "razionale"). L'introduzione di equazioni non-lineari non significa un venir meno della razionalità o l'emergere di una nuova: i sistemi non-lineari non sono stati scoperti oggi ma sono ben noti da tempo; solo che la loro trattazione matematica è assai difficile rispetto ai sistemi lineari che in genere possono essere facilmente risolvibili, sicché si è preferito adoperare questi ultimi.

Inoltre è ormai ben chiaro che non è vero che imprevedibilità e indeterminismo vanno insieme: è infatti possibile concepire un universo completamente deterministico nel quale il futuro è sconosciuto e inconoscibile e nel quale sono pertanto possibili delle novità imprevedibili<sup>66</sup>. È stato anche scoperto da Mitchell Feigenbaum che la transizione (mediante raddoppiamenti di periodo) verso il caos manifesta certe caratteristiche universali indipendenti dal sistema in esame:

«Sembra che il caos abbia caratteristiche universali, e che i numeri di Feigenbaum siano costanti fondamentali della natura. Così, benché il comportamento caotico sia per definizione

<sup>66</sup> Cfr., *ibid.*, 47.

scoraggiantemente difficile da rappresentare con un qualche tipo di modello, vi è tuttavia un qualche ordine di base nel modo in cui si manifesta, e possiamo quindi sperare di conseguire una comprensione generale dei principi che governano questa particolare forma di complessità»<sup>67</sup>.

Infine, è ormai convinzione comune che i comportamenti caotici sono nella realtà molto più numerosi di quelli regolari: la regolarità e la linearità sono una eccezione e non la regola. Per cogliere questa irregolarità è stata creata una nuova geometria, diversa da quella euclidea: la geometria dei frattali di Benoit Mandelbrot. È grazie a questa che è possibile descrivere le traiettorie invarianti di evoluzione dei sistemi caotici. La geometria del caos è la geometria non analitica degli oggetti frattali ed è frattale un oggetto (a es. la curva di Koch) caratterizzato dalla autosomiglianza.

Ciò detto, ritorniamo al discorso cui avevamo accennato all'inizio di questo paragrafo e che concerne il modo di intendere il rapporto tra teorie scientifiche e realtà. Per illustrare questo punto è utile far riferimento alle stesse parole dei protagonisti di tale "rivoluzione" nella scienza. Leggiamo, per cominciare, quanto afferma Mandelbrot, il creatore della geometria frattale:

«[...] nel suo sforzo di descrivere il mondo, la scienza procede per serie di immagini o modelli sempre più «realistici». I più semplici sono dei continui perfettamente omogenei, come un filo o un cosmo di densità uniforme, o un fluido di temperatura, densità pressione e velocità uniformi. La fisica ha avuto successo perché riesce a individuare numerosi domini in cui immagini del genere sono estremamente utili, in particolare

<sup>67</sup> *Ibid.*, 71.

come basi alle quali si aggiungono in seguito dei termini correttivi. Ma in altri domini la realtà si rivela così irregolare, che il modello continuo perfettamente omogeneo perde ogni efficacia e non può nemmeno servire come prima approssimazione. Si tratta di domini in cui la fisica ha fatto fiasco, e dei quali i fisici preferiscono addirittura non parlare.<sup>68</sup>

A una simile conclusione giunge anche Capra dall'analisi dell'approccio a Bootstrap di H. Chew in meccanica quantistica, per cui afferma:

«Le teorie scientifiche non possono mai fornire una descrizione completa e definitiva della realtà. Esse si riveleranno sempre delle approssimazioni alla vera natura delle cose. Per esprimerci in termini molto netti: gli scienziati non si occupano della verità; essi si occupano di descrizioni limitate e approssimate della realtà»<sup>69</sup>.

In queste affermazioni non è tanto importante la loro originalità (chi non ha consapevolezza, tra gli scienziati, che la conoscenza scientifica è sempre approssimata, per non parlare dei filosofi, per i quali questo è un ritornello assai vecchio che porta a dichiarare la scienza priva di valore conoscitivo, in favore dell'intuizione, come in Bergson, o della metafisica?). Tuttavia la sottolineatura di questo punto è sintomatica del fatto che i fisici hanno sempre più imparato a vedere l'evoluzione della conoscenza nei termini di una sequela di teorie o modelli, ciascuno dei quali è più accurato dei precedenti, ma sempre incompleto<sup>70</sup>. Ciò porta anche a

<sup>68</sup> B. MANDELROT, *Gli oggetti frattali*, Einaudi, Torino 1987, 8-9.

<sup>69</sup> F. CAPRA, *Verso una nuova saggezza*, Feltrinelli, Milano 1988,

58.

<sup>70</sup> Cfr. *ibid.*, 60.

rendersi conto dei meccanismi concettuali che stanno alla base della modellizzazione scientifica. Scrivono infatti Prigogine e Stengers:

«Per noi, il problema supplementare posto dalla meccanica quantistica, la coesistenza della reversibilità e della irreversibilità, è indicativo del fatto che l'idealizzazione classica che portava a descrivere il mondo dinamico come mondo «isolato» è impossibile per il mondo microscopico»<sup>71</sup>.

La procedura tipica della scienza classica, infatti, consiste nel «preparare il fenomeno studiato, purificarlo, isolarlo fino a che esso assomigli a una situazione ideale, fisicamente irrealizzabile, ma intellegibile per eccellenza, dal momento che incarna l'ipotesi teorica che guida la manipolazione»<sup>72</sup>.

Mi sembra che così arriviamo al cuore del modo di procedere della scienza: essa costruisce degli oggetti ideali non esistenti in natura in quanto solo ad essi sono applicabili le equazioni matematiche: la termodinamica non ha a che fare con i gas, ma con i gas *ideali*, la dinamica non tratta dei corpi, ma di corpi *perfettamente* rigidi ed elastici, la superficie su cui rotola la sfera di Galilei non è una superficie qualunque, ma una superficie *perfettamente* liscia e così via. Insomma le teorie scientifiche non parlano della natura, ma di un modello idealizzato di essa: scambiare tale modello con la natura e quindi ritenere che la realtà sia fatta di gas ideali, di corpi rigidi e così via sarebbe un grave errore epistemologico e una confusione concettuale. È, appunto, scambiare il piano epistemico per quello ontologico.

<sup>71</sup> I. PRIGOGINE - I. STENGERS, *La Nuova alleanza*, cit., 234.

<sup>72</sup> *Ibid.*, 41.

Di ciò è consapevole, a es., la Stengers quando introduce il problema della pertinenza:

«la pertinenza introduce l'idea che noi ne sappiamo sempre molto di più sul reale di quanto le nostre categorie ci permettono di costituire come oggetto, e che il rapporto di conoscenza non appare come un confronto nudo tra soggetto ed oggetto»<sup>73</sup>.

In tal modo la costruzione di modelli semplici ed idealizzati è indispensabile per «acostarsi a certi fenomeni in modo tale che si presentino come calcolabili»<sup>74</sup>. Se ne conclude che la scoperta della complessità

«avrebbe come prima caratteristica non quella di sostituire una evidenza oggettiva con un'altra, ma quella di introdurre il problema della pertinenza di uno strumento che fornisce i mezzi per giudicare il "reale" (ciò con cui abbiamo "a che fare") e per costituirlo come oggetto dalle categorie ben definite e che nello stesso tempo è suscettibile di essere giudicato dal reale stesso»<sup>75</sup>.

Ma da queste giuste considerazioni la Stengers passa a concludere che la sperimentazione è un approccio rischioso in quanto «presuppone la scommessa che il fenomeno isolato e riprodotto nelle condizioni di laboratorio sia essenzialmente lo stesso di quello che troviamo nella "natura"»<sup>76</sup>. In effetti il fisico che abbia piena consapevolezza del carattere modellizzante ed idealizzante di ogni teoria sa

<sup>73</sup> Cfr. I. STENGERS, *Perché non può esserci un paradigma per la complessità*, in G. BOCCHI - M. CERUTI, *op. cit.*, 69.

<sup>74</sup> *Ibid.*, 72.

<sup>75</sup> *L.c.*

<sup>76</sup> *Ibid.*, 73.

bene che il fenomeno riprodotto in laboratorio non è lo stesso, né può esserlo, di quello che invece accade in natura. Galilei di ciò era ben consapevole e infatti, alle critiche di Simplicio, che gli rimproverava di parlare solo di oggetti non esistenti (come le sfere perfette) replicava che per far scienza matematica occorre «diffalcare gli impedimenti della natura». Ma, di converso, se si vuole prevedere il comportamento di una sfera reale, è necessario reintrodurre tali impedimenti, cioè tener conto di ciò che prima si era ommesso: dell'attrito, della non rigidità etc. Ma in ogni caso, anche facendo ciò, tra il comportamento ideale previsto dalla legge e quello effettivamente osservato v'è una certa distanza che deve essere calcolata con le opportune procedure di approssimazione.

Può però accadere che questo complesso procedimento di mediazione tra natura e modello viene dimenticato e si finisce per scambiare continuamente il modello ideale con la realtà, attribuendo a quest'ultima quanto è tipico solo del modello. Così può capitare che il fisico pensi che la natura sia fatta di molecole perfettamente rigide che seguono le leggi della dinamica newtoniana; ma può anche capitare che il filosofo della scienza giudichi la fisica classica come inadeguata in quanto il mondo non è fatto di corpi che seguono esattamente le sue leggi. Così, es., Ceruti può dire a proposito della "nuova scienza":

«All'universo dei gas perfetti, degli orologi, dei piani inclinati, degli adattamenti reciproci si è sostituito l'universo delle strutture dissipative, dei quasar e dei buchi neri [...] All'universo dominato dagli stati di equilibrio, dall'uniformità delle situazioni e degli oggetti, dall'atemporalità delle leggi che lo regolano, si è sostituito un universo caratterizzato da stati lontani dall'equilibrio e in perenne evoluzione, dalla ricchezza e dalla varietà delle strutture e degli oggetti, dalla

possibilità stessa di mutamento delle leggi che lo regolano [...]. L'accento si sposta dalla semplificazione alla complessità»<sup>77</sup>.

Ma sarebbe più esatto dire: «Ad un modello idealizzato di universo in cui si assume che i corpi siano in stato di equilibrio etc., si è sostituito un modello di universo più concreto nel quale cade questa assunzione idealizzante e si studiano corpi non in equilibrio, e così via».

Non è una modifica puramente formale e di scarso peso. Se infatti si confondono le due formulazioni si potrebbe pensare che a una concezione "falsa" dell'universo ne sia succeduta una "vera"; che insomma a una visione irrealistica postulante enti dei quali sappiamo ormai la non esistenza, si sia sostituita una nuova scienza che invece ci fa cogliere "effettivamente" la realtà. Insomma alla scoperta del carattere modellizzante ed idealizzante della visione classica non si assocerebbe la consapevolezza che anche nella nuova scienza si fa uso di modelli ideali, venendosi così ad insinuarsi surrettiziamente l'idea che essa ci dia un approccio "diretto", finalmente adeguato, alla realtà.

Ma le cose non stanno affatto in questi termini: sia nella fisica classica che nella "nuova scienza" non si ha a che fare col reale, ma con dei modelli ideali e quindi la relazione tra le due non è altro che una relazione di concretizzazione: la "nuova scienza" non farebbe altro, in tal modo, che far cadere alcune assunzioni idealizzanti presenti nella fisica classica in modo da render conto di alcuni aspetti della realtà trascurati, e *pour cause*, dalla prima. Come dicono Prigogine e Stengers nel descrivere la transizione dai processi reversibili a quelli irreversibili

<sup>77</sup> M. CERUTI, *Il vincolo...*, cit., 10.

«l'irreversibilità scatta quando l'oggetto ideale che corrisponde alla conoscenza massima deve essere sostituito da concetti meno idealizzati tali da poter esser descritti da insiemi statistici»<sup>78</sup>.

In questo caso anche l'evoluzione della scienza perderebbe molto del suo fascino misterioso legato a concetti quali "mutamento paradigmatico", "rivoluzione", "incommensurabilità" etc. — tutti introdotti dalla cosiddetta nuova filosofia della scienza<sup>79</sup> —, e sarebbe concepibile in larga misura come un processo di concretizzazione successiva di modelli ideali, grazie al quale vengono messi in luce le assunzioni idealizzanti tacitamente ammesse in essi, con la conseguente modifica delle equazioni che reggono i sistemi fenomenici studiati<sup>80</sup>.

Quanto detto sta a significare che ogni teoria ha un suo *dominio* di applicazione che coincide col modello ideale che essa descrive: solo all'interno di questo essa è onniscienza e *intensive* simile a quella di Dio (come direbbe Galileo). La

<sup>78</sup> I. PRIGOGINE - I. STENGERS, *La Nuova alleanza*, cit., 234.

<sup>79</sup> Cfr. H.I. BROWN, *La nuova filosofia della scienza*, Laterza, Roma-Bari 1984.

<sup>80</sup> Una visione di questo tipo, legata alla concezione idealizzazionale della scienza, è stata portata avanti dal gruppo metodologico di Poznan, in Polonia. Per una analisi delle riflessioni epistemologiche legate a tale gruppo ci sia lecito rinviare a F. CONIGLIONE, *Realtà ed astrazione. Scuola polacca ed epistemologia post-positivista*, CUECM, Catania 1991. Si possono inoltre utilmente leggere alcune opere tradotte di appartenenti a questo gruppo, come a es. quelle di L. NOWAK (che ne è anche il principale esponente), *La scienza come idealizzazione*, Il Mulino, Bologna 1977; *The Structure of idealization*, Reidel, Dordrecht 1980. Inoltre per tale analisi dello sviluppo scientifico vedi W. KRAJEWSKI, *Correspondence principle and growth of knowledge*, Reidel, Dordrecht 1977.

"rivoluzione" nella scienza, allora, non è altro che la scoperta dei limiti di validità del dominio di una data teoria quando questa ha voluto, per analogia, estendere le sue formulazioni al di fuori di esso. Prigogine rivoluziona la termodinamica non perché ne rivela errate le formulazioni, ma in quanto ne esibisce i limiti di applicazione e quindi formula, per le strutture dissipative che stanno fuori del suo dominio, una nuova teoria. Ma questa nuova teoria, a meno di non confondere ancora una volta modello con realtà, è essa stessa la descrizione di comportamenti ideali all'interno di un modello; essa non descrive la "realtà" e quindi anche essa fa delle assunzioni idealizzanti per cui l'"oggetto della teoria" è diverso dall'oggetto reale. Ovviamente tali idealizzazioni si dislocano in punti diversi rispetto a quelli della termodinamica classica, ma in ogni caso esistono, a meno di non credere che la nuova termodinamica ci dia la conoscenza *assoluta* del reale.

Insomma, ogni teoria scientifica è "vera" all'interno del proprio dominio ideale e dei suoi limiti di applicazione. Può però accadere che spesso tale dominio non sia esattamente specificato e allora capita che una teoria venga estesa per analogia ad altri campi reali; quando si scopre che le assunzioni idealizzanti fatte dalla teoria ci fanno perdere le caratteristiche fondamentali del fenomeno indagato, venendo così la teoria a perdere ogni capacità di previsione, allora nasce l'esigenza di una nuova teoria che includa quanto dalla prima trascurato. Con ciò definendo un nuovo campo di applicazione. Con ciò la prima teoria non è stata dichiarata falsa, ma solo "vera all'interno del modello".

L'errore consiste nel "vivere nel modello", scambiandolo per il reale; o, viceversa, voler vivere così strettamente aderenti al reale da ritenere pervertente ogni tentativo di una sua modellizzazione. Il primo pericolo è

quello dello scientismo, il secondo quello del misticismo. Lo scientismo consiste non tanto nel prendere la scienza a modello di razionalità, ma piuttosto nel prendere i modelli costruiti dalla scienza come immediatamente referenziali, esplicativi della realtà in quanto tale. Il misticismo, invece, critica ogni processo di pensiero discorsivo in quanto ci allontanerebbe dal cogliere l'essenza profonda del reale, che solo l'intuizione o qualche altro surrogato del genere sarebbe in grado di fornirci. Contro entrambe le posizioni si deve sottolineare quello che è il modo imprescindibile con cui l'uomo si avvicina al reale, sia nella scienza che nel pensiero comune: la costruzione di modelli ideali che permettono di cogliere simbolicamente il reale. È singolare che un divulgatore scientifico, sebbene di qualità, come Gleick riesca a ben cogliere tale modo di procedere della scienza, proprio discutendo della nuova scienza del caos; ed è forse per tale ragione che non invoca alcuna "nuova razionalità", come invece abbiamo visto hanno fatto molti neofiti della complessità. Ecco, infatti come pone la questione:

«La scelta è sempre la stessa. Si può costruire un modello più complesso e più fedele alla realtà, oppure si può cercare di renderlo più semplice e più facile da manipolare. Soltanto lo scienziato più ingenuo crede che il modello perfetto sia quello che rappresenti perfettamente la realtà. Un tale modello avrebbe tutti gli inconvenienti di una carta topografica che fosse grande e dettagliata quanto la città che rappresenta, una carta che raffigurasse ogni parco, ogni strada, ogni edificio, ogni albero, ogni buca, ogni abitante e ogni carta topografica. Se una simile carta fosse possibile, la sua specificità la renderebbe inadatta allo scopo: quello di generalizzare ed astrarre. I cartografi mettono in evidenza gli elementi che

interessano ai loro clienti. Quale che sia il loro fine, carte e modelli devono semplificare oltre che imitare il mondo»<sup>81</sup>.

Una volta che ci si renda conto di ciò viene meno la necessità di postulare una "nuova razionalità" per sostituirla con l'esigenza di cogliere in modo più adeguato il carattere della razionalità che la scienza mette in atto. Ed è appunto qui che entra in gioco l'immagine di scienza trasmessaci da una data tradizione epistemologica. Infatti la concezione standard, consolidatasi sulla base dell'impostazione neopositivistica, si era caratterizzata proprio per il fatto di non essere stata in grado di tenere adeguatamente conto della funzione dei modelli nella scienza e quindi per aver del tutto trascurato la natura idealizzante degli asserti e delle teorie scientifiche. Ciò ha portato a una sorta di "crampo" epistemologico: da una parte l'epistemologia non è stata più in grado di tenere dietro all'evoluzione della scienza, finendo così per ritenerla irrazionale, e, d'altra parte, gli scienziati non sono riusciti più a riconoscere se stessi nei modelli di razionalità implicitamente assunti dall'epistemologia in vigore e scambiati per la ragione *tout court*, finendo per esprimere l'esigenza di una "nuova razionalità". Ha avuto insomma luogo un duplice scambio: si è scambiata una data immagine di razionalità scientifica, fornita da una determinata tradizione epistemologica, per la razionalità *tout court*, e si sono scambiati i modelli teorici del reale, elaborati all'interno di una certa scienza, per il reale in quanto tale. Sicché si è finiti poi per aspirare, nel primo caso, a una "nuova ragione" e, nel secondo caso, a una nuova scienza adeguata a una realtà diversa da quella descritta dalla vecchia scienza.

<sup>81</sup> J. GLEICK, *op. cit.*, 271-272.

Ci sembra che la vicenda della nascita della fisica del caos e la cosiddetta "sfida della complessità" costituiscano un esempio, sul piano non ovviamente scientifico ma su quello molto più delicato della riflessione filosofica ed epistemologica, di questo tipo di confusione.