

Federico Di Trocchio

APOLOGIA DEL CAOS.
CONSIDERAZIONI STORICHE E FILOSOFICHE
SU UNA TEORIA EMERGENTE

In un saggio molto denso e profondo, nonostante abbia conservato il tono colloquiale di una conferenza, Odo Marquard ha evidenziato l'enorme importanza dell'accidentale nell'etica e più in generale nelle scienze umane.

Punto di forza della sua argomentazione è l'impossibilità della scelta etica assoluta dal momento che la breve durata della vita «non ci da il tempo di attendere la conclusione della scelta assoluta di tutti gli orientamenti necessari alla vita»¹.

L'uomo dunque non può essere, come ha preteso ogni filosofia dell'assoluto, il risultato delle sue intenzioni: l'uomo non è e non può essere solo ciò che ha scelto di essere; è anche l'insieme delle scelte che gli sono o si è imposte per effetto di consuetudini, tradizioni, costumi, abitudini del sapere e dell'agire.

Queste ulteriori determinazioni sono accidentali in due sensi: da un lato alcune di esse potrebbero anche essere altrimenti se soltanto noi lo volessimo, altre invece sono accidentali perché potrebbero anche essere altrimenti ma non sono da noi modificabili (l'accidentale del destino).

¹ *Apologia del caso. Considerazioni filosofiche sull'uomo.* In O. Marquard, *Apologia del caso*, Bologna, 1981, pp. 141-159.

Questo insieme di determinazioni accidentali dell'agire finisce secondo Marquard per prevalere sicché: «più che attraverso la scelta, dunque tramite progetti, è attraverso i casi che noi trascorriamo la vita e giungiamo a noi stessi. Ma tutto questo non è, come vuole darci ad intendere la filosofia della scelta assoluta e dell'assolutizzazione dell'uomo, una sfortuna, dal momento che il caso non è una condizione assoluta mancata, bensì la nostra normalità storica condizionata dalla mortalità. Noi uomini siamo sempre più i nostri accidenti che non la nostra scelta» .

A questo quadro concettuale (che postula non solo la necessità della coesistenza tra necessario e accidentale in etica ma anche una certa prevalenza dell'accidentale) è utile rifarsi per tentare di valutare la rilevanza filosofica della teoria matematica del caos che costituisce indubbiamente uno degli aspetti più innovativi ed interessanti del dibattito scientifico contemporaneo. Una interpretazione filosofica oggi dominante e originata da I. Prigogine e R. Thom² ha presentato questa teoria come il segno tangibile della disfatta totale del determinismo e dell'avvento dell'epoca dell'accidentale. In realtà se si traccia, per quanto oggi è possibile, la storia recente e quella meno recente di ciò che oggi viene definita «teoria del caos»³ si è indotti a concludere che il significato filosofico di questa teoria è semmai quello del passaggio del determinismo ad una fase più matura e più critica caratterizzata dalla possibilità di spiegare la necessità di coesi-

² R. Thom, *Halte aux hasard, silence au bruit*, in E. Morin, *Audelà du déterminisme: le dialogue de l'ordre et du désordre*; I. Prigogine, *Loi, histoire... et désertion*. Questi articoli sono apparsi dapprima in «Le Débat» (1980), 3 e 6. Questi articoli sono ora raccolti in *La querelle du déterminisme. Philosophie de la science d'aujourd'hui*, Gallimard, Paris 1990.

³ Un buon numero degli articoli originali sul caos sono riprodotti in due volumi molto utili, che ne facilitano la consultazione: P. Cvitanovic, *Universality in Chaos*, Adam Hilger, Bristol 1984; Hao Bai-Lin, *Chaos*, World Scientific, Singapore 1984, o *Chaos II*, World Scientific, Singapore 1990. Per una presentazione divulgativa vedi J. Gleick, *Chaos*, Viking Penguin, New York 1989 [trad. L. Sosio, *Caos*, Rizzoli, Milano 1989]. I testi più interessanti della letteratura successiva sono: I. Steward, *Does God Play Dice?*, Penguin Books, London 1990; I. Ekeland, *Le calcul, l'imprévu*, Éditions du Seuil, Paris 1984, e *Au hasard*, Éditions du Seuil, Paris 1991; A.B. Çambel, *Applied Chaos Theory: A Paradigm for Complexity*, Academic, 1993; Charles Ruhla, *The Physics of Chance: From Blaise Pascal to Niels Bohr*, Oxford University Press, 1992. Per i primi tentativi di analisi storica cfr. M.A.B. Deakin, *Nineteenth Century Anticipations of Modern Theory of Dynamical Systems*, «Arch. for Hist. of Exact Sci», XXXIX, 1988, 2, pp. 183-194; G. Israel, *Il determinismo e la teoria delle equazioni differenziali ordinarie*, in «Physis», vol. XXVIII (1991) pp. 305-358.

stenza tra caso e necessità analoga a quella postulata da Marquard per l'etica.

Ciò è dovuto al fatto che la nuova teoria consente di raccordare determinismo e caso dimostrando la loro origine comune dal concetto matematico di caos.

Una tradizione plurisecolare ha imposto nella nostra cultura la disequazione e l'opposizione tra determinismo, ordine e prevedibilità da un lato e caso, disordine e imprevedibilità dall'altro. Il caos in questo contesto non era che un sinonimo del disordine prodotto dall'accidentalità. Il caos era inteso come un aspetto e anzi come il prodotto del caso. Il punto di forza della nuova teoria è l'individuazione di un tipo di equazioni a struttura deterministica che non implicano però la prevedibilità. In altri termini è stato scoperto un determinismo che genera caos e caso o se si preferisce, è stato scoperto un ordine nel caos.

Si tratta di una scoperta filosoficamente molto rilevante perchè evidenzia un tipo di determinismo che possiamo definire critico o post-meccanicistico in grado di presentarsi come la comune origine di ciò che da sempre abbiamo considerato come concetti epistemologicamente inconciliabili: determinismo e caso.

Nelle scienze umane e nell'etica questa svolta non avrà prevedibilmente grandi effetti dal momento che, come dimostra il saggio di Marquard, l'idea della coesistenza tra caso e necessità costituisce in questi ambiti un dato acquisito, per quanto in modo problematico, nel plurisecolare dibattito intorno ai problemi filosofico-teologici del libero arbitrio, della predestinazione e del destino, della provvidenza, nonchè sul problema del perchè dell'esistenza del male. Si può dire anzi che da questo punto di vista le scienze umane abbiamo anticipato e in un certo senso guidato le scienze ed in particolare la matematica.

Nella filosofia della scienza, e di conseguenza nella scienza stessa, la nuova teoria è destinata invece a produrre radicali mutamenti non solo in virtù dei concetti sui quali essa è fondata ma soprattutto perchè appare ormai abbastanza chiaro che i fenomeni caotici non sono una classe limitata dei fenomeni esperibili nel nostro universo ma costituiscono anzi la classe più estesa se non l'unica.

La scienza del Novecento ha visto il crollo del determinismo di Laplace e per due ragioni molto diverse. La prima è la meccanica

quantistica: un dogma fondamentale di questa teoria è il principio d'indeterminazione di Heisenberg, secondo il quale vi è una limitazione essenziale alla precisione con cui possono essere misurate la posizione e la velocità di una particella.

Su scala più grande, però, la fonte dell'imprevedibilità dev'essere cercata altrove. Alcuni fenomeni macroscopici sono prevedibili e altri no, e questa distinzione non ha nulla a che fare con la meccanica quantistica. Da questo punto di vista il crollo del determinismo è stato decretato dalla falsificazione matematica di uno degli assiomi fondamentali della meccanica classica: quello secondo il quale il moto di un oggetto (e quindi lo stato di un sistema fisico e le sue variazioni) può essere scomposto in un numero n di moti circolari uniformi (definiti in senso tecnico come moti quasi periodici).

Su questo assioma risultavano fondati il sistema del mondo delineato da Tolomeo nell'*Almagesto* (che era relativo alla sola meccanica celeste) e quello di Newton molto più potente perchè meno legato alla determinazione empirica dei moti degli astri e oltretutto non limitato all'astronomia ma applicabile a qualsiasi tipo di sistema meccanico⁴.

Alcuni lavori di H. Poincaré e L. Boltzmann individuarono la prima importante limitazione dell'approccio deterministico tipico

⁴ L'*Almagesto* di Tolomeo è dedicato alla determinazione delle funzioni periodiche f per le coordinate geocentriche degli astri, a partire dai dati sperimentali sui moti celesti: è noto che l'intero Sistema Solare allora noto, più le stelle fisse, poté essere rappresentato da Tolomeo per mezzo di 43 moti circolari uniformi (classificati in *deferenti ed epicicli*), con al più 5 per un singolo pianeta (Marte). Poiché una funzione multiperiodica f_A è determinata univocamente dal suo sviluppo di Fourier, si può dire che l'astronomia greca consisté nella determinazione empirica, cioè nelle osservazioni sperimentali, dei coefficienti di Fourier delle funzioni periodiche che descrivono il moto degli astri.

La fisica di Newton introdusse un nuovo fondamentale elemento, la legge di gravitazione universale, che permise di determinare a priori, sulla base di pochi dati iniziali, le funzioni f_A , e di limitare, a priori, il numero n delle frequenze indipendenti (ossia tali che $\sum_j \kappa_j v_j = 0$, con k_j interi, implichi $\kappa_j = 0$), con il numero di gradi in libertà. Concettualmente, dunque, il moto restava come nella concezione greca, ma ora si possedeva un algoritmo per calcolare le funzioni f_A , cioè si aveva una teoria a priori del «Sistema del Mondo»: così P.-S. de Laplace dimostrò con il suo trattato di meccanica celeste. La fisica newtoniana forniva inoltre la possibilità di una teoria dei moti dei sistemi meccanici di natura non astronomica. E la teoria dei moti dei sistemi più semplici, come oscillatori unidimensionali (pendoli), oscillatori armonici (corde vibranti), giroscopi, moti senza attrito su ellissoidi, consentì ancora di concepirli come moti risultanti di moti circolari uniformi: nella meccanica contemporanea i sistemi di questo tipo si chiamano *integrabili (per quadrature)*.

della meccanica classica. Essi dimostrarono infatti che i moti circolari uniformi (moti quasi periodici) non possono esaurire tutte le possibilità della fisica e che il cercare sempre di ridursi ad essi sarebbe pericolosamente riduttivo. In particolare l'approccio deterministico risultava inapplicabile proprio nella meccanica celeste dove l'impossibilità della soluzione del problema dei 3 corpi dimostrata da Poincaré nel 1889⁵ portò alla sorprendente conclusione che le equazioni del moto dei pianeti che si ricavano dalla formula di Newton possono essere scritte ma non possono essere risolte se non nel caso in cui si prendano in considerazione solo due pianeti (in pratica il Sole e un pianeta). Questo vuol dire che la descrizione deterministica della meccanica celeste è possibile solo se si trascurano le interazioni gravitazionali tra i pianeti e si prendono in considerazione volta a volta un pianeta ed il Sole. Se si prova a descrivere un sistema appena più complesso comprendente il Sole e due pianeti le equazioni di moto possono essere scritte ma non risolte. Questo vuol dire che i sistemi costituiti da un numero n (superiore a 2) di corpi non sono deterministici. I valori calcolabili per le orbite dei pianeti con i metodi della meccanica classica andavano dunque considerati come approssimazioni valide per un certo intervallo di tempo definito come *orizzonte di prevedibilità*. In seguito, nel 1903, Poincaré dimostrò che in ogni sistema in cui n sia superiore a 2 dopo un certo periodo si presentano necessariamente delle orbite instabili cioè tali per cui un piccolo cambiamento delle condizioni iniziali porta ad un cambiamento notevole dell'orbita. Si trattava del fenomeno che sarebbe poi stato detto della «dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali»⁶. Poincaré non chiamò tali sistemi «caotici» ma è abbastanza evidente che egli aveva già individuato le caratteristiche distintive di ciò che oggi chiamiamo «caos». Egli evidenziò anche con estrema chiarezza il fatto che l'imprevedibilità a lungo termine di questi sistemi (deterministici e tuttavia imprevedibili) riconduceva caso e determinismo ad un'unica radice concettuale⁷.

⁵ H. Poincaré, *Sur les problèmes des trois corps et les équations de la Dynamique*, «Acta Mathematica», XIII, 1890, pp. 1-270.

⁶ La dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali era stata già evidenziata dal matematico francese Jacques Hadamard (cfr. J. Hadamard, *Les surfaces à courbures opposées et leurs lignes géodésiques*, J. Math. pures et appl., vol. 4, 1898, 27-73) e dal russo Liapunov.

⁷ H. Poincaré, «Le hasard», cap. 4 di *Science et méthode*, Flammarion, Paris 1908.

Queste idee però non suscitarono un apprezzabile interesse tra gli scienziati né diedero luogo ad ulteriori sviluppi in campo matematico fino al 1963.

In quell'anno Edward N. Lorenz, del Massachusetts Institute of Technology scoprì un esempio concreto di sistema a poche dimensioni che ha un comportamento complesso⁸. Nel tentativo di chiarire le ragioni dell'imprevedibilità delle condizioni meteorologiche, Lorenz partì dalle equazioni del moto di un fluido (l'atmosfera può essere considerata un fluido) e semplificandole ottenne un sistema di equazioni molto semplice a 3 incognite.

Il sistema, nonostante la sua semplicità, si comportava in modo evidentemente aleatorio. Servendosi di un calcolatore digitale per simulare il proprio semplice modello, Lorenz chiarì che i meccanismi che davano luogo all'aleatorietà osservata erano due. Innanzitutto le perturbazioni microscopiche vengono amplificate fino a interferire con il comportamento macroscopico. Due orbite corrispondenti a condizioni iniziali prossime divergono con velocità esponenziale e quindi restano vicine tra loro soltanto per breve tempo. Nei sistemi deterministici la situazione è qualitativamente diversa, poiché le orbite vicine restano vicine l'una all'altra, gli errori piccoli restano limitati e il comportamento è prevedibile. In seguito questo meccanismo venne definito dallo stesso Lorenz come «effetto farfalla».

Il secondo meccanismo che generava l'aleatorietà del sistema era il fatto che esso aveva complessità o entropia positiva. Questo vuol dire che se si sceglie un dato iniziale a caso e se ne ricostruisce la storia si scopre che gli elementi che costituiscono la storia coincidono con una stringa casuale del tutto analoga alla serie di risultati ottenibili con il lancio di un dado perfetto.

L'importanza del lavoro di Lorenz stava nel fatto che egli aveva usato un modello molto semplice che tuttavia esibiva un comportamento altamente complesso e imprevedibile il che cominciò ad accreditare l'idea oggi unanimemente accettata che i moti quasi periodici sono in realtà un'eccezione mentre quelli di gran lunga più diffusi e importanti sembrano essere quelli prodotti dal caos⁹.

⁸ E.N. Lorenz, *Deterministic nonperiodic flow*, J. Atmos. Sci., vol. 20, 130-41 (1963).

⁹ Pochi anni dopo il lavoro di Lorenz, che nonostante tutto non destò particolare risonanza, apparve il lavoro, indipendente, di D. Ruelle e F. Takens. Prendendo le mosse da una critica alla concezione dei moti dei fluidi turbolenti come moti quasi periodici a molte frequenze, essi pervennero a un'affermazione che sorprese molti. La sua essenza è:

Il termine «caos» fece la sua apparizione nel 1975 in un articolo di James A. Yorke, un matematico dell'Università del Maryland¹⁰ il quale lo usò per designare una particolare situazione complicata determinata dal fatto che, per una classe estesa di applicazioni di un intervallo di retta in se stesso, l'esistenza di un punto periodico di periodo 3 implica l'esistenza di punti periodici di tutti gli altri periodi.

Il termine ebbe un successo straordinario, ma il suo significato venne notevolmente modificato ed esteso fino a coprire tutte le modificazioni di stato di sistemi complessi ad andamento imprevedibile. Oggi con il termine caos viene definita ogni evoluzione temporale con dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali¹¹.

Gli studi successivi sviluppatasi notevolmente a partire dalla fine degli anni settanta hanno seguito due direttive: da un lato si sono avute una serie di applicazioni nei settori più disparati dall'astronomia all'epidemiologia e dell'altro si è indagato dal punto di vista strettamente matematico sulla tipologia degli attrattori strani risultata sorprendentemente ricca¹².

Di recente è stata anche inaugurata proprio da Yorke ed altri una linea applicativa di tipo pratico tendente ad utilizzare i risultati

«anche supponendo che un modello per il moto di un fluido (cioè un'equazione differenziale dissipativa di evoluzione) dia luogo a moti che sono asintoticamente quasi periodici con almeno tre frequenze indipendenti, dovrebbe accadere che, modificando anche di pochissimo le equazioni, le nuove equazioni diano luogo a moti asintoticamente non più quasi periodici, bensì caotici perché descritti da (quello che fu chiamato) un *attrattore strano*».

cfr. D. Ruelle e F. Takens, *On the nature of turbulence*, Commun. Math. Phys., vol. 20, 167-92 (1971); vol. 23, 343 sg.

¹⁰ T. Li e J.A. Yorke, *Period three implies chaos*, Amer. Math. Monthly, vol. 82, 985-92 (1975).

¹¹ Questa è la definizione generica usata ad es. da Ruelle cfr. Ruelle, D., *Caso e caos*, Bollati Boringhieri, Torino, 1991 p.77, una definizione più rigorosa è quella di G. Gallavotti in *Enciclopedia della Fisica*, Roma, Ist. della Encicl. Italiana, 1992 la quale stabilisce che un moto si può dire «caotico se verifica un'equazione differenziale ordinaria o alle derivate parziali, e quindi deterministica, e se esiste almeno una grandezza osservabile A che, osservata al variare del tempo, è una funzione $t A(t)$ che non è funzione quasi periodica del tempo, o almeno ha un numero di frequenze indipendenti superiore al numero di gradi di libertà».

¹² Dapprima alcuni fisici e matematici, e in seguito molti altri, si misero al lavoro sugli attrattori strani e sulla dipendenza sensibile delle condizioni iniziali. Si riconobbe l'importanza delle idee di Edward Lorenz. J. Wisdom, *Chaotic behavior in the solar system*, Proc. Royal Soc. London, vol. 413 A, 109-29 (1987).

D. Ruelle, *Deterministic chaos: the science and the fiction*, Proc. Royal Soc. London, vol. 427 A, 241-48 (1990).

della teoria per correggere e dirigere con piccoli opportuni interventi sistemi fisici caotici¹³.

Tuttavia come sottolinea Ruelle, uno dei protagonisti: « la teoria è in uno stato molto insoddisfacente, in quanto non si conoscono metodi, altro che empirici e di dubbia generalità, per prevedere a priori se una certa evoluzione generi moti caotici e, se sì, con quale scenario e in corrispondenza di quali valori dei parametri di controllo. Esiste ormai una grande messe di dati che si possono classificare sulla base di pochi scenari, ma non si conosce un'utile teoria unificatrice».

Nonostante ciò quella del caos appare oggi come una teoria potenzialmente rivoluzionaria ed estremamente interessante dal punto di vista filosofico.

Nel valutare l'impatto che questa teoria può avere nella filosofia della scienza e nella scienza è utile prendere le mosse dall'analogia già sottolineata tra essa e i risultati ottenuti nel campo dell'etica dalla filosofia. In altri termini il punto di vista più generale per valutare il peso filosofico-scientifico della teoria del caos sembra essere quello che fa consistere l'importanza di questa teoria nella scoperta di una *normatività non deterministica* che viene proposta come base comune per l'interpretazione sia dei fenomeni deterministici che di quelli casuali. Va anche sottolineato che il fondamentale venir meno della prevedibilità sottolinea una volta di più l'analogia con quanto è accaduto nell'etica dove, come abbiamo visto, Marquard mette in evidenza non solo la necessità della coesistenza tra determinismo e indeterminismo ma anche una certa prevalenza del caso che giustifica il titolo dato al suo saggio: *Apologia del caso*.

Una volta adottata questa prospettiva si può tentare di valutare quali conseguenze e quali cambiamenti comporti la nuova teoria nella concezione generale della scienza.

E' evidente innanzitutto che la nuova teoria comporti una notevole riduzione delle pretese del determinismo. La descrizione deterministica in senso classico non può più costituire il tipo di spiegazione privilegiato della scienza non più e non solo per quanto presupposto dalla meccanica quantistica ed in particolare dal principio di indeterminazione ma anche perché in generale ogni descrizione deterministica appare temporalmente e spazialmente

¹³ Troy Shinbrot, Celso Grebogi, Edward Ott & James A. Yorke, *Using small perturbations to control chaos*, «Nature», 363, 3 June 1993

limitata perché è costretta a prescindere da piccole variazioni delle condizioni iniziali che sono invece risultate fondamentali e contemporaneamente, per presentarsi come spiegazione deterministica rigorosa, è costretta a semplificare enormemente la complessità del sistema. Da questo punto di vista la teoria del caos viene a rafforzare la crisi del determinismo scientifico aperta e sostenuta dalla meccanica quantistica.

L'esistenza del caos ha inoltre notevoli conseguenze per il metodo scientifico stesso. Il metodo classico per verificare una teoria è fare previsioni e confrontarle poi con i dati sperimentali. Ma se i fenomeni sono caotici, le previsioni a lungo termine sono intrinsecamente impossibili e nel giudicare la bontà della teoria si deve tener conto anche di questo. Quindi il procedimento di verifica di una teoria diviene un'operazione molto più delicata, basata su proprietà statistiche e geometriche anziché su previsioni particolareggiate.

Un altro aspetto rilevante è costituito dalla crisi del riduzionismo anch'essa dovuta alla importanza oggi attribuita nei sistemi complessi alle piccole variazioni. Questa sensibilità fa sì che come lo stato temporalmente immediatamente successivo di un sistema non possa essere previsto a rigore a partire da quello immediatamente precedente così un livello superiore di organizzazione non può essere ridotto a quello inferiore.

Le due conseguenze più importanti sembrano tuttavia essere da un lato la necessità di ridefinire lo stesso concetto di legge naturale e dall'altro il conseguente venir meno, sul piano sperimentale, dell'importante caratteristica della ripetibilità dei fenomeni che costituisce un postulato fondamentale della scienza moderna.

Se la normatività delle leggi fisiche non va più intesa in senso rigorosamente deterministico va accettata l'idea già proposta da *Boutroux*¹⁴ che le leggi fisiche siano puramente accidentali.

Boutroux attribuiva tale accidentalità al fatto che non è possibile spiegare perché le leggi di questo universo siano esattamente queste e non altre. La teoria del caos conferma questo punto di vista nel momento in cui, sottolineando l'importanza cruciale della dipendenza sensibile dalle variazioni iniziali e dalle piccole perturbazioni, dimostra come gli stati successivi di un sistema non siano prevedibili sulla base della descrizione di quelli precedenti (per quanto siano da

¹⁴ E. *Boutroux*, *De la Contingence des lois de la nature*, Paris, 1874.

questi determinati) dal momento che tale determinazione è in realtà una autodeterminazione istantanea che fa assomigliare il comportamento di un sistema fisico a quello di un individuo. In altri termini i possibili stati assunti da un sistema nella sua evoluzione sono determinati ma non in modo univoco dallo stato che si assume come iniziale nella sua descrizione. Come il comportamento di un uomo il sistema può assumere infiniti e imprevedibili stati a partire da quello considerato. Questa normatività non deterministica ma accidentale implica che anche le leggi che vorranno descrivere l'evoluzione di quel sistema saranno accidentali tanto che si potrebbe concludere più in generale che l'universo in quanto sistema fisico non obbedisce a leggi ma è un sistema autodeterminato. Le regolarità in esso riscontrabili sono dunque puramente accidentali perché la loro imprevedibilità è essenziale (cioè strettamente connessa alle caratteristiche stesse del sistema) e non attribuibile, come avviene nel calcolo delle probabilità, alla impossibilità tecnica di operare previsioni da parte di un soggetto.

Le teorie contemporanee arricchiscono però questa accidentalità di ulteriori significati. La legge fisica viene oggi sostanzialmente concepita come un algoritmo o una espressione abbreviata che consente di mettere ordine in una successione casuale di stati o di fenomeni in modo da comprimerli in una singola formula. Secondo l'astrofisico John D. Barrow :«In pratica l'intelligibilità del mondo coincide con il fatto che esso risulti algoritmicamente comprimibile: noi sostituiamo sequenze di fatti e di dati osservativi con enunciati abbreviati che hanno il medesimo contenuto di informazione, e queste abbreviazioni spesso le chiamiamo «leggi di natura». Se il mondo non fosse algoritmicamente comprimibile, non esisterebbero leggi di natura semplici. Invece di utilizzare la legge di gravitazione per calcolare le orbite dei pianeti in un momento qualunque della storia, dovremmo registrare con precisione le posizioni dei pianeti in tutte le epoche passate; e comunque ciò non ci sarebbe del minimo aiuto per predire dove essi saranno in un qualsiasi momento del futuro. Il mondo è potenzialmente ed effettivamente intellegibile perché a qualche livello è in larga misura algoritmicamente comprimibile»¹⁵.

¹⁵ J.D. Barrow, *Teorie del tutto*, Milano, 1991, pp. 359-360; sulla natura della legge fisica v. anche R. Feynman, *The Character of Physical Law*, MIT Press, 1965, trad. it. Torino, 1992.

Il fondamento di tale compressibilità viene oggi posto nel cosiddetto «principio antropico» che stabilisce una sorta di corrispondenza biunivoca tra questo universo fisico e le capacità mentali di *Homo sapiens*.

Sembra infatti indubitabile che, come sostiene Barrow, un certo livello di predicibilità e un certo livello di capacità innata di predire costituiscono i requisiti fondamentali per una possibile evoluzione e sopravvivenza degli oggetti biologici. In altri termini la possibilità della scienza vale a dire di individuare delle regolarità nel sistema fisico universo dipende non tanto dall'accordo e dalla corrispondenza risultati sempre problematici per la filosofia tra soggetto e oggetto quanto più semplicemente per il fatto che se non esistessero regolarità nell'universo e se l'animale uomo non fosse biologicamente in grado di individuare tali regolarità verrebbe meno la possibilità stessa della scienza semplicemente perchè l'animale uomo anche se fosse apparso non sarebbe riuscito a sopravvivere.

Questa precondizione empirica della scienza costituisce il contenuto di ciò che è stato definito «Principio antropico».

Questo principio è stato proposto originariamente da R.H. Dicke e poi B. Carter in sostituzione del principio copernicano che a loro avviso andava abbandonato¹⁶. Il principio copernicano stabiliva che la posizione dell'osservatore terrestre non poteva e non doveva risultare privilegiata in alcun senso. Esso giunse ad assumere la sua forma più drastica nella teoria cosmologica dello stato stazionario elaborata intorno al 1950 secondo la quale non solo qualsiasi osservatore non poteva pretendere di possedere una posizione particolare nello spazio ma neppure nel tempo risultando impossibile in questo quadro teorico un qualunque riferimento cronologico preferenziale. Negli anni successivi tuttavia la riflessione sulle costanti universali come la velocità della luce c , la costante di gravitazione G , la costante di Planck h etc. che sono alla base delle

¹⁶ Sul principio antropico cfr. Dicke, R.H. *Dirac's cosmology and Mach's principle*, *Nature*, 192, (1961) 440; Carter, B. *Large number coincidences and anthropic principle in cosmology*, in *Proc. I.A.U. Symposium*, 63: *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data* (ed. M.S. Longair), Reidel, Dordrecht, 1974;

Carter, B. *The anthropic principle and its implications for biological evolution*, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, 1983, A310, 347; J.D. Barrow and F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford UP, 1986; B.J. Carr and M.J. Rees, *The Anthropic Principle and the Structure of the Physical World*, «*Nature*» 278, (1979), 605; P.C.W. Davies, *The Accidental Universe*, Cambridge UP, 1982; J. Gribbin and M.J. Rees, *Cosmic Coincidences: Dark Matter, Mankind, and Anthropic Cosmology*, Bantam, 1989.

leggi della fisica ha portato a concludere che in linea molto generale le leggi della fisica rimarrebbero qualitativamente le stesse anche se tali costanti fossero cambiate in virtù delle relazioni numeriche molto semplici che sono state evidenziate tra queste costanti universali. L'esistenza di tali relazioni numeriche indusse a formulare il principio antropico secondo il quale le costanti fisiche possono avere solo i valori che effettivamente hanno o valori che da questi differirebbero di molto poco, perché in caso contrario l'universo non si sarebbe prestato a generare gli esseri umani che stanno compiendo le osservazioni, e la cui esistenza è indispensabile affinché qualcosa dell'universo venga di fatto conosciuto dal proprio interno.

L'aspetto notevolmente imbarazzante dal punto di vista filosofico-scientifico connesso a questo principio è il recupero in fisica del teleologismo. Recupero che non sembra imbarazzare invece assolutamente gli scienziati i quali pensano come Nicolò Dallaporta che il principio antropico «vada inteso essenzialmente come un primo richiamo all'opportunità di far riemergere un tanto di finalità nel puro dominio della fisica». Questo recupero di finalità corrisponde in sostanza a riammettere l'idea che l'origine dell'universo vada attribuita ad una intenzione intelligente la quale avrebbe dovuto prevedere i giusti valori delle costanti fisiche affinché in tale universo un giorno si sviluppasse la vita.

Dal punto di vista della storia e della filosofia della scienza la necessità di un tale recupero del finalismo non può essere guardata che con sospetto dal momento che i principali successi della ricerca scientifica sembrano dover essere attribuiti al punto di vista opposto al finalismo come esemplificano abbastanza bene i casi della rivoluzione copernicana e di quella darwiniana.

E' proprio da questo punto di vista che la teoria del caos può risultare particolarmente rilevante dal punto di vista filosofico perché sembra in grado di offrire gli strumenti per esorcizzare un tale recupero del finalismo.

La ragione che ha spinto gli scienziati ad adottare il principio antropico è infatti la stessa che spinse Hegel a sostenere che «la considerazione filosofica non ha altro intento se non quello di rimuovere l'accidentale», e che Marquard ha scelto come spunto di partenza per la sua «apologia del caso». Il padre del principio Antropico Brandon Carter in un saggio recente discute ad esempio un aspetto particolare della corrispondenza tra caratteristiche

biologiche dell'uomo e caratteristiche fisiche dell'universo: la corrispondenza tra il tempo impiegato dall'evoluzione biologica per produrre l'uomo e le stime attuali del tempo che impiegherà il Sole ad estinguersi. «Se la nostra evoluzione biologica avesse proceduto più lentamente di un fattore 2 circa in rapporto alla velocità di evoluzione termonucleare del Sole noi non saremmo mai giunti all'esistenza se non troppo tardi»¹⁷.

Questo singolare accordo non può essere, secondo Carter, il frutto di una coincidenza puramente accidentale: «Una congiunzione di questo tipo ha proprio il marchio di un effetto di selezione antropica, essendo chiaramente inspiegabile (tranne che, in modo poco plausibile, come una fortunata coincidenza) per mezzo di qualche concepibile meccanismo alternativo di natura più diretta»¹⁸.

In altri termini si rifiuta l'idea di una coincidenza accidentale e poichè non pare ipotizzabile alcuna altra spiegazione si ricorre all'ipotesi finalistica di una autoselezione interna che ha fatto sì che questo universo si creasse un osservatore adatto a indagarlo.

Ma è proprio impossibile concepire la congenialità tra universo e uomo come una coincidenza accidentale? La teoria del caos sembra deporre a favore di una tale possibilità. All'interno di questa teoria infatti la singolare e provvidenziale corrispondenza tra le costanti del nostro universo fisico e le capacità mentali di *Homo sapiens* può essere vista come una coincidenza accidentale nel senso che tale termine viene ora ad assumere: vale a dire come evento imprevedibile benchè prodotto da un processo fisico descrivibile da equazioni deterministiche ma non lineari.

Il senso filosofico più generale della teoria del caos sembra infatti essere quello di una teoria degli eventi singolari, una scienza dell'imprevedibile e dell'irripetibile; il fondamento matematico di un'indagine sui mondi possibili intesi come singoli aggregati di coincidenze assolute. Essa dunque rende in particolare possibile trascendere il principio antropico (che diventa l'esempio tipico di una coincidenza macroscopica indagabile attraverso la teoria del caos) e consente dunque alla scienza di occuparsi anche di universi diversi da quello in cui viviamo. Questo in pratica vuol dire che la teoria del

¹⁷ B. Carter, *Il principio antropico: l'autoselezione come aggiunta alla selezione naturale*, in S.K. Biswas, D.C.V. Mallik, C.V. Vishveshwara, *Prospettive cosmiche*, Padova 1991, p. 270

¹⁸ *Ibid.*

caos, una volta sviluppata, includerà la meccanica quantistica come una sua parte e che quando i fisici quantisti avranno elaborato la loro «teoria del tutto» il compito della fisica, e più in generale della scienza, non sarà finito¹⁹. Sarà ancora possibile dire con Bacone «multi pertransibunt et augebitur scientia». La garanzia di questa ulteriore possibile evoluzione dell'indagine scientifica al di fuori e oltre il nostro universo sembra oggi fondarsi sulla corrispondenza tra la teoria del caos e il processo caotico di genesi e modificazione degli oggetti e dei fenomeni fisici sia nel nostro che in altri universi possibili. Benchè a rigore non si possa dire che il principio antropico venga in tal modo abolito esso viene tuttavia riformulato in modo molto debole e apparentemente compatibile coi risultati più significativi dell'indagine storica e filosofica sulla scienza. E tutto questo per le straordinarie qualità di un concetto a lungo trascurato: il caos che oggi ci appare come la comune fonte della necessità e del caso. E' il caos che giustifica quel prevalere dell'accidentale che ha indotto Marquard a tentare una apologia del caso ed è dunque doveroso precisare che è proprio in favore del caos, piuttosto che del caso, che il filosofo deve oggi interporre una buona parola.

¹⁹ Sulla teoria del tutto e sulla fine della fisica cfr. J.D. Barrow - J. Silk, *The Left Hand of Creation*, Basic, 1983; J.D. Barrow, *The World Within the World*, Oxford UP, 1988.

J.D. Barrow, *Theories of Everything: the quest for ultimate explanation*, Oxford UP, 1991, (Vintage 1992) trad. it. *Teorie del tutto*, Milano, 1991 ; Steven Weinberg, *Dreams of a Final Theory*, Pantheon/Hutchinson; 1993 trad. it. *Il sogno dell'unità dell'Universo*, Milano, 1993, S. Hawking, *Inizio del tempo e fine della fisica*, Milano, 1992.