

SYNESIS

periodico dell'associazione italiana centri culturali
trimestrale

anno I, n. 2/3, ottobre 1984

aic

Determinismo, indeterminismo e causalità

di Evandro Agazzi

Da un certo punto di vista può apparire addirittura stucchevole riprendere il discorso circa una questione come quella enunciata nel titolo di questo articolo, sulla quale tanto si è scritto e discusso, a partire dagli anni stessi in cui fu formulato il principio di indeterminazione di Heisenberg.

Eppure non si può dire affatto che la questione, anche dopo le lunghe diatribe che l'hanno caratterizzata per più di mezzo secolo, sia stata veramente risolta, e di ciò è prova il suo periodico risorgere, il riaccendersi dei dibattiti non già da parte di persone incompetenti o disinformate, ma proprio da parte di fisici e di filosofi tra i più competenti e preparati (l'esempio di Einstein è soltanto il più famoso, ma non è certamente l'unico e meno che mai il più recente). Al massimo possiamo dire che il problema viene di tanto in tanto accantonato, o *messo a tacere*, in seguito ad una impressione di sterilità degli sforzi prodotti per risolverlo, ma questa circostanza non autorizza affatto a scrollarselo di dosso e a guardare con aria di sufficienza, magari ironica, coloro che lo riprendono, quasi che essi si affaticassero su una questione già risolta e definita, come accade, ad esempio, per coloro che si sforzano di mostrare la possibilità del moto perpetuo o la dimostrabilità del postulato della parallela a partire dagli altri assiomi della geometria euclidea.

Ma allora, come mai questo problema è ancora tanto intricato, al punto da apparire a molti come una questione insolubile e perfino oziosa? La ragione risiede fondamentalmente in una notevole confusione di piani che si riscontra quasi sempre quando esso viene affrontato e la conseguenza di tale confusione è che, quand'an-

Conferenza tenuta il 10 gennaio 1984 presso il Centro Culturale San Carlo di Milano, nell'ambito del primo ciclo dei «Lunedì scientifici». Evandro Agazzi è

Ordinario di Antropologia Filosofica e Filosofia della Natura nell'Università di Friburgo.

che certe *soluzioni* vengono probantemente delineate, esse finiscono con l'apparire insoddisfacenti perché non è chiaro su quale, appunto, dei diversi possibili piani esse si collochino. In altri termini, il problema *non è semplice*, non già però nel senso banale secondo cui 'non semplice' significa talora 'difficile' (certamente esso è anche difficile), bensì nel senso più esatto secondo cui 'non semplice' equivale a 'complesso', ossia a 'composito'.

Ebbene, l'unica strategia ragionevole per esaminare un qualunque problema composito (sia esso di natura matematica, scientifico-sperimentale, etica, politica, filosofica) è quello di *analizzarlo*, sceverandone le diverse componenti e individuando, per ciascuna di esse, quale potrebbe essere il senso di una sua eventuale *soluzione*. Tanto per dare un paio di esempi familiari a tutti: il problema della *quadratura del cerchio* non si può dire che sia né solubile, né insolubile se non si precisa il piano che si accetta per la sua eventuale *soluzione*; esso è infatti insolubile se lo vogliamo affrontare unicamente con riga e compasso (e la dimostrazione di tanta insolubilità è appunto, in senso proprio, una soluzione, sia pure in senso negativo, di esso); esso è invece solubile se si accetta di poter impiegare a tale scopo certe curve trascendenti, o altri mezzi forniti dall'analisi. Analogamente, non è corretto dire che le equazioni algebriche di grado superiore al quarto sono *insolubili*, se non si aggiunge che esse sono insolubili *per radicali*, ossia con i mezzi dell'algebra tradizionale (e il teorema di Ruffini-Abel che dimostra tale insolubilità è, ancora una volta, una soluzione, sia pure in senso negativo, della questione); esso è invece notoriamente solubile su un altro piano, ossia nell'ambito dell'analisi, in cui si ammette il ricorso a funzioni trascendenti, e a particolari mezzi di calcolo.

Nel caso del nostro problema, fra l'altro, si deve riconoscere che proprio la mancata distinzione dei piani è stata responsabile non soltanto delle confusioni già dette, ma anche di una inopportuna atmosfera di emotività e di partigianeria che ha molto spesso avvolto la discussione di esso. Infatti la scoperta del principio di indeterminazione (per sorvolare su altri fatti precedenti) fu salutata da non pochi autori, allineati in correnti di pensiero positivistiche e antimetafisiche, come una refutazione empirica del principio di causalità, ossia di uno dei capisaldi di molta filosofia tradizionale e, specialmente, di parecchie dottrine metafisiche. In realtà, come vedremo più avanti, il principio di indeterminazione non ha, né può avere, un simile significato: tuttavia è interessante rilevare come parecchi difensori di questo principio, scesi in campo in quanto desiderosi di salvaguardare la sua legittimità per ragioni filosofiche generali e metafisiche in particolare, finissero con l'ac-

cettare per la sua difesa proprio il terreno sbagliato scelto dai loro avversari, senza rendersi conto, cioè, che su tale terreno il principio in parola né si attacca, né si difende.

Per non cadere anche noi nel medesimo errore, incominciamo col distinguere il principio di causalità da un lato e il principio del determinismo dall'altro e mostriamo come essi si collochino su piani diversi. Del *principio di causalità* si possono dare, e sono state date di fatto nella storia del pensiero, formulazioni diverse. Quella che riteniamo più adeguata, e comunque quella a cui ci atterremo nel corso della nostra discussione, è la seguente: *tutto ciò che diviene ha una causa*.

Utilizzando la nozione di *divenire*, che è concetto tecnico della filosofia, copriamo nello stesso tempo un'accezione *larga* di esso e una accezione *ristretta*. Secondo l'accezione larga, il divenire denota anche l'apparire di qualcosa che prima non era, o lo scomparire di qualcosa che prima era, mentre nell'accezione ristretta il divenire denota soltanto il *mutare* di qualcosa che già esiste. Per la formulazione del principio di causalità è opportuno assumere il concetto di divenire in entrambe le sue accezioni, in quanto si intende affermare che tanto l'*accadere* di qualche cosa, quanto il *mutare* di qualche cosa richiedono una causa. Naturalmente, una discussione filosofica rigorosa richiederebbe a questo punto un'analisi adeguata dello stesso concetto di *causa*, molto delicata e sottile in realtà, che però non è necessaria ai nostri fini ristretti, potendo noi accontentarci di far riferimento alla nozione intuitiva e corrente, secondo cui la causa di un evento è una qualunque cosa che lo ha provocato, ossia quella cosa senza cui l'evento non sarebbe accaduto. Dal momento che nella nozione di evento si può far rientrare tanto l'accadere di qualcosa che prima non era, quanto il mutare di qualcosa che già era (in fondo, lo stesso mutare è un accadere, perché in esso accade qualcosa di nuovo a ciò che esiste, accade appunto un cambiamento), potremo riformulare il principio di causalità in questo modo meno tecnico e più vicino al nostro linguaggio quotidiano: *qualunque evento ha una causa*.

Osserviamo che il principio di causalità così formulato si colloca sul piano *metafisico*, esso è cioè un principio metafisico. La qualifica di metafisico, per altro, non può essere intesa nel senso banale e irrisorio che tanto spesso le viene attribuito da parte di certa cultura contemporanea di stampo ottusamente scienziata e positivista, secondo cui 'metafisico' equivale a 'campato in aria', a 'irrazionale', a 'emotivo', a 'acritico'. La nozione di metafisica è stata caratterizzata lungo la storia del pensiero in diversi modi molto 'seri' ed accurati e noi scegliamo fra questi (pur senza con-

testare la legittimità di altre definizioni, purché esse vengano fornite in modo chiaro ed esplicito) la caratterizzazione più antica e in certo senso più basilare, secondo cui la metafisica è uno *studio della realtà in quanto tale*. Pertanto, un principio metafisico, come appunto quello di causalità, è una proposizione che intende valere per la realtà in quanto tale, ossia per ogni tipo di realtà, ivi compresa quella fisica. Dunque, non è vero che i principi metafisici valgono soltanto, nell'intenzione di chi li enuncia, per le realtà per così dire astratte, o soprasensibili (anche se il loro uso è di importanza fondamentale proprio per cercare di accedere al piano di tali realtà): essi valgono anche per le realtà tangibili, misurabili, sperimentabili ed è proprio questa la ragione per cui essi stessi possono sottostare a una qualche forma di verifica e anche di *falsificazione*. Per esempio, un principio che asserisse che tutto quanto esiste è opera dell'uomo sarebbe indubbiamente di natura metafisica, e tuttavia verrebbe facilmente confutato dall'esperienza.

Si noti che il principio di causalità, come del resto tutti i principi metafisici, è una delle condizioni per la *intelligibilità* del reale (cosa diversa dalla pretesa della sua *razionalità*), nel senso che senza l'uso di esso il reale ci risulterebbe *incomprensibile*. Per tale ragione, l'uso implicito di tale principio si riscontra tutte le volte che l'uomo si chiede il *perché* di qualche evento e cerca di dare una risposta a tale domanda; pertanto tale principio risulta implicitamente applicato tanto nelle forme del pensiero mitico, quanto in quelle del pensiero religioso, quanto infine in seno al pensiero filosofico, il quale altro non fa se non renderlo *esplicito* e tentarne una definizione o formulazione verbale. Per tale ragione, il principio di causalità è implicito anche nel pensiero scientifico, nella misura in cui questo si presenta proprio come una proposta di comprensione e di spiegazione di certi aspetti della realtà, ossia nella misura in cui esso si sforza non soltanto di constatare *che* certi fenomeni sono accaduti o accadono in un certo modo, ma cerca di stabilire *perché* essi accadono in quel dato modo.

Naturalmente, proprio perché la metafisica non è il regno dell'arbitrario, dei liberi voli del pensiero incurante di ogni controllo, i vari principi metafisici, e quello di causalità fra essi, sono stati oggetto durante i secoli di vari tentativi di *fondazione*, i quali sono di natura schiettamente filosofica e sui quali non ci è possibile soffermarci in questa sede. Ci basti ricordare sommariamente, tanto per dare un paio di esempi, che secondo Aristotele la fondazione del principio di causalità si ritrova analizzando la struttura dell'essere, mentre per Kant (in seguito a una serie di ragioni storiche note a ogni sia pur modesto cultore di storia della filosofia) la sua fondazione avviene attraverso un'analisi della struttura del-

la nostra ragione. In entrambi i casi, si riconosce che il principio in questione è una condizione indispensabile per l'intelligibilità del reale e la differenza consiste in questo: per il filosofo antico ciò dipende dal fatto che il reale è organizzato secondo una struttura causale, mentre per il filosofo moderno ciò dipende dal fatto che noi non possiamo *pensare* un evento senza situarlo in una dipendenza del tipo causa-effetto. È pure ben noto che al principio di causalità sono state rivolte non di rado, proprio in seno alla filosofia, delle critiche, fra le quali resta particolarmente famosa quella di Hume. Si tratta però di vedere a quale formulazione di questo principio tali critiche si indirizzano: quella stessa di Hume, per esempio, non tocca la formulazione che noi ne abbiamo dato in precedenza, bensì quella secondo cui si afferma che, di due eventi A e B, A è causa di B se e soltanto se, una volta posto A, B segue necessariamente. Ora, osserva Hume, dal punto di vista empirico si può solo constatare che, ogni volta che si è verificato A, B gli è seguito nel tempo (per esempio, che la palla da biliardo B si è messa in moto tutte le volte che essa è stata urtata da un'altra palla A), ma noi non possiamo constatare empiricamente che l'accadere di A *produce* l'accadere di B (nel qual caso il nesso di causalità avrebbe un fondamento empirico), ma non possiamo neppure dire che tale successione necessaria abbia un fondamento logico, perché è del tutto possibile *pensare* che B non accada pur dopo che A si sia verificato.

Non avendo né fondamento logico, né fondamento empirico, conclude il filosofo scozzese, il principio di causalità (si badi bene, nel modo di formularlo testé esposto) non ha alcuna cogenza, alcun vero fondamento, riducendosi all'effetto di un'abitudine nel riscontrare una data successione temporale di eventi, che induce in noi una fiducia puramente psicologica nel ripetersi di tale successione anche in futuro. Ebbene, il discorso di Hume non significa affatto negare che ogni evento ha una causa: egli stesso, infatti, non afferma che la palla B si potrebbe mettere in movimento *senza alcuna causa* e, se anche si ammettesse che essa possa farlo spontaneamente, si attribuirebbe questo fatto ad una sconosciuta causa *interna*, piuttosto che al sopravvenire dell'urto con la palla A.

Lasciando ora il discorso filosofico, ci pare del tutto evidente che neppure i più accaniti difensori dell'indeterminismo fisico siano disposti ad ammettere che un evento (ivi compresi gli eventi atomici e subatomici) possa accadere *senza alcuna causa* e ciò è già sufficiente per constatare che il principio metafisico di causalità non viene intaccato dall'indeterminismo. Si badi, d'altronde, che il principio di causalità, così inteso, è addirittura compatibile con una concezione largamente casualistica della natura. Ammet-

tere infatti che molti fenomeni, o addirittura che tutti i fenomeni di un certo campo, avvengono *per caso*, non significa affatto dire che essi avvengono senza causa, ma soltanto sostenere che le loro cause sono del tutto accidentali, o aleatorie, o fortuite. Tipico esempio in tal senso può essere la teoria darwiniana (e specialmente neo-darwiniana) dell'evoluzione, secondo cui l'apparire di nuove forme di vita è la conseguenza di eventi accidentali (ad esempio di improvvise mutazioni genetiche) che producono negli organismi variazioni fenotipiche capaci di essere *selezionate* positivamente dall'ambiente. Anche qui si deve dire, da un canto, che la (vera o presunta) mutazione accidentale è già una delle cause dell'affermarsi della nuova forma di vita, che l'azione selettiva dell'ambiente è già un complesso di ulteriori cause nel medesimo senso e che, infine, le leggi della chimica e della biologia che regolano la vita degli individui sottoposti alla mutazione e alla selezione sono ulteriori cause da prendere in considerazione (tutto ciò, ovviamente, a prescindere dalla correttezza di questo modello, o quanto meno della sufficienza delle forme di causalità che esso ammette, a proposito delle quali lo scetticismo è oggi quanto mai diffuso e motivato).

Passiamo ora al principio del *determinismo* e incominciamo con l'osservare che esso occupa una posizione ambigua a diversi titoli, risultando affermato talora come una tesi di filosofia della natura, talaltra come un principio scientifico (senza che ci si renda conto della differenza) ed essendo suscettibile di interpretazioni diverse all'interno di ciascuno dei due contesti. Lo stesso vale, ovviamente, per il suo opposto, ossia per l'*indeterminismo*.

Il piano più corretto entro cui si colloca il problema del determinismo è quello della *filosofia della natura* (in realtà esso potrebbe essere esteso anche fuori da questo terreno, ma di fatto è qui che esso viene posto in discussione e si è addirittura disposti ad ammettere, almeno da parte di molti, che esso possa non risultare applicabile al di fuori dell'ambito dei fatti fisico-naturali). Entro la filosofia della natura, il principio del determinismo può essere formulato almeno secondo tre gradi di impegnatività, che costituiscono tre forme di specializzazione e di complessificazione del principio di causalità (che pertanto rimane il suo presupposto necessario).

Secondo una prima formulazione, esso può suonare così: in natura, ogni causa possiede *un solo* e ben determinato effetto. Più impegnativa è una seconda formulazione: in natura, ogni causa ha un solo ben determinato effetto e *viceversa*. Ancora più impegnati-

va è una terza formulazione: nel caso dei fenomeni naturali, la conoscenza delle cause consente una *previsione esatta* degli effetti. È facile riconoscere che la terza formulazione presuppone le prime due, pur avendo un sapore del tutto diverso, in quanto non riguarda tanto la struttura del mondo fisico, quanto piuttosto la nostra conoscenza di esso (essa si situa quindi sul versante gnoseologico, piuttosto che su quello ontologico). Dicendo questo, però, bisogna subito mettere in guardia contro un equivoco capitale, nel quale sono incorsi praticamente tutti coloro che hanno condotto la critica contro il determinismo e, ancor più, coloro che hanno ritenuto di poter utilizzare i risultati di questa critica come elementi di confutazione del principio di causalità. L'equivoco riguarda il senso corretto da dare a quella nozione di *presupporre* che noi abbiamo a bella posta utilizzato continuamente nel corso delle affermazioni precedenti. La trappola in cui si cade facilmente è quella di interpretare detta presupposizione come un nesso di conseguenza logica e, ad esempio, di interpretare affermazioni come: "il principio del determinismo presuppone quello di causalità", oppure: "la terza formulazione presuppone le prime due", come se esse fossero equivalenti a queste altre: "il principio del determinismo è conseguenza logica di quello di causalità", oppure: "la terza formulazione è conseguenza logica delle prime due". Ora, che ciò non sia vero si ricava elementarmente dalla constatazione che ciascuna delle pretese *conseguenze logiche* in parola *contiene di più* di quanto è affermato nella relativa premessa, il che già esclude che si possa trattare davvero di una conseguenza logica (Come ben sa chiunque non sia totalmente digiuno delle più elementari nozioni di logica). Orbene, ciò che viene *presupposto* è soltanto una *condizione necessaria* di quanto viene affermato sulla base di tale presupposto, mentre una premessa completa è sempre una *condizione sufficiente* di quanto da essa discende per conseguenza logica.

Questa osservazione può sembrare una sottigliezza logica frutto di pura pedanteria, e invece ha conseguenze determinanti su tutta la questione. Infatti è noto che, se risulta falsa la conseguenza logica di una premessa, con ciò anche la premessa viene inesorabilmente falsificata (quindi, tanto per intenderci, se il principio del determinismo fosse una conseguenza logica di quello di causalità, una eventuale confutazione di esso equivarrebbe anche alla confutazione del principio di causalità, e lo stesso si può ripetere per le tre forme successive che abbiamo dato del principio del determinismo, nei loro rispettivi confronti). Le cose non stanno così, invece, se il *presupposto* ha solo valore di condizione necessaria, ma non sufficiente. Applicando questa indispensabile cautela metodologica a quanto finora esposto, diremo dunque, ad esempio: non

è detto che se ogni evento ha una causa, questa debba essere univoca (principio del determinismo in prima formulazione), o addirittura biunivoca (principio del determinismo in seconda formulazione). Quindi, se anche risultasse falso, in filosofia della natura, il principio del determinismo in una delle sue due prime formulazioni, il principio metafisico di causalità rimarrebbe ancora del tutto impregiudicato. Non diversamente diremo, per quanto concerne le tre forme del determinismo: non è detto che se causa ed effetto sono legati da un nesso univoco, o addirittura biunivoco, la conoscenza delle cause porti ad una previsione esatta degli effetti (dal momento che bisogna tenere conto di tutta una serie di condizioni conoscitive estranee a quanto affermato nelle due prime formulazioni). Pertanto, anche una eventuale confutazione della terza forma del principio del determinismo non comporta una confutazione delle altre due. Analogo discorso vale, ovviamente, per i rapporti tra la prima e la seconda.

Ebbene, basta percorrere la sterminata letteratura che da oltre mezzo secolo dibatte i problemi del determinismo, dell'indeterminismo e della causalità, per rendersi conto di quanto frequenti siano le confusioni fra il versante gnoseologico e quello ontologico di questo principio (quando pur si giunga a considerarlo nel suo esatto contesto di filosofia della natura), come le stesse distinzioni fra la prima e la seconda forma non siano percepite, come si faccia tutt'uno di principio di causalità e principio del determinismo. Ma ancora più frequenti sono le gravi sviste di natura logica di cui abbiamo poco sopra discusso, e che molto spesso vanificano completamente gli esiti filosofici di analisi pur accurate condotte su aspetti parziali della questione, quando queste vengono poi scorrettamente correlate con i suoi aspetti più generali.

Non accenniamo, per ora, all'altra distinzione già evocata in precedenza, ossia a quella che sussiste fra piano della filosofia della natura e piano del discorso scientifico, non perché essa sia poco importante o ce ne siamo scordati, ma perché la riprenderemo più avanti con la dovuta attenzione.

Il graduale affermarsi del principio del determinismo nella filosofia della natura è un fatto storico relativamente recente e non già, come spesso superficialmente si crede e si afferma, qualcosa di legato alla metafisica tradizionale o alla filosofia classica: esso è stato il frutto dello sviluppo rapido e pieno di successi della meccanica newtoniana e del suo dilatarsi in quella visione *meccanicistica* del mondo fisico, che ha caratterizzato specialmente la prima metà del secolo XIX.

Si tratta dunque di una prospettiva sviluppatasi dopo la nascita della scienza moderna (cioè di quella post-galileana) e da questa

stimolata, e successivamente entrata almeno parzialmente in crisi in seguito agli sviluppi della scienza contemporanea (cioè di quella novecentesca). Non è un caso, pertanto, che chiunque voglia citare una formulazione particolarmente chiara e perentoria della concezione deterministica finisca inevitabilmente col ricorrere ancor oggi al celebre passo che si legge nelle prime pagine del *Saggio filosofico sulle probabilità* di Laplace, ossia ad un testo del 1814. In quelle pagine, la visione deterministica è espressa con un'abbondanza di dettagli che abbraccia (senza esplicitamente distinguerle, ma anche senza confonderle) le tre formulazioni da noi date in precedenza. Infatti, nonostante il famoso passo che sempre si cita, e in cui si parla della possibilità che avrebbe un'intelligenza superiore di prevedere tutti gli effetti sulla base della conoscenza delle cause, venga per solito ritagliato in modo da insistere sull'aspetto gnoseologico del determinismo, esso è in realtà immerso in un contesto in cui si sostiene la visione di un mondo interamente sottoposto a legami deterministici strettissimi e complessi, tali addirittura che ogni evento nell'universo dipende deterministicamente da tutti gli altri.

Ciò del resto emerge subito se appena si allarga un po' la citazione, sia pure riducendola sempre al minimo, ad esempio così: *«Dobbiamo quindi considerare lo stato dell'universo come l'effetto del suo stato anteriore e come la causa del suo stato futuro. Un'Intelligenza che, per un dato istante, conoscesse tutte le forze da cui è animata la natura e la collocazione rispettiva degli esseri che la compiono, se per di più fosse abbastanza profonda per sottoporre questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella stessa formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e dell'atomo più leggero: nulla sarebbe incerto per essa e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi»*. Proprio la prima frase di questa citazione esprime la concezione del determinismo ontologico, mentre il resto del passo esprime la concezione del determinismo nella sua versione gnoseologica, la quale appare senza dubbio dipendente dalla prima, ma anche corredata delle ipotesi ulteriori che dovrebbero verificarsi al fine di poterla affermare a pieno diritto. Che poi questa formulazione gnoseologica presupponga effettivamente entrambe le due forme di determinismo ontologico che noi abbiamo individuato è chiaro dal fatto che alla ipotetica Intelligenza superiore si attribuisce la capacità, sulla base della sola conoscenza del presente, tanto di prevedere esattamente lo stato dell'universo nel futuro (cosa possibile soltanto se le cause determinano ciascuna un solo specifico effetto), quanto di conoscerne lo stato passato (cosa possibile soltanto se ogni effetto può discendere unicamente da una sua causa specifica). Anche questa osser-

vazione non è di poco conto, per quanto molto elementare: risulta infatti da essa che le possibilità conoscitive di predizione e di retrodizione esigono come presupposto due forme diverse del determinismo ontologico, il che equivale a dire che l'eventuale scacco di una sola delle due possibilità gnoseologiche potrebbe costituire al massimo difficoltà nei confronti dell'ammissione di una, ma non di entrambe le forme del determinismo ontologico, che continuerebbe dunque a valere almeno in misura parziale.

Se ritorniamo ora al testo di Laplace, possiamo rintracciarvi dei germi molto interessanti di sviluppi successivi, ma anche di equivoci successivi, sui quali è bene soffermarci. Notiamo innanzi tutto che la concezione del determinismo ontologico ferreo e universale che Laplace sostiene esige in sostanza una sola cosa: che gli eventi siano fra loro correlati da nessi causali biunivoci ai quali non sfugge alcun fenomeno (tali nessi sono in pratica identificati con le forze di natura, la cui azione causale viene descritta nelle leggi fisiche, a loro volta espresse in forma matematica). Ebbene, quando passiamo al piano gnoseologico, vediamo che la conoscenza di queste cause non basterebbe neppure all'intelligenza superiore per operare le sue predizioni e retrodizioni. Essa infatti dovrebbe essere in grado non soltanto di conoscere tutte le cause degli eventi, che li legano in modo deterministico (cioè di conoscere *tutte le forze* della natura), ma di conoscere altresì la descrizione del loro operare mediante leggi formulate matematicamente, di essere in grado, infine, di risolvere tutte le equazioni differenziali risultanti dall'applicazione di dette leggi. L'intelligenza superiore dovrebbe altresì poter conoscere *la collocazione rispettiva* degli esseri che compongono la natura.

Ebbene, quest'ultima condizione appare come un qualcosa di realmente nuovo rispetto alla conoscenza delle cause propriamente intese, e il *novum* è costituito dalla considerazione delle *condizioni* entro le quali le cause si trovano ad operare.

Orbene, si badi che la considerazione delle condizioni, o se si vuole degli *stati*, di un sistema qualunque (e al limite del cosmo intero) non fa parte del contenuto del principio del determinismo ontologico, per il quale è indifferente lo *stato* di un sistema fisico, mentre è rilevante la modalità di *transizione* da uno stato all'altro (che viene affermata essere, appunto, di tipo deterministico, piuttosto che puramente aleatorio).

Per il determinismo gnoseologico, invece, anche la conoscenza delle condizioni, cioè, come si suol dire, dello *stato iniziale* è indispensabile: essa è addirittura non meno essenziale della conoscenza delle leggi deterministiche e della capacità di risolvere i problemi matematici che la loro applicazione comporta.

Ancora una volta, l'osservazione sembra banale, ma la morale che dobbiamo ricavarne è di primaria importanza: di fronte ad un eventuale fallimento del determinismo gnoseologico, noi dovremo chiederci subito se esso è imputabile ad una adeguata conoscenza delle condizioni, oppure delle cause. Se riconosceremo che si tratta sostanzialmente di un difetto nella conoscenza delle condizioni (ossia dello stato del sistema) dovremo ammettere che il problema del determinismo ontologico non viene neppure sfiorato; soltanto se l'incertezza si spostasse davvero sul settore delle cause, qualche preoccupazione critica circa il determinismo ontologico sarebbe giustificata.

È interessante osservare che Laplace espone la sua ferrea fiducia in una visione deterministica del mondo proprio all'inizio di un saggio filosofico sulle probabilità, ma ciò non è per nulla strano, in quanto ai suoi occhi proprio il calcolo delle probabilità costituisce lo strumento che consente all'uomo di conservare una non trascurabile possibilità di conoscenza predittiva e retrodittiva anche di fronte ad uno scacco del determinismo gnoseologico, appunto perché esso non coinvolge in sé uno scacco anche del determinismo ontologico. L'uomo infatti non è per nulla nella posizione dell'ipotetica Intelligenza superiore, in quanto non può neppure teoricamente conoscere lo stato dell'intero universo e la distribuzione in esso di tutte le forze fisiche (oltre all'ignoranza riguardo alla loro natura e all'incapacità algoritmica di risolvere tutti i problemi matematici connessi). Anzi questo complesso di ignoranze, entro il ferreo determinismo laplaciano, risulta di effetto ancor più decisivo, dal momento che, grazie alla rigida connessione di tutti gli eventi, l'ignoranza riguardo ad uno solo, o comunque a pochi, degli *stati* dei sistemi fisici o delle forze in gioco si ripercuote inesorabilmente su una ignoranza o *indeterminazione* di *tutto* il resto. Tuttavia, proprio perché l'ignoranza non è totale, ossia perché anche l'uomo può conoscere parecchie delle leggi fisiche che traducono la struttura deterministica della natura, può determinare con buona approssimazione parecchi *stati* dei sistemi fisici, può risolvere parecchi calcoli matematici, egli può anche coprire in buona misura l'effetto delle sue stesse *ignoranze* mediante il calcolo delle probabilità che, sfruttando i determinismi noti delle leggi naturali e le determinazioni approssimate degli stati dei sistemi fisici, permette di predire o retrodurre con accettabile (o comunque calcolabile) margine di errore altri stati del mondo. Si badi comunque che, appunto, ciò che è in gioco è soltanto la determinazione degli stati e non già quella delle leggi, che non vengono affidate ad una possibilità di scoperta di tipo probabilistico.

Non abbiamo certamente dedicato questa breve digressione alle posizioni di Laplace per un puro interesse storico, bensì perché riteniamo che gli elementi di discussione evidenziati nella nostra analisi riguardino il problema del determinismo quale è in se stesso ed abbiano quindi una piena applicabilità anche nel contesto contemporaneo. In particolare è del tutto chiaro che l'indeterminismo quantistico è, in modo certo, di tipo gnoseologico e per di più riguarda l'indeterminatezza degli stati dei sistemi fisici e non quella delle leggi. Che esso coinvolga anche un indeterminismo ontologico è certamente una possibilità che non si può escludere, ma che indubbiamente non si può dare per verificata soltanto sulla base del tipo di indeterminazione gnoseologica appurata, per le ragioni sopra esposte. Anche l'interpretazione da dare al ricorso ai metodi probabilistico-statistici rimane sostanzialmente la medesima, anche se il *significato fisico* dei risultati statistici non è più, nel caso della fisica quantistica, quello che si ritrova nelle statistiche di tipo classico (il che, ad ogni modo, è la cosa più ovvia del mondo). Ritorneremo comunque più avanti su questi problemi.

Vogliamo invece ora accennare brevemente a una domanda abbastanza sottile, che riguarda il *fondamento* del determinismo o, per meglio dire, del relativo principio come tesi fondamentale di filosofia della natura. È chiaro che tale fondamento non può essere visto come una conseguenza logica del principio di causalità; infatti non è vero in linea generale né che una causa possa produrre un solo tipo di effetto, né che un certo evento possa essere prodotto da un solo tipo di causa. Proprio perché non è una *conseguenza logica* del principio di causalità, come già detto in precedenza, il principio del determinismo potrebbe essere invalidato senza compromettere il principio di causalità. Ma allora, su quale base esso viene affermato? Parrebbe di poter dire che esso si impone in base ad un'analisi accurata del mondo fisico, ma anche questa risposta indubbiamente è insoddisfacente, perché, posto anche che questa analisi ci abbia mostrato l'esistenza di numerosi nessi deterministici, è chiaro che moltissimi altri ne esistono sul cui carattere deterministico o meno rimaniamo incerti, e a questo proposito assumono tutto il loro valore le critiche di Hume che, pur non colpendo il principio di causalità correttamente formulato, risultano assai più pertinenti quando vengano rivolte verso il principio del determinismo. Si potrebbe forse affermare che il principio del determinismo si rivela come una condizione di intelligibilità della natura, dal più al meno come il principio di causalità costituisce una condizione di intelligibilità del reale nel suo complesso? Anche qui è difficile affermarlo: infatti la storia della civiltà, se da un canto annovera interpretazioni deterministiche

della natura (dall'atomismo democriteo, all'astrologia, all'alchimia), abbonda anche di interpretazioni antideterministiche, come quelle di tipo magico, aninistico e simili; dunque, la natura si può *pensare* sia in conformità, sia in difformità rispetto allo schema deterministico.

A questo punto sembra spuntare, finalmente, la risposta attesa: il principio del determinismo corrisponde al tipo di intelligibilità della natura che caratterizza la *scienza*, esso sarebbe cioè il principio di filosofia della natura che consente l'instaurarsi della scienza naturale esatta. Questa posizione, nonostante le apparenze, non è ancora del tutto chiara, potendo essa venir intesa in senso storico e in senso assoluto e la possibilità di accoglierla varia di molto nell'uno e nell'altro caso. Storicamente infatti (come del resto già abbiamo accennato) è indubbio che il principio del determinismo si è imposto in filosofia della natura sullo slancio del trionfo culturale della meccanica newtoniana; ma questo fatto ci autorizza forse a dire che esso è per così dire imposto, o per lo meno sostenuto, *dalla scienza* in quanto tale, piuttosto che *da una determinata forma di scienza*? Qui sta tutto il problema, la cui delicatezza teoretica si può cogliere ponendo una domanda apparentemente molto diversa da quelle fin qui presentate, ossia: *è il determinismo ontologico a costituire il fondamento di quello gnoseologico, o viceversa?*

La domanda ammette risposte opposte a seconda che la si esamini sul piano concettuale o su quello storico. Dal punto di vista concettuale è chiaro che si può asserire la perfetta predittività o retrodittività soltanto se si assume come suo fondamento il carattere deterministico della natura: ossia, su questo piano il determinismo ontologico fonda quello gnoseologico. Tuttavia, storicamente è accaduto piuttosto il contrario: dapprima gli scienziati hanno incominciato, seguendo il precetto galileiano, a ritagliarsi piccoli problemi isolati e particolarmente semplici, cercando di formularli e risolverli indipendentemente dalla considerazione del grande contesto del cosmo e dei suoi infiniti legami e reciproci influssi; nello studio di questi problemi parziali e idealmente semplificati hanno scoperto alcune leggi deterministiche, che si sono mostrate applicabili anche ad altri problemi, sempre parziali, idealizzati e resi artificialmente semplici, in modo da poter escludere la considerazione della situazione globale del cosmo e dei suoi influssi; mano a mano, questa continua ricerca ha portato alla scoperta di legami deterministici ulteriori entro contesti più complessi, ma pur sempre assai semplici e molto *ritagliati* rispetto al grande contesto del cosmo. Contemporaneamente si notava che ciascuna di queste scoperte consentiva delle predizioni e delle

retrodizioni sempre più stupefacenti (specialmente nel campo dell'astronomia) e tutto questo veniva rafforzando le radici dell'accettazione del determinismo gnoseologico, che non a caso, dunque, fa la parte del leone nella stessa presentazione laplaciana e ha finito col rimanere l'emblema più tipico del determinismo anche in seguito. Ma ecco allora che, presupponendo il determinismo gnoseologico *logicamente* quello ontologico come sua base concettuale giustificativa, anche quest'ultimo si è affermato storicamente, vincendo una battaglia che per secoli interi lo aveva visto costretto a convivere con concezioni antideterministiche della natura.

Possiamo ora vedere sgarbugliata tutta la matassa: il principio del determinismo ontologico non può essere dichiarato una condizione di intelligibilità della natura, e neppure in senso esatto la controfigura filosofica dell'intelligibilità scientifica, bensì la condizione di intelligibilità della predittività e retrodittività scientifica. È chiaro che, in questa situazione, il principio del determinismo che svolge non già concettualmente, ma concretamente il ruolo del protagonista è quello gnoseologico: se infatti risultasse smentita la possibilità *di principio* della predizione e retrodizione, svanirebbero le basi empiriche per una postulazione del determinismo ontologico, che risulterebbe quello che è sempre stato nei secoli precedenti lo sviluppo della meccanica, ossia una visione del mondo naturale coerente, razionale, ma non cogente; capace di difendersi, ma non di eliminare le visioni concorrenti. Da quanto ora detto emerge anche che i tipi di determinismo ontologico che si possono affermare e sostenere sono in stretta relazione con i tipi di predittività e retrodittività rispetto ai quali essi svolgono la funzione di *condizioni di intelligibilità*, e che si trovano espressi nei rispettivi determinismi gnoseologici.

Con ciò ci troviamo condotti a riconoscere che, come avevano preannunciato, lo stesso determinismo non è di un solo tipo entro gli stessi differenti piani in cui lo si considera; su questa pluralità di determinismi (e indeterminismi) diremo qualcosa ancora più avanti.

Un modo particolarmente adatto per introdurre il discorso sulla pluralità dei determinismi è quello di approfondire un poco il senso del ricorso al calcolo delle probabilità e ai metodi statistici come strumento per aggirare la nostra ignoranza di fatto circa molte *condizioni* dei processi, in modo da ottenere egualmente delle predizioni o delle retrodizioni di buona approssimazione. Questo uso dei metodi probabilistici, come già si è detto trattando della sua preconizzazione da parte di Laplace, non soltanto presuppone ancora il determinismo ontologico, ma significa anche e

soprattutto uno sforzo decisivo per salvaguardare il massimo possibile dello stesso determinismo gnoseologico. Abbiamo quindi non solo il diritto, ma il dovere di stupirci di fronte all'affermazione tanto corrente e data per pacifica, secondo cui il massiccio ricorso alle metodologie statistiche e ai concetti statistici nella fisica contemporanea sarebbe l'espressione palese del suo essere radicalmente indeterministica. È vero il contrario: esso è piuttosto l'espressione dell'intenzione della stessa fisica contemporanea di conservarsi deterministica, pur non potendolo più essere pienamente nel senso di un determinismo *di altro tipo*.

È presto detto in che cosa consiste il salto che porta dall'uno all'altro tipo di determinismo: è il passaggio dall'individuale al collettivo. Già il determinismo laplaciano doveva registrare una profonda discrepanza tra il carattere *individuale* del determinismo ontologico (per cui ogni ente di natura singolarmente preso, dai *più grandi corpi* all'*atomo più leggero*, risulta perfettamente determinato nel suo stato fisico in forza dei nessi causali imposti a tutto il cosmo dalle forze in esso agenti) e il carattere *collettivo* di quello gnoseologico (la sua Intelligenza superiore dovrebbe poter conoscere simultaneamente *tutte* le forze naturali e tutti gli stati dei sistemi fisici ad un dato istante). È proprio l'impossibilità pratica di dominare *distributivamente* i molti, ossia di conoscerli uno per uno, che frustra il perfetto determinismo gnoseologico, quando esso si appunta sull'individuale, ma il ricorso ad un loro trattamento *collettivo* (quello appunto consentito dall'uso dei metodi statistici) consente di recuperare almeno in parte il determinismo gnoseologico. Ma che cosa significa *almeno in parte*?

Significa, in realtà, due cose contemporaneamente. Per un verso significa una determinazione del caso singolo entro margini di approssimazione più ampi di quelli teoricamente possibili se tutte le conoscenze dell'individuale fossero disponibili, ma pur sempre in qualche modo determinati (potremmo dire che la determinazione della posizione, ad esempio, si può raggiungere non più con la precisione di un punto, ma con quella di un intervallo più o meno ampio, ma pur sempre finito).

Per altro verso significa che la determinazione esatta si sposta invece sui collettivi, anche se il linguaggio del calcolo delle probabilità tende a coprire questo aspetto. Qualunque affermazione di tipo probabilistico si riduce in sostanza nell'assegnare una certa probabilità ad un evento e le leggi, ad esempio fisiche, di tipo probabilistico dicono come assegnare delle probabilità a certi eventi. Che significa allora, ad esempio, sottoporre a verifica una legge probabilistica? Evidentemente non significa andare a vedere se l'evento da essa previsto si verifica o meno, perché, anche se esso

non si verifica, si ha sempre il diritto di dire che esso aveva soltanto la probabilità p di verificarsi e il suo non presentarsi risulta quindi ammissibile (a meno che il valore di p fosse 1). Ma anche il verificarsi dell'evento non conferma in realtà la legge, perché essa non prevede tanto che esso si verifichi, quanto che esso abbia la probabilità p di verificarsi, e questa probabilità non viene né confermata né smentita dal verificarsi dell'evento. Soltanto se avremo ripetuto parecchie volte i procedimenti che dovrebbero produrre l'evento, e avremo così costituito un collettivo significativo di *prove*, potremo constatare se la frequenza delle comparse dell'evento rispetto al numero totale delle prove, ossia la frequenza relativa, si accorda con p entro i margini di scarto richiesti dalla teoria del calcolo delle probabilità e che non hanno, in questo, significato diverso da quello dei margini di errore che si consentono nelle misurazioni *esatte* per il fatto di tener conto della sensibilità degli strumenti di osservazione e di misura. Quindi, dire che un evento ha la probabilità p di presentarsi sembra un discorso sull'evento singolo, ma è in realtà un discorso su un collettivo di eventi del suo stesso tipo.

Ecco in che senso è lecito e anzi necessario affermare che anche le leggi statistiche sono *deterministiche*: esse determinano dei collettivi e non già dei casi singoli.

Il campo dove più chiaramente emerse questo nuovo modo di vedere fu, già sul finire del secolo scorso, quello della meccanica statistica, anche se quando se ne parla il discorso di solito si arresta a metà. Si suol dire infatti: dovendoci occupare di un numero sterminato di molecole in movimento, e non potendo seguirle ad una ad una, né assegnare il loro stato ad un istante t tutte assieme, dobbiamo accontentarci di assegnare loro dei valori statistici, di calcolare delle distribuzioni di probabilità. Ma così dicendo non si enuncia il fatto più importante, ossia che ciò che in meccanica statistica non interessa, ciò che non si ricerca, è il comportamento anche di una sola molecola singola: ci permettiamo di ignorare il comportamento delle singole molecole soltanto perché il nostro fine non è quello di conoscere quello di neppure una di esse, giacché, se ci proponessimo questo fine, nessuna considerazione statistica ci aiuterebbe a raggiungerlo. Quello che invece raggiungiamo con le considerazioni statistiche è la determinazione di parecchie proprietà d'insieme del collettivo di molecole, quali ad esempio la temperatura o la pressione di un gas, che talora possiamo anche esprimere, ma nel modo soltanto fittizio sopra accennato, quasi corrispondessero a proprietà di molecole singole (come quando si dice che la temperatura esprime l'energia cinetica *media* delle molecole, dove è chiaro che, a rigore, questa espressione non ha

sensu, perché ogni molecola ha la sua energia e basta, essendo l'energia media un puro concetto matematico).

Con l'avvento della meccanica quantistica il quadro è mutato soltanto in parte, nel senso che l'indeterminatezza della conoscenza delle condizioni iniziali, che per Laplace e per la stessa meccanica statistica era essenzialmente l'effetto dell'impossibilità di tener conto di un numero troppo grande di elementi o di interazioni accavallantisi, qui diventa una specie di fatto intrinseco, una impossibilità non soltanto pratica, ma anche teorica, come appunto insegnano le celebri disequaglianze di Heisenberg. Il resto è conseguenza di questo fatto: se le condizioni iniziali sono note soltanto in modo approssimativo, anche le previsioni che da esse si possono trarre avranno lo stesso carattere di indeterminatezza conoscitiva, e si cercherà di ridurre i danni mediante il ricorso a leggi statistiche che hanno un senso preciso (e sono in realtà deterministiche nel senso già chiarito) quando si applicano a dei collettivi, e un senso soltanto indiretto e quasi figurato quando si riferiscono ad effetti singoli. Tuttavia, anche nel caso della meccanica quantistica possiamo ripetere osservazioni già fatte, ossia in primo luogo che l'indeterminismo di cui si tratta è di tipo gnoseologico, e che questo non basta di per sé per implicarne anche uno di natura ontologica. Anzi, almeno una certa dose di determinismo ontologico deve sopravvivere per almeno due ragioni: in primo luogo perché almeno il determinismo gnoseologico *collettivo* sussiste, e questo si fonda sulla natura deterministica dei nessi causali; in secondo luogo, perché (addirittura a livello individuale) mentre la predizione risulta *indeterminata*, la retrodizione non lo è, il che, come si è visto, comporta un elemento a favore di una delle due forme del determinismo ontologico.

Ma vorremmo azzardarci a dire anche qualcosa di più, a costo di suscitare qualche reazione di perplessità. In fondo l'indeterminismo quantistico riposa, si è visto, sull'impossibilità di una determinazione simultanea di due grandezze coniugate (tipo posizione e velocità di una particella), la quale consenta un'esattezza di ordine arbitrariamente grande, in quanto esiste un limite teorico al prodotto dei due rispettivi margini di precisione. Ora, siccome per fissare lo *stato* di un sistema fisico si richiede proprio la determinazione di una qualsiasi di queste coppie coniugate, risulta che tale stato non si può mai precisare se non entro certi limiti, con le note conseguenze in fatto di predizione. Possiamo però osservare che ciò non dice per nulla che i microoggetti non posseggono proprietà fisiche determinabili singolarmente per così dire, in modo teoricamente esatto: basta misurarle una alla volta.

Il principio di indeterminazione dice soltanto che la misura per-

de di esattezza quando dobbiamo misurarle assieme. È un po' come se io cercassi di vedere il davanti e il di dietro del mio corpo servendomi di uno specchio: nel momento in cui vedo perfettamente la metà anteriore, sono totalmente all'oscuro circa quella posteriore, e viceversa; se mi metto un po' di sbieco, avrò un'immagine simultanea, ma non perfettamente determinata, di entrambe le metà del corpo e quanto più si determina l'una tanto più, nella rotazione del corpo, si perde la determinazione dell'altra e non sarebbe impossibile cercare convenzioni capaci di esprimere una sorta di limite di questo prodotto delle determinazioni, del tipo di quello previsto dalle diseguaglianze di Heisenberg. Diremo dunque che, dal punto di vista puramente conoscitivo, includendo fra le condizioni della conoscenza anche l'uso di (un solo) specchio, tanto le caratteristiche della metà anteriore quanto quelle della metà posteriore del mio corpo sono perfettamente determinabili, ma che non lo sono simultaneamente.

Cosa dovremo allora dire della situazione presa nel suo complesso? È essa una situazione di determinismo o di indeterminismo, sempre limitandoci al versante gnoseologico? È difficile rispondere, dal momento che prima di poter dire se *si può* conoscere qualche cosa, bisogna precisare che cosa *si intende* conoscere: ecco un'altra delle osservazioni banalissime sulle quali si è soliti sorvolare, ma trascurando le quali le questioni si ingarbugliano disperatamente. L'atto di conoscenza è un atto *intenzionale* (nel senso tecnicamente filosofico del termine) e dunque non può essere specificato se non si precisa ciò verso cui esso si indirizza, ciò su cui esso verte.

Per afferrare più agevolmente l'importanza di questo fatto, possiamo riprendere il nostro rudimentale esempio: supponiamo che una certa persona voglia partecipare a un concorso di bellezza in cui riceve un premio chiunque non abbia neppure un capello bianco in testa, e supponiamo che a questa persona sia consentito, prima di decidere se presentarsi o no al concorso, di guardarsi una sola volta in uno specchio, scegliendo una sola posizione per osservarsi. Se, scelta una posizione qualsiasi, quella persona scoprirà di avere qualche capello bianco, non si presenterà al concorso; ma supponiamo che essa riscontri ad esempio di non avere capelli bianchi sulla parte anteriore della testa: essa potrà presentarsi al concorso, ma non avrà la certezza di vincere il premio, perché non sa nulla di quanto appare sulla parte posteriore della sua testa e, in sostanza potrà ritenere di avere una probabilità su due di vincere il premio. Se volessimo complicare un po' il nostro esempio, e stabilire per esempio che il premio è di ammontare variabile in proporzione inversa al numero dei capelli bianchi, avremo delle previsioni corre-

date da indici di probabilità variabili fra zero e uno.

Per quanto elementare, il nostro esempio riproduce i tratti essenziali dell'indeterminismo gnoseologico quantistico: ciascuna delle due grandezze coniugate è misurabile separatamente in modo *esatto* con gli strumenti di cui si dispone (così come con un solo specchio, usato una sola volta, si può conoscere esattamente qualunque porzione della testa che possa essere abbracciata dal nostro angolo visuale); tuttavia ciò che *si vuole* conoscere non è la singola grandezza, ma lo stato del sistema in un certo istante, il che comporterebbe la determinazione simultanea delle due grandezze, e ciò non è possibile con gli strumenti di misura di cui si può, non solo praticamente, ma anche teoricamente, disporre (così come la parte anteriore e quella posteriore della testa non si possono descrivere simultaneamente usando uno specchio di fronte al quale si può assumere una sola posizione, oppure scattando una sola fotografia). Questo punto dobbiamo affermare che un'indeterminazione gnoseologica interviene effettivamente, la quale non riguarda tanto le *cose* prese in se stesse, ma le cose intenzionate sotto un certo punto di vista e indagate mediante ben precisi e limitati strumenti, ossia riguarda dei precisi *oggetti* di conoscenza: a proposito di questi l'indeterminismo gnoseologico sussiste senza dubbio, in quanto l'imprecisione nella conoscenza dell'oggetto dà luogo alla imperfetta prevedibilità e alle strategie di tipo probabilistico per dominarla.

Con l'ultimo discorso fatto ci siamo però nuovamente spostati di piano, dislocandoci da quello della filosofia della natura a quello della scienza, la quale si caratterizza proprio per il fatto di specializzare il suo discorso ad ambiti particolari di *oggetti*, intesi come ciò che delle cose si riesce a conoscere adottando certi precisi punti di vista e utilizzando altrettanto precisi strumenti di osservazione, misura e conoscenza in genere. Dal momento che, al variare dei punti di vista (ossia delle *intenzionalità* conoscitive di cui si è detto poco sopra), nonché degli strumenti di osservazione, muta l'ambito di oggetti, anche se le *cose* esaminate restano le stesse, abbiamo qui una possibilità esatta di comprendere appieno l'affermazione fatta in precedenza circa l'esistenza di diversi determinismi.

Diremo infatti che, quando l'oggetto è concepito come un punto geometrico, localizzabile nello spazio e nel tempo mediante coordinate espresse da numeri reali che gli si possono assegnare operativamente usando certi strumenti standardizzati ben descrivibili, e a cui si attribuisce una proprietà metrica detta massa, essa

pure determinabile mediante strumenti standardizzati, l'unico problema che ci si pone (dal momento che la massa viene concepita come proprietà invariabile) è quello di determinare nel tempo la posizione del punto stesso, il che esige che si conosca la sua posizione di partenza nello spazio, la sua velocità iniziale, la traiettoria che percorre ed eventualmente le variazioni di velocità del suo moto durante il periodo di tempo che vogliamo considerare. Per render conto di queste possibili variazioni di velocità il principio di causalità richiede l'intervento di una qualche realtà: questa è identificata con una forza, che lega tale variazione di velocità (ossia l'accelerazione) alla massa, in modo inversamente proporzionale.

Resta allora da vedere quanti e quali tipi di forze siamo disposti a prendere in considerazione, e un primo punto di vista che si presenta è quello più semplice, secondo cui la forza esiste in ragione dell'esistenza di un altro punto materiale, esso pure dotato di massa e localizzato nello spazio e nel tempo, soggetto a movimento variabile in funzione della stessa forza e seguendo come traiettoria la congiungente rettilinea dei due punti. La legge newtoniana di gravitazione esprime le caratteristiche di detta forza e, se noi ci accontentiamo di chiudere qui il discorso, ossia di confinarci a questo *punto di vista*, avremo ritagliato l'ambito degli *oggetti meccanici elementari*.

Facciamo però bene attenzione: il nostro universo di oggetti, per le ragioni stesse che abbiamo esposto, contiene due soli punti materiali, dotati ciascuno di una massa invariabile e soggetti unicamente alla forza di attrazione reciproca espressa dalla legge newtoniana. L'esistenza di altri possibili tipi di forze, così come l'esistenza di altri punti, l'esistenza di altre proprietà fisiche oltre la massa, fuoriescono completamente dal nostro universo d'oggetti, entro il quale vige certamente un rigido determinismo, ma appunto entro questi limiti definitivi.

Basterà dunque che noi cambiamo anche una sola delle caratteristiche sopra enunciate, perché il nostro universo di oggetti si trasformi, diventi *altro* e, con ciò, avremo anche altri determinismi. Ad esempio, se ammettiamo che il numero dei punti materiali sia maggiore di due, già potremo attenderci delle difficoltà nel pretendere che la determinazione della traiettoria di ciascuno risulti esattamente fissata usando la nostra legge, a meno che non facciamo intervenire dei particolari vincoli (come quelli della *rigidità*, ad esempio, che obbligano ogni punto ad essere solidale con tutti gli altri nel suo movimento). Diversamente dovremo accettare che il nostro universo di oggetti non contenga più punti singoli (o meglio coppie di punti singoli), ma insieme di punti da conside-

rare *collettivamente* e dovremo definire proprietà globali di tali insieme di punti, che certamente non potranno più essere ad esempio la loro posizione e la loro velocità, dal momento che un collettivo di punti materiali non può occupare nello spazio una sua *posizione* e non è detto che possieda una sua velocità di traslazione o di rotazione, come potrebbe averle, ad esempio, un corpo rigido. Tuttavia, una volta definite tali proprietà globali, potremo definire delle rispettive *grandezze di stato* e cercare delle leggi deterministiche che regolano tali grandezze nel loro variare temporale, passando in tal modo da un determinismo all'altro. Questo potrà essere il determinismo della meccanica statistica, oppure quello della termodinamica, a seconda delle variabili di stato che avremo scelto e delle leggi che avremo saputo stabilire.

Ma il mutamento dell'ambito di oggetti si può produrre ancora in tanti altri modi: ad esempio considerando proprietà diverse dalla massa (come la carica elettrica), oppure lasciando cadere la condizione che la massa sia una proprietà invariabile, e avremo in tal modo la necessità di ritrovare nuovi tipi di determinismo, come quelli, ad esempio, dell'elettrodinamica detta classica o della meccanica relativistica. Può infine accaderci che, pur decidendo noi di conservare i punti di vista concettuali della meccanica newtoniana, espressi dunque mediante le stesse grandezze fisiche, come massa, posizione, velocità, e così via, non siamo più in grado, quando andiamo ad applicarli sperimentalmente a certi sistemi fisici, di determinare i valori di tali grandezze usando gli strumenti classici.

Anche questo basta per farci cambiare ambito di *oggetti*; infatti, se siamo costretti a cambiare i nostri apparecchi di misura, cambiano le nostre condizioni di conoscenza e cambia quindi il *punto di vista* sotto cui possiamo effettivamente considerare le cose, cosicché quelle grandezze di stato che prima si potevano stabilire simultaneamente senza altre difficoltà che non fossero quelle di natura puramente tecnica, divengono ora determinabili solo approssimativamente per ragioni teoriche. È questo, come già abbiamo detto, il caso della meccanica quantistica, o della fisica quantistica in senso più generale, nella quale si ricorre poi ai metodi statistici per riuscire egualmente a istituire il suo specifico tipo di determinismo.

Si sarà notato che, in quest'ultima fase del nostro discorso, non abbiamo più parlato di una differenza tra determinismo ontologico e determinismo gnoseologico. Non si tratta di un caso: nelle scienze, infatti, non si può più separare il piano della conoscenza da quello della realtà cui essa si riferisce, dal momento che la conoscenza scientifica porta esclusivamente, in ogni disciplina, su-

gli *oggetti* di questa, ossia proprio su quegli aspetti della realtà che si possono conoscere mediante certi procedimenti di indagine e secondo le modalità legate all'uso di quegli strumenti. Piano ontologico e piano gnoseologico, in tal modo, si sovrappongono perfettamente.

Ma allora, si dirà, perché proprio fra gli scienziati continuano ancora le discussioni sul determinismo e sull'indeterminismo; perché Einstein non si è mai davvero rassegnato a considerare *definitivo* l'indeterminismo quantistico? Perché ancora oggi si continua a parlare di *variabili nascoste* e di loro teorie? Perché il vecchio paradosso di Einstein-Podolski-Rosen continua a dar del filo da torcere? Perché le dispute sulla cosiddetta *separabilità* si sono riaccese proprio in questi ultimi anni?

La risposta da dare a questi interrogativi ci sembra la seguente: le questioni sopra evocate rimangono aperte e legittime perché anche negli scienziati (o per lo meno nei più vigili fra essi) rimane la consapevolezza che ogni *oggettivazione* scientifica è parziale e che le dimensioni del reale sono più numerose e complesse di quelle che ogni singola oggettivazione scientifica può cogliere: nessuna di esse può mai pronunciare, per così dire *l'ultima parola*, perché questa parola ultima non esiste entro un discorso che può dire soltanto un numero assai limitato di cose, che può esprimere soltanto pochi *punti di vista* sulla realtà. Ecco perché nell'animo dei più profondi scienziati non si spegne mai l'appello verso una *filosofia della natura*, ossia non già verso una *scienza superiore* entro cui si trovino le risposte segrete che non si colgono entro le teorie scientifiche esistenti, bensì come un *orizzonte problematico* entro cui ricercare un'interpretazione più profonda di quanto si può stabilire in modo *oggettivo* dentro le scienze.

Vogliamo chiudere con una considerazione per così dire *valutativa* sul problema del determinismo e dell'indeterminismo, che utilizzi i vari elementi di giudizio sin qui espressi.

Abbiamo già visto che non esistono ragioni cogenti per sostenere una prospettiva totalmente deterministica, piuttosto che totalmente indeterministica, a livello di filosofia della natura: la visione di senso comune, secondo cui in essa gioca tanto il fortuito, quanto il predeterminato, sembra difficilmente refutabile. Ci è parso invece di poter dire che il determinismo si presenta come una sorta di condizione base per l'esistenza della conoscenza scientifica, dal momento che ogni apparente eliminazione di esso dalla scienza finisce col significare soltanto il passaggio da una forma di determinismo ad un'altra di natura diversa e più complessa. Riteniamo che il quadro da noi così tracciato sia legittimo, ma che esso per altro verso non possa escludere una vera e pro-

pria indispensabilità di una certa dose di indeterminatezza come condizione per l'esistenza della scienza.

Torniamo per un istante al discorso storico già fatto, quando dicemmo che l'immagine di una conoscenza deterministica del cosmo poté istituirsi soltanto grazie ai successi di una meccanica (specialmente di quella celeste) che aveva risolto problemi di estrema elementarità. In effetti, già Keplero, e dopo di lui Newton e i suoi successori, riuscirono tanto bene a descrivere e analizzare i movimenti dei pianeti e dei satelliti del nostro sistema solare soltanto perché avevano per così dire diviso inconsapevolmente il problema in due parti. Da un canto stava il problema di localizzare nello spazio e nel tempo ogni corpo del sistema solare; dall'altro stava il problema di sapere perché detti corpi sono esattamente in un certo numero, con quella piuttosto che con un'altra dimensione, a quella piuttosto che ad un'altra distanza media dal sole, e così via.

Essi si applicarono soltanto al primo gruppo di problemi, e riuscirono a risolverlo, lasciando completamente da parte l'altro, che in fin dei conti coincide con quello dell'origine del sistema solare ed è ancora lontano da una soluzione soddisfacente perfino al giorno d'oggi. Ma è chiaro che, se si vuole adottare un punto di vista rigorosamente *deterministico*, nulla è più accidentale o fortuito, e quindi il fatto che Marte abbia una certa massa o un certo periodo di rivoluzione sarebbe non meno essenziale da tenere in conto del fatto che la sua orbita sia ellittica, cosicché la descrizione e la spiegazione del suo movimento non dovrebbe ritenersi soddisfacente senza aver risolto anche tali ulteriori problemi. Ma con ciò il sapere si blocca, perché bisognerebbe conoscere nel medesimo tempo una infinità di cose e di circostanze per poter fare una qualunque previsione attendibile, e saremmo posti in una situazione addirittura più impraticabile di quella dell'Intelligenza superiore di Laplace, alla quale si richiedeva soltanto, in fin dei conti, la conoscenza dello stato meccanico completo dell'universo ad un dato istante e una grandissima abilità matematica.

In altri termini, se tutto ha un influsso su tutto, nessun evento ha una *storia* identica a quella di nessun altro, ed è quindi un *caso singolo* irripetibile, con la conseguenza che le leggi naturali (le quali suppongono l'assimilabilità di moltissimi casi analoghi, sotto certe condizioni) non risultano di alcuna applicazione; anzi non si possono neppure scoprire e, dunque, non si sa neppure se esistono. Non solo, ma il fatto che un medesimo esperimento venga ripetuto in tempi diversi secondo le identiche procedure sperimentali non ci assicura affatto che si tratta dello stesso esperimento, perché è cambiato lo sperimentatore, perché forse il caffè

che ha preso il mattino non è senza influsso sull'esito delle sue osservazioni, perché il fatto di aver girato un interruttore a una data ora non è privo di conseguenze su quanto si osserva e così via.

La scienza è dunque possibile se si accetta una larga banda di fortuito, di accidentale, di accessorio e non essenziale, di ininfluente. E si badi che questo non può avvenire limitandosi ad accettare questa esistenza del non determinato a livello dell'infinitamente piccolo, nella convinzione che poi, su scala macroscopica, queste piccole accidentalità si elidono a vicenda. Un discorso del genere, assai diffuso in passato, ignora completamente che, così come esistono fattori che eliminano le discrepanze e le indeterminanze, esistono anche numerosi *amplificatori* delle indeterminanze, e che è grazie a questi, certamente, che ad esempio i singoli individui viventi sono irriducibili l'uno all'altro.

Non vogliamo andar troppo oltre con questo discorso, che ci condurrebbe su un terreno alquanto diverso rispetto a quello sin qui esplorato: quanto detto ci basta comunque per mostrare come, addirittura senza uscire dalla fisica, si debba riconoscere che un input di eventi fortuiti e non predeterminati è indispensabile al fine di sbrogliare il ferreo nesso delle relazioni deterministiche, consentendoci di *partire da zero* in tutti i problemi empirici con cui abbiamo a che fare, senza di che la fisica sarebbe impossibile. D'altro canto la fisica è possibile se questa rete di nessi deterministici per altro verso esiste, come si è ampiamente visto in precedenza, cosicché in fin dei conti siamo condotti a quell'immagine equilibrata e complementare cui accennavamo in precedenza e che dalla scienza può riverberarsi anche sulla visione filosofica della natura.

In una natura totalmente indeterminata, nessuna scienza sarebbe possibile con capacità predittive e retrodittive; ma tale tipo di scienza di fatto esiste, per cui deve esistere anche una essenziale misura di determinismo *in natura*, esplorabile mediante i determinismi di *tipo* diverso che le singole scienze escogitano. D'altro canto, si è visto che un determinismo senza aleatorietà renderebbe impossibile la scienza fisica per opposte ragioni; ma ancora una volta tale scienza esiste, e ciò ci obbliga ad ammettere che anche in natura c'è spazio per il fortuito, per il non prevedibile, per l'azione di cause spontanee, per l'accadere di eventi che non sono la pura conseguenza di ferree leggi deterministiche.