

## 8. Il metodo assiomatico di Newton

<i>Il metodo dell'analisi e della sintesi</i>	85
LA GENERALIZZAZIONE INDUTTIVA E LE LEGGI DEL MOTO	86
SPAZIO ASSOLUTO E TEMPO ASSOLUTO	87
<i>Un metodo assiomatico</i>	90
« <i>Hypotheses non fingo</i> »	94
<i>Le regole del filosofare</i>	95
<i>La natura contingente delle leggi scientifiche</i>	96

ISAAC NEWTON (1642-1727) nacque a Woolsthorpe (Lincolnshire). Il padre, un modesto proprietario terriero, morì prima ancora che Isaac nascesse. La madre si risposò quando il piccolo aveva tre anni, e così la sua educazione fu affidata in gran parte alla nonna, fino alla morte del suo patrigno, nel 1653. Newton frequentò il Trinity College di Cambridge e conseguì il baccellierato nel 1665. Nel corso del biennio 1665-1677 Newton rimase a Woolsthorpe, per sfuggire all'epidemia di peste. Fu un periodo straordinariamente produttivo, nel corso del quale Newton formulò il teorema binomiale, elaborò il «metodo delle flussioni» (il calcolo infinitesimale), costruì il primo telescopio a riflessione e giunse a concepire la natura universale dell'attrazione gravitazionale. Newton fu nominato professore di matematica a Cambridge nel 1669, e fu eletto membro della Royal Society nel 1672. Di lì a poco illustrò ai membri della Royal Society le sue scoperte sulle proprietà rifrattive della luce. La sua teoria suscitò un'estesa polemica con Robert Hooke e altri. La controversia con Hooke si approfondì con la pubblicazione dei *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Principi matematici della filosofia naturale*), nel 1687. Hooke si lamentò del fatto che Newton si fosse appropriato della sua tesi secondo cui i moti planetari possono essere spiegati mediante un principio di inerzia rettilinea, in combinazione con una forza  $1/r^2$  che emana dal Sole. Newton rispose di essere pervenuto a tale conclusione prima di Hooke, e dichiarò che solo lui era in grado di dimostrare che una legge della forza  $1/r^2$  determina una teoria per cui le orbite planetarie sono ellittiche. Newton divenne sovrintendente della Zecca nel 1696, e dimostrò un considerevole talento nelle questioni amministrative. Fu eletto presidente della

Royal Society nel 1703, e da questa vantaggiosa posizione condusse un'ininterrotta diatriba con Leibniz riguardo a chi avesse per primo fornito i contributi decisivi allo sviluppo del calcolo infinitesimale. Nel 1704 Newton pubblicò l'*Ottica*, un modello di indagine sperimentale. Allegò all'opera i «Quesiti», in cui esponeva la sua concezione del metodo scientifico. Per tutta la vita studiò l'Antico Testamento dal punto di vista della sua fede unitariana. Dopo la sua morte, tra le sue carte furono trovate numerosissime note sulla cronologia degli antichi regni e un'esegesi del Libro di Daniele.

*Il metodo dell'analisi e della sintesi*

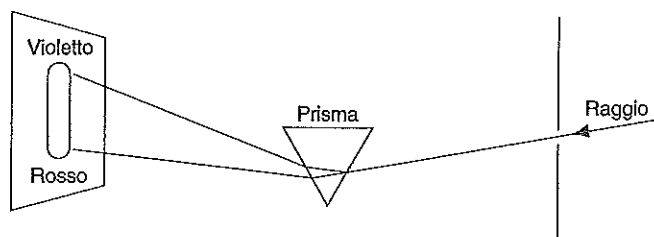
I commenti di Newton sul metodo scientifico erano rivolti principalmente contro Cartesio e i suoi seguaci. Cartesio aveva cercato di dedurre le leggi fisiche fondamentali da principi metafisici. Newton si oppose a questo modo di teorizzare sulla natura, sostenendo che il filosofo naturale dovesse fondare le proprie generalizzazioni su un attento esame dei fenomeni. Newton dichiarava che sebbene l'argomentazione per induzione a partire da esperimenti e osservazioni non costituisca una dimostrazione delle conclusioni generali, tuttavia è il miglior modo di argomentare ciò che è ammesso dalla natura delle cose.<sup>1</sup>

Newton si opponeva al metodo cartesiano propugnando la teoria aristotelica della procedura scientifica. Chiamava questa procedura induttivo-deduttiva il «metodo dell'analisi e della sintesi». Insistendo sul fatto che la procedura scientifica dovesse includere sia una fase induttiva, sia una fase deduttiva, Newton sostenne una tesi che era stata difesa da Roberto Grossatesta e Ruggero Bacone nel XIII secolo, nonché da Galileo Galilei e da Francesco Bacone all'inizio del Seicento.

La disamina newtoniana della procedura induttivo-deduttiva risultava superiore per due aspetti a quella dei suoi predecessori. Anzitutto Newton metteva coerentemente in evidenza la necessità della conferma sperimentale delle conseguenze dedotte attraverso la sintesi, e attribuiva poi particolare importanza alla deduzione di conseguenze che andassero al di là dell'evidenza induttiva originaria.

L'applicazione del metodo dell'analisi e della sintesi a opera di Newton poté realizzarsi compiutamente nelle indagini dell'*Ottica*. In un esperimento giustamente famoso, per esempio, Newton fece passare un raggio di luce solare attraverso un prisma, di modo che sulla parete di una stanza oscurata apparisse uno spettro allungato di colori.

Newton applicò il metodo dell'analisi per indurre il principio esplicativo secondo il quale la luce solare comprende raggi di diversi colori, e ciascun colore viene rifratto dal prisma con un angolo caratteristico. Non si trattava di una semplice generalizzazione induttiva. Newton infatti non si limitava ad affermare che tutti i prismi, in circostanze simili, avrebbero prodotto spettri analoghi a quelli che aveva osservato. La sua conclusione più importante riguardava la natura della luce stessa, e occorre-



L'esperimento di Newton con un solo prisma.

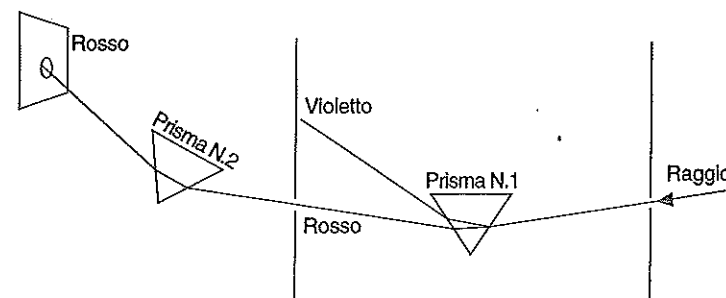
va un "salto induttivo" per concluderne che la luce solare è costituita di raggi dotati di diverse proprietà rifrattive. Dopo tutto erano possibili anche altre interpretazioni di ciò che era stato osservato. Newton avrebbe potuto concludere, per esempio, che la luce solare è indivisibile e che i colori spettrali vengono semmai prodotti da una qualche sorta di radiazione secondaria all'interno del prisma.

Una volta affermata la "teoria" secondo cui la luce solare comprende raggi di diversi colori e proprietà rifrattive, Newton applicò il metodo della sintesi per dedurre alcune ulteriori conseguenze della teoria stessa. Osservò che se la sua teoria era giusta, allora facendo passare la luce di un determinato colore attraverso il prisma si sarebbe ottenuta una flessione del raggio secondo l'angolo caratteristico di quel colore, e non un'ulteriore scomposizione del raggio in altri colori. Newton confermò questa conseguenza della sua teoria dei colori facendo passare la luce ottenuta da una piccola banda dello spettro per un secondo prisma.<sup>2</sup>

#### LA GENERALIZZAZIONE INDUTTIVA E LE LEGGI DEL MOTO

Newton sosteneva di avere seguito il metodo dell'analisi e della sintesi anche nei *Principia*, la sua grande opera sulla dinamica. In questo libro sosteneva di avere formulato le tre leggi del moto applicando il metodo dell'analisi. Newton dichiarava che nella filosofia sperimentale «le proposizioni vengono dedotte dai fenomeni, e sono rese generali per induzione. In tal modo divennero note l'impenetrabilità, la mobilità e l'impulso dei corpi, le leggi del moto e la gravità».<sup>3</sup>

Newton non esaminò la natura del processo induttivo che prende le mosse dai fenomeni per passare a proposizioni particolari e pervenire alle leggi del moto. La domanda se le leggi del moto siano state scoperte applicando il metodo dell'analisi può ricevere risposte diverse, a seconda dell'accezione che si adotta, ampia o ristretta, del termine "induzione".



L'esperimento di Newton con due prismi.

Aristotele, per esempio, considerava la comprensione intuitiva un metodo genuinamente induttivo. In tal modo la teoria aristotelica della procedura poteva spiegare le generalizzazioni riguardanti leve prive di peso e infinitamente rigide, pendoli ideali e moti inerziali. In effetti sarebbe difficile trovare un'interpretazione scientifica la cui origine non possa essere attribuita alla comprensione intuitiva.

La maggior parte dei filosofi naturali, tuttavia, ha adottato una concezione più ristretta dell'induzione, limitandola a un ridotto numero di tecniche per generalizzare i risultati dell'osservazione. Queste tecniche comprendono l'enumerazione semplice e i metodi della concordanza e della differenza.

È chiaro che le leggi di Newton non furono scoperte applicando queste tecniche induttive. Si consideri per esempio la prima legge: essa specifica il comportamento di quei corpi che non sottostanno all'influenza di forze impresse. Eppure non esistono corpi di questo tipo; e anche se esistesse un corpo di questo tipo non potremmo averne alcuna conoscenza. L'osservazione di un corpo richiede la presenza di un osservatore o di qualche dispositivo di registrazione. Ma secondo lo stesso Newton, ogni corpo dell'universo esercita una forza d'attrazione gravitazionale su ogni altro corpo. Un corpo osservato non può essere esente da forze impresse. Di conseguenza la legge di inerzia non è una generalizzazione riguardo a moti osservati di corpi particolari. È, semmai, un'astrazione a partire da tali moti.

#### SPAZIO ASSOLUTO E TEMPO ASSOLUTO

Newton affermava inoltre che le tre leggi del moto specificano il modo in cui i corpi si muovono nello spazio assoluto e nel tempo assoluto. Si tratta di un'ulteriore astrazione, mediante la quale l'astronomo metteva a confronto lo spazio assoluto e il tempo assoluto con le loro "misure sensibili" determinate sperimentalmente.

La distinzione newtoniana tra i "moti reali" dei corpi nello spazio e nel tempo assoluti e le "misure sensibili" di questi moti presenta un'evidente assonanza con il platonismo, che suggerisce una dicotomia tra realtà e apparenza. Nella concezione newtoniana, lo spazio assoluto e il tempo assoluto sono ontologicamente anteriori alle sostanze individuali e alle loro interazioni. Newton credeva che una corretta comprensione dei moti sensibili potesse essere ottenuta in termini di moti reali nello spazio assoluto. L'autore dei *Principia* riconosceva che per stabilire che una misura sensibile del moto di un corpo coincide con il suo moto reale, ovvero che un certo moto sensibile è correlato in qualche modo specifico con il suo moto reale, sarebbe stato necessario specificare sia gli intervalli temporali assoluti sia le coordinate nello spazio assoluto; ma non sapeva con certezza se tali requisiti si potessero soddisfare.

Riguardo al tempo assoluto, Newton dichiarò che «è possibile che non vi sia movimento talmente uniforme per mezzo del quale si possa misurare accuratamente il tempo. Tutti i movimenti possono essere accelerati e ritardati, ma il flusso del tempo assoluto non può essere mutato». Comunque Newton aveva rilevato che alcune misure del tempo, che sono oggetto di esperienza sensibile, potevano risultare preferibili ad altre. Propose che, per la definizione degli intervalli temporali, le eclissi delle lune di Giove e le oscillazioni dei pendoli venissero ritenute migliori del moto apparente del Sole attorno alla Terra.<sup>5</sup>

Ma anche se si potesse misurare il tempo assoluto, sarebbe pur sempre necessario situare un corpo nello spazio assoluto prima di poter determinare il suo moto assoluto. Newton era convinto che lo spazio assoluto dovesse esistere, e avanzò argomentazioni sia teologiche sia fisiche a sostegno della sua esistenza, anche se era meno certo che i corpi potessero essere situati in questo spazio.

Sulla scorta di motivazioni di ordine teologico, Newton riteneva che, data la creazione *ex nihilo* dell'universo, dovesse esistere un ricettacolo all'interno del quale è distribuita la materia creata. Proponeva che lo spazio assoluto fosse considerato un "effetto emanato" dal Creatore, una "disposizione di tutto l'essere" che non è né un attributo di Dio né una sostanza coeterna a Dio. Newton criticava l'identificazione di estensione e corpo proposta da Cartesio, in quanto spianava la strada all'ateismo, dato che, sempre secondo Cartesio, possiamo avere un'idea chiara e distinta dell'estensione, indipendentemente dalla sua natura di creatura divina.<sup>6</sup>

La più importante delle argomentazioni fisiche di Newton a favore dell'esistenza dello spazio assoluto era la sua analisi del moto di un secchio d'acqua rotante, riempito d'acqua.\* Newton osservò che se un secchio del genere viene sospeso a una corda ritorta e viene lasciato ruotare via via che la corda si svolge, la superficie del-

\* Molti interpreti hanno inteso che Newton avesse citato l'esperimento del secchio come prova dell'esistenza dello spazio assoluto. Ronald Laymon, comunque, ha sostenuto che Newton descrisse il secchio rotante solo per illustrare che, assumendo l'esistenza dello spazio assoluto, si possono distinguere i moti assoluti dai moti relativi.<sup>7</sup>

*L'esperimento del secchio di Newton*

Evento	Accelerazione dell'acqua relativa al secchio in un sistema di coordinate centrato sulla Terra	Superficie dell'acqua
1. Secchio fermo	no	piana
2. Secchio libero	sì	piana
3. Rotazione massima	no	concava
4. Secchio bloccato	sì	concava
5. Acqua ferma	no	piana

l'acqua rimane piana per un certo periodo di tempo, e solo poco a poco assume una forma concava. A lungo andare l'acqua comincia a ruotare alla stessa velocità del secchio. L'esperimento di Newton mostrò che la deformazione della superficie dell'acqua non può essere correlata con un'accelerazione dell'acqua relativa al secchio, dato che la superficie dell'acqua è successivamente piana e concava quando c'è un'accelerazione relativa, e dal momento che la superficie dell'acqua può essere o piana o concava quando non c'è accelerazione relativa.

Newton sostenne che la deformazione della superficie dell'acqua indicava che una forza era in azione. La seconda legge del moto associa forza e accelerazione. Ma questa accelerazione dell'acqua è un'accelerazione rispetto a che cosa? Newton ne concluse che, poiché l'accelerazione associata alla deformazione non è un'accelerazione relativa al secchio, deve essere un'accelerazione rispetto allo spazio assoluto.<sup>8</sup>

In seguito vari autori hanno messo in rilievo che la conclusione di Newton non segue dalle sue scoperte sperimentali. Ernst Mach, per esempio, ha rilevato che la deformazione era correlata non all'accelerazione rispetto allo spazio assoluto, bensì a un'accelerazione rispetto alle stelle fisse.<sup>9</sup>

Comunque, anche se Newton avesse avuto ragione a concludere che l'esperimento del secchio dimostra l'esistenza di un moto assoluto, ciò non sarebbe stato sufficiente a specificare un sistema di coordinate per individuare delle posizioni nello spazio assoluto. Questo Newton lo ammetteva, così come ammetteva che potrebbe non esserci nemmeno un singolo corpo in quiete rispetto allo spazio assoluto, valido come punto di riferimento per misurare le distanze in tale spazio.<sup>10</sup>

In questo modo Newton ammetteva che potrebbe non essere possibile ottenere una corrispondenza completamente soddisfacente tra moti osservati e moti veri nello spazio assoluto. La sua esplicita disamina di questo problema di corrispondenza indica che nei *Principia* Newton aveva impiegato un metodo assiomatico anziché il metodo induttivo dell'analisi.

*Un metodo assiomatico*

Il metodo assiomatico newtoniano si articola in tre fasi. La prima consiste nella formulazione di un sistema assiomatico. Secondo Newton un sistema assiomatico è un gruppo deduttivamente organizzato di assiomi, definizioni e teoremi. Gli assiomi sono proposizioni che non possono essere dedotte da altre proposizioni all'interno del sistema, e i teoremi sono le conseguenze deduttive di questi assiomi. Le tre leggi del moto sono gli assiomi della teoria della meccanica newtoniana. Esse stabiliscono rapporti invarianti fra termini quali "moto rettilineo uniforme", "variazione di moto", "forza impressa", "azione" e "reazione". Gli assiomi sono:

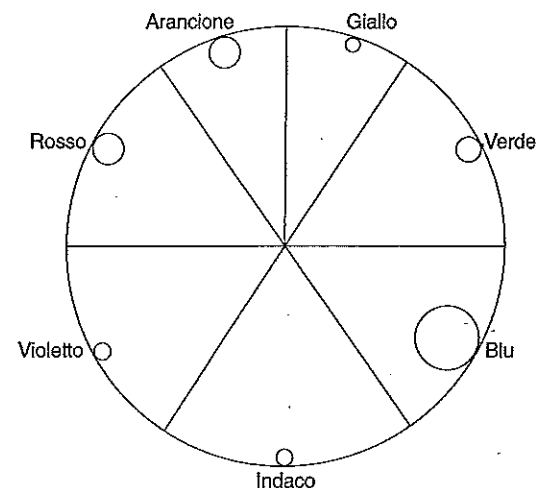
- I. Ogni corpo persevera nel proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, eccetto che sia costretto a mutare quello stato da forze impresse.
- II. Il cambiamento di moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza è stata impressa.
- III. A ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria: ossia, le azioni di due corpi sono sempre uguali fra loro e dirette verso parti opposte.<sup>11</sup>

Newton distingueva chiaramente le "grandezze assolute" che appaiono negli assiomi dalle loro "misure sensibili" che vengono determinate sperimentalmente. Gli assiomi sono *principi matematici* della filosofia naturale che descrivono i moti veri dei corpi nello spazio assoluto.

La seconda fase del metodo assiomatico consiste nello specificare una procedura per correlare i teoremi del sistema assiomatico con le osservazioni. Newton di solito richiedeva che i sistemi assiomatici fossero collegati a eventi nel mondo fisico.

Tuttavia, propose come oggetto di riflessione una teoria della mescolanza dei colori in cui il sistema assiomatico non era opportunamente collegato all'esperienza.<sup>12</sup> Newton specificò che si doveva tracciare una circonferenza e suddividerla in sette spicchi, ciascuno dei quali avrebbe dovuto corrispondere ai principali colori dello spettro, in maniera che le ampiezze degli spicchi fossero proporzionali agli intervalli musicali dell'ottava. Inoltre specificò che il numero dei raggi di ciascun colore della miscela doveva essere rappresentato da un circoletto di raggio maggiore o minore collocato al centro dell'arco per ogni colore presente nella miscela. Secondo Newton, il centro di gravità di questi circoletti forniva il colore risultante della miscela.

L'assioma di Newton su come tagliare una torta per soddisfare le armonie musicali ricorda le speculazioni pitagoriche di Keplero. Di certo l'assioma non è una generalizzazione induttiva. Eppure, anche se non vi sono prove a sostegno dell'assioma della suddivisione della torta, la teoria risulterebbe utile se in base a essa si potessero calcolare i risultati della mescolanza dei colori. Tuttavia Newton non fornì un'interpretazione empirica per l'espressione "numero di raggi". Dato che non aveva pre-



La teoria della mescolanza dei colori di Newton.

scritto come si dovessero determinare i diametri dei circoletti, la sua teoria della mescolanza dei colori era priva di significato empirico.

La meccanica newtoniana, per contro, è dotata di un significato empirico. Newton infatti aveva collegato il suo sistema assiomatico per la meccanica agli eventi del mondo fisico. Ottenne quindi il collegamento richiesto scegliendo «regole di corrispondenza» per la conversione di asserzioni riguardo a intervalli spaziali e temporali assoluti in asserzioni riguardanti intervalli spaziali e temporali misurati.

Nel caso degli intervalli spaziali, Newton asseriva in via di "ipotesi" che il centro di gravità del sistema solare è immobile e costituisce quindi un punto di riferimento conveniente per la determinazione di distanze assolute. In tal modo fu in grado di applicare il suo sistema assiomatico ai moti reali selezionando un sistema di coordinate la cui origine corrispondeva al centro di gravità del sistema solare.

I.B. Cohen ha sostenuto che Newton, impiegando in questo contesto la parola "ipotesi", voleva riferirsi a una proposizione che non era in grado di dimostrare.<sup>13</sup>

Ma sebbene Newton non fosse in grado di dimostrare che il centro di gravità del sistema solare è immobile, la sua ipotesi era compatibile con l'interpretazione dell'esperimento del secchio, in base alla quale il ritirarsi dell'acqua verso le pareti è un'accelerazione rispetto allo spazio assoluto. Secondo Newton, tale accelerazione centrifuga è tipica di quegli effetti che contraddistinguono i moti rispetto allo spazio assoluto da moti meramente relativi.<sup>14</sup> Newton credeva che «il moto che fa sì che la Terra

osi allontanarsi dal Sole» fosse anch'esso un moto assoluto.<sup>15</sup> Dato che il centro di gravità del sistema solare è il "centro" di questo moto di rivoluzione (per lo meno nella misura in cui l'orbita è approssimativamente circolare), l'ipotesi di Newton era coerente con le sue concezioni del moto assoluto.

Nel caso degli intervalli temporali, Newton non aveva detto che qualsiasi processo periodico poteva essere adottato a misura del tempo assoluto. Tuttavia, leggendo tra le righe, risulta piuttosto evidente che Newton aveva proposto una procedura per collegare il tempo assoluto alle sue misure sensibili. Un collegamento del genere potrebbe essere stabilito esaminando sequenze dipendenti dal tempo che sono state determinate impiegando metodi differenti per misurare il tempo. Se, per esempio, il rapporto distanza-tempo per le bilie che vengano fatte rotolare lungo piani inclinati risulta "più regolare" qualora il tempo venga determinato mediante le oscillazioni di un pendolo che non misurandolo mediante il peso dell'acqua che defluisce in un secchio attraverso un foro, allora l'orologio a pendolo è una "misura sensibile" migliore per il tempo assoluto.<sup>16</sup>

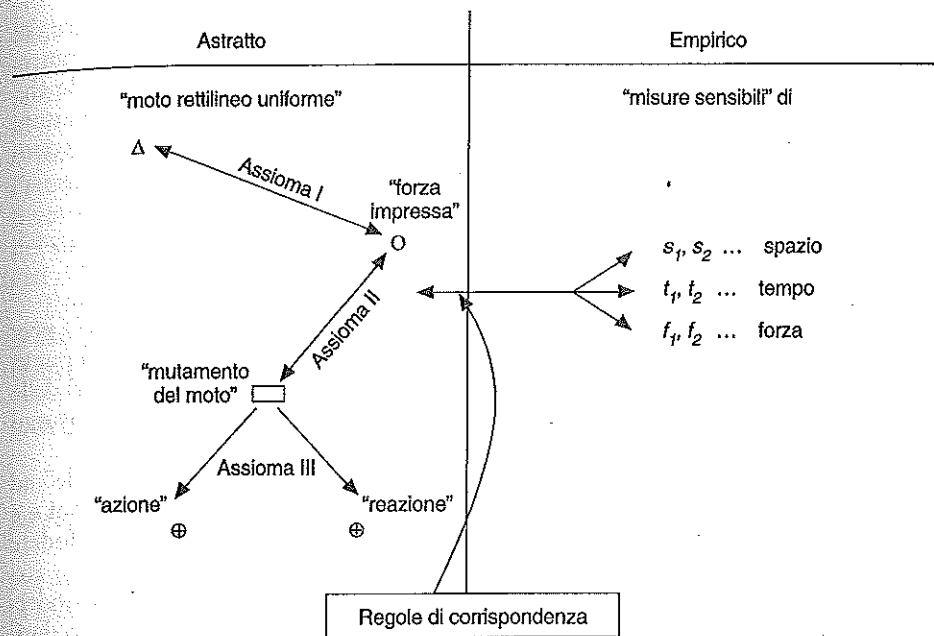
Newton distingueva quindi accuratamente lo status astratto di un sistema assiomatico dalla sua applicazione all'esperienza (vedi il diagramma riportato nella pagina seguente).

Nei *Principia* Newton operò la distinzione tra un sistema assiomatico e la sua applicazione. Nella sezione sulla dinamica dei fluidi, per esempio, distinse tra la «dinamica matematica», nella quale i moti vengono descritti in varie condizioni ipotetiche di resistenza, e la sua applicazione all'esperienza. Un'applicazione della dinamica matematica viene ottenuta in seguito alla determinazione sperimentale di come la resistenza di un mezzo specifico vari con la velocità di un corpo che si sposta attraverso di esso. Questa distinzione tra un sistema assiomatico e la sua applicazione empirica fu uno dei più importanti contributi di Newton alla teoria del metodo scientifico. Essa innalzò a un nuovo livello di raffinatezza l'ideale della sistematizzazione deduttiva della conoscenza scientifica.

La terza fase del metodo assiomatico newtoniano è la conferma delle conseguenze deduttive del sistema assiomatico interpretato empiricamente. Una volta che sia stata specificata la procedura per collegare i termini del sistema assiomatico ai fenomeni, il ricercatore deve cercare di stabilire un accordo fra i teoremi del sistema assiomatico e i moti dei corpi osservati.

Newton riconosceva che il grado della concordanza poteva essere incrementato attraverso la graduale trasformazione delle assunzioni originarie. Per esempio migliorò la corrispondenza empirica della sua teoria sul moto della Luna modificando l'assunzione iniziale secondo cui la Terra sarebbe una sfera omogenea. Questa procedura di retroazione è un aspetto importante di quello che Cohen ha chiamato lo «stile newtoniano» nella pratica della filosofia naturale.<sup>17</sup>

Newton stesso stabilì un'estesa concordanza tra il suo sistema assiomatico della meccanica, interpretato empiricamente, e il moto dei corpi celesti e terrestri. Un'e-



1. Centro di gravità del sistema solare assunto come centro dello spazio assoluto. 2. Scelta della "misura migliore" del tempo assoluto. 3. I corpi in movimento vengono analizzati come sistemi formati da un numero indefinitamente elevato di punti-massa. 4. La specificazione dei procedimenti sperimentali per misurare i valori delle forze impresses.

#### Il sistema assiomatico (interpretato) della meccanica di Newton.

semplificazione di ciò è data dai suoi esperimenti con pendoli in collisione. Newton dimostrò che una volta eseguite le opportune correzioni per la resistenza dell'aria, l'azione e la reazione sono uguali, a prescindere che i pesi dei pendoli siano costituiti di acciaio, vetro, sughero o lana.

Newton dunque sosteneva e applicava *due* teorie della procedura scientifica: il metodo dell'analisi e della sintesi e il metodo assiomatico. Credo che non si tolga nulla al suo genio qualora si metta in rilievo che Newton non ebbe sempre coerentemente presente la distinzione fra queste due teorie della procedura.

Il metodo dell'analisi e della sintesi e il metodo assiomatico condividono il medesimo obiettivo: la spiegazione e la previsione dei fenomeni. Eppure essi differiscono per un aspetto importante, in particolare modo qualora si assuma il punto di vista ristretto di ciò che le tecniche qualificano come "induzione". Il filosofo naturale che



segua il metodo dell'analisi cercherà di operare delle generalizzazioni a partire dai risultati dell'osservazione e dell'esperimento. Il metodo assiomatico, per contro, mette maggiormente in evidenza l'immaginazione creativa. Il filosofo naturale che voglia adottare questo metodo può cominciare la sua ricerca da un punto di partenza qualsiasi. Eppure il sistema di assiomi che così si definisce è rilevante per la scienza solo se lo si può collegare a ciò che può essere osservato.

### «*Hypotheses non fingo*»

Newton era d'accordo con Galilei sul fatto che le qualità primarie sono il vero e proprio oggetto d'indagine della fisica. Secondo Newton, il punto di partenza e il punto d'arrivo dell'indagine scientifica sono costituiti dalla determinazione dei valori delle "qualità manifeste", cioè quegli aspetti dei fenomeni che possono essere misurati sperimentalmente.

Newton cercò di circoscrivere il contenuto della sua "filosofia sperimentale" ad asserzioni riguardo a qualità manifeste, a "teorie" derivate da queste asserzioni e a quesiti che potessero condurre a ulteriori indagini. In particolare cercò di escludere le "ipotesi" dalla filosofia sperimentale.

L'uso newtoniano dei termini "teoria" e "ipotesi" non è conforme a quello moderno. Newton applicava il termine "teoria" a rapporti invarianti fra termini che designavano qualità manifeste. A volte parlava di questi rapporti invarianti come di rapporti "dedotti da" fenomeni, ma è quanto mai verosimile che con ciò intendesse alludere all'esistenza di una forte evidenza induttiva a favore di alcuni di questi rapporti.

Le "ipotesi", per contro, almeno in una delle accezioni impiegate da Newton,\* sono asserzioni riguardo a termini che designano "qualità occulte", per la cui misurazione non ci sono procedimenti noti.

Newton era molto suscettibile se le sue "teorie" sperimentalmente fondate venivano etichettate come "ipotesi". Per esempio, quando il matematico Ignatius Pardies si esprime incautamente sulla teoria dei colori di Newton definendola «un'ipotesi molto ingegnosa»,<sup>18</sup> prontamente il diretto interessato lo corresse, rilevando che era disponibile un'evidenza sperimentale decisiva a favore della teoria secondo cui la luce solare comprende raggi di diversi colori e proprietà rifrattive. Newton distinse attentamente la sua teoria secondo cui la luce ha certe proprietà di rifrazione da qualsiasi ipotesi riguardo a onde o corpuscoli con cui queste proprietà avrebbero potuto essere spiegate.<sup>19</sup>

Newton assunse una posizione analoga anche riguardo alla teoria dell'attrazione gravitazionale. Ribadì di avere dimostrato l'esistenza dell'attrazione gravitazionale e

\* I.B. Cohen ha esaminato nove significati del termine *hypothesis* negli scritti di Newton. Vedi I.B. Cohen, *Franklin and Newton*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1966, pagg. 138-140.

delle sue modalità di azione, spiegando così il moto dei pianeti, le maree e diversi altri fenomeni. Tuttavia non aveva alcuna intenzione di mettere a repentaglio questa teoria legandola a una particolare ipotesi sulla causa che sta alla base dell'attrazione. «Non invento ipotesi», scrisse.<sup>20</sup>

La sua severa ammonizione era rivolta in primo luogo contro le "spiegazioni" dell'attrazione gravitazionale formulate nei termini dell'ipotesi cartesiana degli invisibili vortici turbinanti dell'etere. Nei *Principia* Newton aveva dimostrato che l'ipotesi dei vortici di Cartesio aveva conseguenze che non si accordavano con i moti osservati dei pianeti.

Eppure, in altri contesti, Newton era disposto a prendere in considerazione ipotesi che spiegavano le correlazioni tra qualità manifeste. In effetti lui stesso si era trullato con un'ipotesi relativa a un mezzo etereo in grado di produrre l'attrazione gravitazionale. Tuttavia Newton teneva a sottolineare che la funzione di tali ipotesi è quella di indirizzare le future ricerche, e non di servire da premesse per sterili polemiche.

### *Le regole del filosofare*

Per indirizzare la ricerca di ipotesi esplicative *fruttuose*, Newton suggerì quattro principi regolativi ai quali si riferì, nella prima edizione dei *Principia*, definendoli «ipotesi» e, nella seconda edizione, «regole del filosofare». Questi principi regolativi sono:

- I. Delle cose naturali non devono essere ammesse cause più numerose di quelle che sono vere e bastano a spiegare i fenomeni.
- II. Perciò, finché può essere fatto, le medesime cause vanno attribuite a effetti naturali dello stesso genere.
- III. Le qualità dei corpi che non possono essere aumentate e diminuite, e quelle che appartengono a tutti i corpi sui quali è possibile impiantare esperimenti, devono essere ritenute qualità di tutti i corpi.
- IV. Nella filosofia sperimentale, le proposizioni ricavate per induzione dai fenomeni devono, nonostante le ipotesi contrarie, essere considerate vere o rigorosamente o quanto più possibile, finché non intervengano altri fenomeni, mediante i quali o sono rese più esatte o vengono assoggettate a eccezioni.<sup>21</sup>

A sostegno della regola I Newton si appellava a un principio di economia, dichiarando che la natura «non sovrabbonda in cause superflue delle cose». Eppure quello che Newton intendeva o avrebbe dovuto intendere per "causa vera" è stato motivo di qualche controversia. Sia William Whewell, sia John Stuart Mill, per esempio, criticarono Newton per non essere riuscito a specificare i criteri di identificazione delle cause vere. Whewell osservò che se Newton intendeva restringere la "causa vera" di un tipo di fenomeni a quelle cause di cui era già nota l'efficacia nella produzione di

altri tipi di fenomeni, allora la regola I sarebbe risultata esageratamente restrittiva. Infatti avrebbe precluso l'introduzione di nuove cause. Comunque Whewell non era affatto certo che questo fosse ciò che Newton intendeva dire. Osservò che Newton forse voleva solo restringere l'introduzione delle cause a quelle "simili per genere" a cause che erano state precedentemente stabilite. Whewell osservò che la regola I, se interpretata in questi termini, sarebbe risultata troppo vaga per poter costituire un principio guida per l'indagine scientifica. Di qualsiasi causa ipotetica si sarebbe infatti potuto affermare che essa esibisce una *qualche* somiglianza con altre cause individuate in precedenza. Dopo avere scartato queste alternative inadeguate, Whewell suggeriva che la "causa vera" menzionata da Newton è una causa che viene rappresentata in una teoria sostenuta dall'evidenza induttiva raccolta mediante l'analisi di diversi tipi di fenomeni.\*

Anche Mill, da parte sua, interpretava l'espressione «causa vera» in modo tale da riflettere la propria posizione filosofica. Coerentemente con la propria concezione dell'induzione, Mill ribadiva che una "causa vera" è caratterizzata dal fatto che la sua connessione con l'effetto a essa attribuito può essere dimostrata da un'evidenza indipendente.\*\*

Commentando la regola III, Newton rileva che le qualità che la soddisfano comprendono l'estensione, la durezza, l'impenetrabilità, la mobilità e l'inerzia. Newton ribadiva che tutte queste qualità andrebbero considerate qualità universali di tutti i corpi, quali che siano. Inoltre affermava che queste sono anche le qualità delle parti minute dei corpi. Nel Quesito xxxi dell'*Ottica* Newton espone un programma di ricerca per scoprire le forze che governano le interazioni delle più minute parti dei corpi. Espresse la speranza che lo studio delle forze di breve portata avrebbe consentito un'integrazione tra i fenomeni fisico-chimici come le transizioni di stato e la soluzione, da una parte, e la formazione dei composti dall'altra, allo stesso modo in cui il principio di gravitazione universale aveva consentito l'integrazione tra la dinamica terrestre e quella celeste. In seguito il programma di ricerca di Newton ricevette una elaborazione teorica a opera di Ruggero Giuseppe Boscovich e O.F. Mossotti e un'attuazione pratica nelle ricerche elettromagnetiche di Michael Faraday e negli svariati tentativi di misurare le affinità elettive degli elementi chimici.\*\*\*

### *La natura contingente delle leggi scientifiche*

Newton ripudiò il programma cartesiano di dedurre le leggi scientifiche da indubitabili principi metafisici. Inoltre negò che si potesse in qualche modo conseguire una

\* Il concetto whewelliano della «concordanza delle induzioni» è trattato nel capitolo 9.

\*\* La concezione milliana della relazione causale è affrontata nel capitolo 9.

\*\*\* Il ruolo di Newton nel programma di ricerca della scienza del XVIII secolo è stato analizzato in A. Thackray, *Atoms and Powers*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1970.

conoscenza necessaria delle leggi scientifiche. Secondo Newton, il filosofo naturale può stabilire che i fenomeni sono correlati in un certo modo, ma non può dimostrare che la relazione non potrebbe essere diversa.

È vero che Newton formulò l'idea che, se conoscessimo le forze che operano sulle più minute particelle della materia, potremmo capire perché i processi macroscopici si svolgano così come effettivamente si svolgono. Con questo l'autore dei *Principia* non sosteneva certo che tale conoscenza sarebbe stata una conoscenza necessaria della natura, ma, al contrario, affermava che tutte le interpretazioni dei processi naturali sono contingenti e sono suscettibili di revisione alla luce dell'evidenza successivamente accumulata.

## 9. Analisi delle implicazioni della nuova scienza per una teoria del metodo scientifico

### I. Lo status cognitivo delle leggi scientifiche

<i>Locke e la possibilità di una conoscenza necessaria della natura</i>	99
<i>Leibniz e il rapporto tra scienza e metafisica -</i>	101
<i>Lo scetticismo di Hume</i>	103
LA SUDDIVISIONE DELLA CONOSCENZA	104
IL PRINCIPIO DELL'EMPIRISMO	105
L'ANALISI DELLA CAUSALITÀ	106
<i>Kant e i principi regolativi nella scienza</i>	108
LA REPLICA A HUME	108
LE ANALOGIE DELL'ESPERIENZA E LA SCIENZA DELLA MECCANICA	110
L'ORGANIZZAZIONE SISTEMATICA DELLE LEGGI EMPIRICHE	111
SPIEGAZIONI TELEOLOGICHE	113

JOHN LOCKE (1632-1704) nacque a Wrington (Somerset). Studiò a Oxford, dove, nel 1660, venne nominato docente di greco e di filosofia. In seguito cominciò a interessarsi di medicina e conseguì il permesso di esercitare, ancora una volta a Oxford. Nel 1666 entrò al servizio del primo duca di Shaftesbury, e così divenne medico personale, amico e consigliere dell'influente statista. Quando Shaftesbury cadde in disgrazia, Locke fu costretto all'esilio nei Paesi Bassi. Fu appunto durante il soggiorno in Olanda che Locke portò a termine il *Saggio sull'intelletto umano* (1690) in cui esponeva le proprie concezioni riguardo alle prospettive e ai limiti della scienza. La sua fortuna politica rifiorì in seguito all'ascesa al potere di Guglielmo d'Orange nel 1689; poté rientrare in Inghilterra e accettò un incarico nell'amministrazione civile.

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646-1716) era figlio di un professore di filosofia morale all'Università di Lipsia. Lettore onnivoro e insaziabile, il giovane studiò filosofia nell'università del padre e giurisprudenza a Jena. Leibniz trascorse gran parte della vita adulta a corte,

prima a Magonza e poi a Hannover. Nel corso della permanenza a corte gli vennero affidate missioni diplomatiche che gli consentirono di allacciare contatti con numerose personalità della vita politica e intellettuale del tempo. Leibniz si adoperò indefessamente per la riforma giuridica, per l'unificazione religiosa dei protestanti e per il progresso delle scienze e della tecnologia. Intrattenne un'intensa corrispondenza con i principali pensatori dell'epoca e promosse attivamente la cooperazione scientifica nelle sue vesti di membro della Royal Society, dell'Accademia di Francia e dell'Accademia prussiana. Gli ultimi anni della sua vita furono amareggiati da aspre polemiche con i seguaci di Newton riguardo a chi spettasse il merito di avere elaborato il calcolo infinitesimale.

DAVID HUME (1711-1776) intraprese gli studi di giurisprudenza all'Università di Edimburgo, ma li abbandonò senza aver conseguito il titolo. Trascorrendo quindi gli studi legali per dedicarsi all'indagine filosofica. Trascorse alcuni anni a Rheims e a La Flèche, dove completò il suo *Trattato sulla natura umana*, un saggio che, come ebbe a dire il suo autore deluso dal risultato ottenuto, «quando vide le stampe era già morto». Hume tuttavia non si lasciò scoraggiare, e rielaborò il trattato, in forma divulgativa, pubblicando nel 1748 la *Ricerca sull'intelletto umano*. A questo saggio fecero seguito le *Ricerche sui principi della morale* (1751) e una prolissa *Storia d'Inghilterra* (1754-1762). I ripetuti tentativi di Hume di ottenere un incarico di docente alle Università di Edimburgo e Glasgow risultarono inutili. I suoi avversari lo accusarono di eresia e perfino di ateismo. Nel 1763 fu nominato segretario presso l'ambasciatore britannico in Francia, diventando così una delle figure di primo piano della società parigina.

IMMANUEL KANT (1724-1804) trascorse tutta la vita nelle immediate vicinanze della nativa Königsberg. Studiò filosofia e teologia all'Università di Königsberg, presso la quale in seguito divenne professore di logica e metafisica nel 1770. Le concezioni kantiane sull'importanza dei principi regolativi nell'indagine scientifica sono esposti nella *Critica della ragion pura* (1781) e nella *Critica del giudizio* (1790).

### *Locke e la possibilità di una conoscenza necessaria della natura.*

John Locke, che al pari di Newton era un convinto assertore dell'atomismo, specificò le condizioni che avrebbero dovuto essere soddisfatte per conquistare una conoscenza necessaria della natura. Secondo Locke, per raggiungere tale obiettivo si dovrebbero conoscere le configurazioni e i moti degli atomi e i modi in cui i moti degli atomi producono le idee delle qualità primarie e secondarie nell'osservatore. Locke rilevò che se si potessero soddisfare queste condizioni, allora saremmo in grado di sapere *a priori* che l'oro deve dissolversi nell'*aqua regis* ma non nell'*aqua fortis*, che il rabarbaro deve avere un effetto purgativo e che l'oppio deve rendere l'uomo sonnolento.<sup>1</sup>

Locke sosteneva che gli uomini ignorano le configurazioni e i moti degli atomi, anche se questa ignoranza è solo un fatto contingente, dovuto all'estrema piccolezza degli atomi. In linea di principio, quindi, sarebbe possibile riuscire a liberarsene, ma



anche se ciò avvenisse una conoscenza necessaria dei fenomeni non potrebbe essere raggiunta. Questo perché non si conosce ancora il modo in cui gli atomi manifestano alcune loro determinate proprietà.

Locke era convinto che i costituenti atomici di un corpo, proprio in virtù dei loro moti, sono dotati della capacità di produrre in noi le idee di qualità secondarie, come i colori e i suoni. Inoltre gli atomi di un corpo particolare hanno la capacità di agire sugli atomi di altri corpi in maniera tale da alterare i modi in cui questi corpi agiscono sui nostri sensi.<sup>2</sup> In un passo dei suoi scritti Locke affermò che solo per rivelazione divina potremmo conoscere i modi in cui i moti atomici producono in noi questi effetti.<sup>3</sup>

Altrove, Locke espresse la convinzione che il "mondo reale" degli atomi e il regno delle idee che costituisce la nostra esperienza fossero separati da un invalicabile divario epistemologico. Inoltre non manifestò alcuna propensione a esaminare ipotesi riguardo alla struttura atomica. Una caratteristica peculiare della sua filosofia della scienza è che, benché attribuisse coerentemente gli effetti macroscopici alle interazioni atomiche, Locke non fece mai alcun tentativo di correlare specifici effetti con ipotesi particolari riguardo ai moti atomici. Come ha rilevato John Yolton, Locke semmai raccomandava alla scienza una metodologia baconiana di correlazione e di esclusione, fondata sulla compilazione di storie naturali di ampio respiro.<sup>4</sup> Questo determinava uno spostamento dell'attenzione dalle "essenze reali", cioè le configurazioni atomiche dei corpi, alle "essenze nominali", cioè le proprietà osservate e i rapporti dei corpi.

Locke affermava che il massimo che si possa ottenere nella scienza è una raccolta di generalizzazioni riguardo all'associazione e alla successione dei fenomeni. Queste generalizzazioni sono tutt'al più probabili, e non soddisfano l'ideale razionalista della verità necessaria. Ragionando in questo modo, Locke arrivava talora a degradare la dignità della scienza naturale. In un passo dei suoi scritti ammise che lo scienziato esperto considera la natura in modo più raffinato rispetto a un osservatore impreparato, ma ribadì che si tratta soltanto «di giudizio e opinione, non conoscenza o certezza».<sup>5</sup>

In altri luoghi delle sue opere, tuttavia, Locke sembrava addirittura rinnegare le possibilità scettiche implicite nella sua distinzione tra proprietà primarie dei costituenti atomici dei corpi, che esistono indipendentemente dalle nostre esperienze percettive, e le nostre idee delle qualità secondarie. Era convinto che esistano collegamenti necessari in natura, sebbene tali collegamenti siano inaccessibili all'intelletto umano. Il filosofo spesso usò il termine "idea" in maniera tale da superare il divario epistemologico. Nel suo modo di esprimersi, le "idee" sono effetti di operazioni che avvengono nel "mondo reale" degli atomi. L'idea di una macchia rossa, per esempio, è qualcosa che appartiene al soggetto percipiente, ma è anche un effetto prodotto in qualche modo da processi esterni al soggetto (per lo meno in situazioni di visione normale). Locke era persuaso che fossero i moti dei costituenti atomici della materia a far sorgere in noi le idee dei colori e dei sapori, anche se non siamo in grado di conoscere come ciò avvenga. Sarebbe toccato a George Berkeley e a David Hume esigere che venisse esibita una giustificazione di questa assunzione.

### *Leibniz e il rapporto tra scienza e metafisica*

Leibniz, che era contemporaneo di Locke, fornì una valutazione alquanto più ottimistica degli obiettivi che la scienza può raggiungere. Leibniz era uno scienziato di professione, e diede importanti contributi alla matematica e alla fisica. Dalle sue scoperte scientifiche estropolava con fiduciosa familiarità asserzioni di tenore metafisico. In effetti Leibniz istituì uno scambio reciproco fra teorie scientifiche e principi metafisici: non soltanto sosteneva i propri principi metafisici con argomenti analogici basati sulle teorie scientifiche, ma impiegava anche principi metafisici per orientare la propria ricerca di leggi scientifiche.

Un esempio è fornito dal rapporto tra gli studi dei fenomeni di impatto e il principio di continuità. Leibniz impiegò il principio di continuità per sottoporre a critica le regole cartesiane sull'impatto. Osservò che, secondo Cartesio, se due corpi di uguali dimensioni e velocità collidono frontalmente, le velocità dei loro moti dopo l'impatto sono le stesse, ma hanno direzione opposta. Tuttavia se un corpo è più grande dell'altro, dopo l'impatto entrambi i corpi procedono nella direzione in cui stava viaggiando il corpo più grande. Leibniz obiettò che è irragionevole che un'aggiunta infinitesimale di materia possa tradursi in un cambiamento di comportamento di tipo discontinuo.<sup>6</sup> Dopo aver corretto le regole dell'impatto di Cartesio, Leibniz era più che disposto a ricorrere ai fenomeni dell'impatto per suffragare l'affermazione ontologica che l'invariabilità della natura agisce in maniera da evitare la discontinuità.

Un'interazione reciproca di tipo analogo è presente nella disamina leibniziana del rapporto tra principi di *extremum* in fisica e il principio di perfezione. Leibniz sosteneva, per esempio, che giacché la natura sceglie sempre, in una rosa di alternative, il modo di agire più semplice o diretto, il passaggio di un raggio di luce da un mezzo a un altro obbedisce alla legge di Snel.\* Leibniz ricavò la legge di Snel applicando il calcolo differenziale, che aveva sviluppato alla condizione che la "difficoltà di percorso" del raggio (la lunghezza del percorso moltiplicata per la resistenza del mezzo) fosse minima. Il risultato positivo di questa procedura fu accolto da Leibniz come argomento a sostegno del principio metafisico secondo cui Dio governa l'universo in maniera tale che possa esser realizzato un massimo di «semplicità» e «perfezione».<sup>7</sup>

Un'ulteriore prova della concezione leibniziana dell'interdipendenza di fisica e metafisica è costituita dal rapporto tra la conservazione della *vis viva* ( $mv^2$ ) e il principio di attività monadica. Da un lato Leibniz argomentava per analogia, a partire dalla conservazione della *vis viva* nel processo fisico, procedendo verso una caratterizzazione dell'essere in quanto essere come una "tensione interiore". Dall'altro

\* La legge di Snel afferma che « $\sin i/\sin r = \text{costante}$ » per qualsiasi coppia di mezzi trasparenti, dove  $i$  è l'angolo di incidenza di un raggio di luce e  $r$  è l'angolo di rifrazione.

lato, la convinzione che l'attività monadica sul piano metafisico debba avere il suo correlato sul piano fisico richiamò l'attenzione del filosofo verso la ricerca di qualche «entità» che fosse conservata nelle interazioni fisiche.

Gerd Buchdahl ha posto in rilievo l'importanza dell'impegno metafisico di Leibniz mettendo a confronto le analisi dei processi di collisione fornite rispettivamente da Christiaan Huygens e da Leibniz. Mentre Huygens si era limitato a osservare che in tali processi  $mv^2$ , considerato come il prodotto di parametri matematici, rimaneva costante, Leibniz aveva "sostanzializzato" la *vis viva*, e riteneva che la sua conservazione costituisse un principio fisico generale.<sup>8</sup>

Leibniz aspirava a interpretare l'universo in modo tale che la visione del mondo meccanicistica, che rivolge la sua attenzione alle cause materiali ed efficienti, fosse sostenuta da considerazioni teleologiche. I principi di *extremum*, il principio di conservazione e quello di continuità si prestavano bene a produrre la tanto desiderata integrazione della prospettiva meccanicistica con quella teleologica. Nel caso dei principi di *extremum*, per esempio, la connotazione teleologica è data dal fatto che i processi naturali si svolgono seguendo determinati procedimenti affinché certe quantità raggiungano un valore minimo (o massimo). Di qui, non ci vuol molto a dichiarare che l'Essere Perfetto ha creato l'universo con un procedimento tale che i processi soddisfano questi principi, e ciò era appunto il passaggio che Leibniz era impaziente di compiere.

Locke aveva lamentato il fatto che non possiamo progredire da una conoscenza riguardo all'associazione delle qualità delle cose a una conoscenza della loro intima costituzione, o «essenza reale». Leibniz adottava un atteggiamento completamente diverso nei confronti di questo divario epistemologico. Certo ammetteva che, a livello di fenomeni, gli scienziati possono conseguire solamente la probabilità, o «certezza morale». Ma era convinto del fatto che i principi metafisici generali che aveva formulato fossero verità necessarie. Le sostanze individuali (le monadi) si esplicano necessariamente in accordo con un principio di perfezione che garantisce la loro armoniosa interrelazione. Possiamo anche essere sicuri che questa attività monadica «sta alla base» dei fenomeni, ma non possiamo sapere che i principi metafisici devono essere esplicitati, a livello dei fenomeni, in un modo particolare.

Di regola, Leibniz sottolineava la certezza di questi principi metafisici piuttosto che la natura contingente della conoscenza empirica. Il suo atteggiamento era prevalentemente improntato all'ottimismo. In effetti, a volte sembrava voler riconoscere alle generalizzazioni empiriche qualcosa di più della mera probabilità. Tale incoerenza può essere forse attribuita alla predominante preoccupazione di stabilire la dipendenza del regno fenomenico dal regno metafisico.

Leibniz riconosceva che la rappresentazione di un ambito metafisico "dietro" i fenomeni presenta qualche interesse solo se vi sono forti nessi tra i due ambiti. I più forti nessi che si possano concepire sarebbero relazioni deduttive tra i principi meta-

fisici e le leggi empiriche. Se ammettiamo che i principi metafisici hanno uno status necessario, cioè una condizione di esistenza in cui è implicita la loro necessarietà, allora i rapporti deduttivi estenderebbero il dominio della concatenazione necessaria all'ambito dei fenomeni.

Leibniz era affascinato da questa possibilità. Impiegò un'analogia basata sulla teoria delle serie infinite per avanzare la tesi secondo cui vi sono forti nessi tra i due ambiti. L'analogia è che i principi metafisici sono correlati alle leggi fisiche tanto quanto la legge che genera una serie infinita è correlata agli elementi particolari di quella serie.<sup>9</sup> Ma anche se si dovesse accettare la forza argomentativa di questa analogia, ciò non significherebbe che i principi metafisici *implicano* le leggi empiriche. Dalla legge di una serie, per esempio

$$\left( \sum_{n=1}^{\infty} 1/n^2 \right)^*$$

non si può dedurre il valore di un particolare elemento della serie. La posizione dell'elemento della serie deve essere specificata (per esempio  $n = 5$ ). Analogamente, non si possono dedurre specifiche leggi empiriche dai soli principi metafisici. Il modo in cui un principio metafisico è stato realizzato nell'esperienza deve essere specificato. Eppure, per ammissione dello stesso Leibniz, non possiamo sapere che un principio metafisico deve essere realizzato in un modo specifico.

Credo che Leibniz fosse consapevole che l'analogia delle serie infinite non potesse essere spinta troppo in là. In un'altra occasione parlò delle forze fisiche come «echi» di forze metafisiche,<sup>10</sup> impiegando così una caratterizzazione estremamente vaga. E recedere da questa posizione avrebbe significato lasciare irrisolto il problema generale del rapporto tra i due ambiti, come pure il problema particolare riguardo allo status cognitivo dei principi di *extremum* e dei principi di conservazione così come vengono impiegati nella scienza.

### *Lo scetticismo di Hume*

David Hume estese l'impostazione scettica di Locke e le conferì coerenza rispetto alla possibilità di una conoscenza necessaria della natura. Hume negò coerentemente che una conoscenza delle configurazioni e interazioni atomiche, anche se avesse potuto essere conseguita, non avrebbe mai costituito una conoscenza necessaria della natura. Secondo Hume, perfino se le nostre facoltà fossero «perfettamente adeguate a penetrare nell'intimo tessuto» dei corpi, non potremmo acquisire alcuna cono-

\*  $\sum_{n=1}^{\infty} 1/n^2 = 1 + 1/4 + 1/9 + 1/16 + \dots = \pi^2/6.$

scienza di una concatenazione necessaria tra i fenomeni. Il massimo che potremmo sperare di imparare è che certe configurazioni e moti di atomi sono stati costantemente congiunti a determinati effetti macroscopici. Ma sapere che è stata osservata una congiunzione costante non significa sapere che un particolare moto debba produrre un particolare effetto. Hume riteneva che Locke avesse torto ad avanzare la tesi secondo cui se conoscessimo la configurazione atomica dell'oro, capiremmo senza bisogno di prova che quella sostanza deve essere solubile in *aqua regia*.

La negazione, da parte di Hume, della possibilità di una conoscenza necessaria della natura era basata su tre premesse enunciate esplicitamente: 1) ogni conoscenza può essere suddivisa e ricondotta alle categorie, che si escludono a vicenda, delle "relazioni di idee" ovvero delle "questioni di fatto"; 2) ogni conoscenza delle questioni di fatto è data nelle impressioni dei sensi e scaturisce a partire da esse; 3) una conoscenza necessaria della natura presupporrebbe la conoscenza della concatenazione necessaria degli eventi. Le argomentazioni che Hume portò a sostegno di queste premesse avrebbero esercitato una vastissima influenza sulle successive vicende della filosofia della scienza.

#### LA SUDDIVISIONE DELLA CONOSCENZA

Hume affermava che le asserzioni riguardo alle relazioni tra le idee e le asserzioni sulle questioni di fatto differiscono per due ordini di motivi. Il primo ordine riguarda il tipo di rivendicazioni di veridicità che possono essere avanzate nei confronti dei due diversi tipi di asserzioni. Le asserzioni certe sulle relazioni tra le idee sono verità necessarie; per esempio, dati gli assiomi della geometria euclidea, la somma degli angoli di un triangolo è pari a  $180^\circ$ , né potrebbe essere altrimenti.\* Affermare gli assiomi e negare il teorema è costruire un'autocontraddizione. Le asserzioni su questioni di fatto, d'altro canto, non possono essere che contingentemente vere. La negazione di un'asserzione empirica non è un'autocontraddizione: la fattispecie descritta avrebbe potuto essere diversa.

Il secondo motivo è il metodo impiegato per accertare la verità o la falsità dei rispettivi tipi di asserzioni. La verità o falsità delle asserzioni che riguardano relazioni di idee viene stabilita indipendentemente da qualsiasi appello a prove empiriche. Hume distingueva le asserzioni su relazioni di idee in quelle che sono intuitivamente certe e quelle che sono dimostrativamente certe. Per esempio, gli assiomi della geometria euclidea sono intuitivamente certi; la loro verità viene stabilita sulla base dell'esame dei significati dei termini di cui sono composti. I teoremi di Euclide sono

\* Nel *Trattato sulla natura umana* Hume aveva negato che le proposizioni della geometria costituissero verità necessarie, ma in seguito cambiò parere. Nella *Ricerca sull'intelletto umano* espresse la convinzione che le proposizioni geometriche, al pari delle proposizioni dell'aritmetica e dell'algebra, siano verità necessarie.

dimostrativamente certi: la loro verità viene stabilita dimostrando che essi sono le conseguenze deduttive degli assiomi. Qualsiasi rinvio alla misurazione delle figure tracciate sulla carta o sulla sabbia è del tutto irrilevante. Hume dichiarò che «anche se non esistessero in natura cerchi o triangoli, le verità dimostrate da Euclide conserverebbero sempre la loro certezza ed evidenza».<sup>11</sup>

La verità o la falsità delle asserzioni sulle questioni di fatto, d'altra parte, deve essere stabilita appellandosi alle prove empiriche. Non si può stabilire la verità di un'asserzione secondo cui qualcosa è accaduto o accadrà, semplicemente pensando al significato delle parole.

In tal modo Hume ottenne una demarcazione delle asserzioni necessarie della matematica rispetto alle asserzioni contingenti della scienza empirica, precisando così la distinzione di Newton tra un sistema deduttivo formale e la sua applicazione all'esperienza. In seguito Albert Einstein avrebbe riformulato l'intuizione di Hume nei seguenti termini: «Quando le leggi della matematica si riferiscono alla realtà non sono certe; quando esse sono certe, non si riferiscono alla realtà».<sup>12</sup> La demarcazione stabilita da Hume innalzava un ostacolo insormontabile sul cammino di qualsiasi pitagorismo ingenuo che avesse aspirato a leggere nella natura una struttura matematica necessaria.

#### IL PRINCIPIO DELL'EMPIRISMO

Hume sosteneva che Cartesio sbagliava quando affermava che possediamo idee innate dell'intelletto, di Dio, del corpo e del mondo. Secondo il filosofo scozzese le impressioni dei sensi sono l'unica fonte di conoscenza sulle questioni di fatto.\* Così facendo riecheggiava il *dictum* di Aristotele secondo cui non v'è nulla nell'intelletto che prima non sia stato nei sensi. La versione di Hume era che:

tutte le nostre idee non sono che copie delle nostre impressioni o, in altre parole, è impossibile che noi pensiamo qualche cosa che non abbiamo antecedentemente sentita, sia per mezzo dei nostri sensi esterni che di quelli interni.<sup>13</sup>

La tesi di Hume è un'ipotesi psicologica sulla genesi della conoscenza empirica ma anche una stipula logica riguardo all'ambito dei concetti empiricamente significativi. Hume aveva ristretto l'ambito dei concetti empiricamente significativi a quelli che possono essere "derivati dalle" impressioni.<sup>14</sup> Secondo questa enunciazione, il criterio humeano rimane piuttosto vago. In altri passi della *Ricerca*, Hume sosteneva che il ruolo della mente nel generare conoscenza è ristretto alla combinazione, alla trasposizione, all'incremento o alla riduzione delle idee "copiate dalle" impres-

\* Hume comprendeva tra le impressioni dei sensi i desideri, le volizioni e i sentimenti nonché i dati visivi, uditivi, tattili e olfattivi.

sioni.<sup>15</sup> Presumibilmente viene escluso ogni concetto che non sia una "copia" di un'impressione né il risultato di un processo di combinazione, trasposizione, incremento o riduzione. I concetti esclusi dallo stesso Hume comprendono il «vuoto»,<sup>16</sup> la «sostanza»,<sup>17</sup> l'«individualità eterna»,<sup>18</sup> e il «grado di connessione necessaria degli eventi».<sup>19</sup>

L'analisi di Hume è stata interpretata come un rafforzamento dell'induttivismo baconiano, una tradizione che forse deve tanto alle indagini epistemologiche del filosofo scozzese quanto all'ammaestramento dello stesso Francesco Bacone. Interpretandolo in questi termini, si è ritenuto che secondo Hume la scienza prende avvio dalle impressioni dei sensi e può considerare solamente quei concetti che sono in qualche modo "costruiti" a partire dai dati sensoriali. Tale concezione è in accordo con il metodo dell'analisi, ma non con il metodo assiomatico di Newton.

Eppure, sebbene questa interpretazione di Hume abbia esercitato una considerevole influenza, essa non rende giustizia alla complessità della posizione humeana. Infatti, Hume riconosceva che alla formulazione di una teoria comprensiva, qual è la meccanica newtoniana, si giunge grazie a un'intuizione creativa non riducibile a «composizione, trasposizione, incremento o riduzione» delle idee copiate dalle impressioni. Quel che negava, tuttavia, era che una qualsiasi di queste teorie potesse assurgere allo status di verità necessaria.

#### L'ANALISI DELLA CAUSALITÀ

Bacone e Locke avevano dibattuto la questione di una conoscenza necessaria della natura da un punto di vista scolastico. Entrambi avevano raccomandato lo studio della coesistenza delle proprietà. Hume aveva spostato la ricerca della conoscenza empirica necessaria verso le sequenze di eventi. Chiese se una conoscenza necessaria di tali sequenze fosse possibile, e decise che non lo era. Hume riteneva che per stabilire una conoscenza necessaria di una sequenza di eventi si sarebbe dovuto provare che tale sequenza non sarebbe potuta essere altrimenti. Tuttavia rilevava che non era autocontraddittorio affermare che, sebbene ogni *A* sia stato seguito da un *B*, il prossimo *A* non sarà seguito da un *B*.

Hume prese avvio dalla disamina della nostra idea di "relazione causale". Osservò che se per "relazione causale" intendiamo tanto "congiunzione costante" quanto "congiunzione necessaria", allora non possiamo affatto pervenire ad alcuna conoscenza. Ciò è dovuto al fatto che non abbiamo alcuna impressione di quale sia la forza o il potere per mezzo del quale un *A* sia costretto a produrre un *B*. Il massimo che possiamo stabilire è che gli eventi di un certo tipo sono stati invariabilmente seguiti da eventi di un secondo tipo. Da ciò Hume concludeva che la sola conoscenza "causale" che possiamo sperare di ottenere è una conoscenza relativa all'associazione *de facto* di due classi di eventi.

Hume ammetteva che noi sentiamo che vi è qualcosa di necessario in molte suc-

cessioni di eventi. Secondo Hume, questa sensazione è un'impressione del «senso interno», un'impressione derivata dall'abitudine. Il filosofo scozzese dichiarava che

dopo il ripetersi di casi simili, la mente viene spinta dall'abitudine, in base al presentarsi di un evento, ad attendere che l'evento che di solito lo accompagna, e a credere che esso si verificherà.<sup>20</sup>

Naturalmente il fatto che la mente pervenga ad anticipare un *B* all'apparizione di un *A* non costituisce la prova che vi è una concatenazione necessaria tra *A* e *B*.

Coerentemente con questa analisi, Hume stabilì le definizioni delle relazioni causali sia da un punto di vista oggettivo sia da un punto di vista soggettivo. Considerata oggettivamente, una relazione causale è una congiunzione costante dei membri di due classi di eventi; considerata soggettivamente, una relazione causale è una sequenza tale che, alla comparsa di un evento della prima classe, la mente è indotta ad anticipare un evento della seconda classe.

Queste due definizioni compaiono sia nel *Trattato* che nella *Ricerca*.<sup>21</sup> Tuttavia nella *Ricerca* Hume aggiunse alla prima definizione la seguente precisazione: «In altre parole: dove, se il primo oggetto non è esistito, non è esistito nemmeno il secondo».<sup>22</sup> Se sostituiamo a "oggetto" il termine "evento", che è coerente con l'uso proprio di Hume, appare evidente che questa nuova definizione non è equivalente alla prima. Per esempio, nel caso di due orologi a pendolo simili regolati in modo da funzionare fuori fase con una differenza costante di 90°, i ticchettii dei due orologi sono costantemente congiunti, ma questo non implica che se venisse arrestato il pendolo dell'orologio 1, anche l'orologio 2 smetterebbe di ticchettare.

L'introduzione di questa precisazione nella *Ricerca*, da parte di Hume, potrebbe costituire un indizio del fatto che non era completamente soddisfatto di stabilire un'equivalenza tra la relazione causale e la regolarità *de facto*. Un'altra indicazione analoga del suo disagio è il fatto che abbia inserito nel *Trattato* un elenco, conciso e privo di ogni commento, di otto «regole per mezzo delle quali si giudicano le cause e gli effetti».<sup>23</sup> Tra queste regole vi sono versioni dei metodi della concordanza e della differenza e delle variazioni concomitanti, che furono poi resi celebri da Mill.

Il metodo della differenza, in particolare, consente all'osservatore di valutare la concatenazione causale sulla base dell'osservazione di due soli esempi. Sembrerebbe, in questo caso, che Hume abbia contraddetto la sua "posizione ufficiale" secondo la quale siamo autorizzati a chiamare "causale" una relazione solo sulla base dell'esperienza di una congiunzione costante di due tipi di eventi. Hume negava ciò, e ribadiva che, sebbene la credenza secondo cui una successione di eventi costituisce una successione causale possa sorgere perfino a seguito di una singola osservazione della successione, cionondimeno tale credenza è il prodotto dell'abitudine. Questo è dovuto al fatto che il giudizio relativo a una concatenazione causale in tali casi dipende implicitamente dalla generalizzazione secondo cui oggetti simili in circostanze



simili produrranno effetti simili. Eppure questa stessa generalizzazione esprime la nostra aspettativa, che si basa sull'esperienza estensiva di eventi costantemente congiunti. Perciò la nostra credenza in una concatenazione causale è invariabilmente una questione di aspettative consuetudinarie.

Dopo aver così spiegato l'origine della nostra credenza nella concatenazione causale, Hume mise prontamente in evidenza che nessun appello alla regolarità dell'esperienza passata è in grado di garantire l'avverarsi delle nostre aspettative riguardo al futuro. Asserì che è «impossibile che argomenti ricavati dall'esperienza possano provare questa somiglianza del passato con il futuro, poiché tutti questi argomenti sono fondati appunto sulla supposizione di tale somiglianza.<sup>24</sup> Perciò non è possibile conseguire una conoscenza dimostrativa delle cause a partire da premesse che enunciano questioni di fatto.

Hume aveva così portato a termine un attacco generalizzato alla possibilità di una conoscenza necessaria della natura. Tale conoscenza avrebbe dovuto essere o immediata o dimostrativa. Hume aveva dimostrato che non è possibile alcuna conoscenza immediata delle cause, perché non abbiamo alcuna impressione di qualsivoglia concatenazione necessaria; aveva altresì dimostrato che non è possibile ottenere una conoscenza dimostrativa delle cause, né in base a premesse che enunciano relazioni *a priori* vere di idee, né in base a premesse che enunciano questioni di fatto. Sembrava che non sussistessero altre possibilità. Nessuna interpretazione scientifica può conseguire la certezza di un enunciato quale "l'intero è maggiore di ciascuna delle sue parti". La probabilità è la sola rivendicazione difendibile che possa essere accampata per le leggi e le teorie scientifiche.

Sebbene lo scetticismo di Hume fosse stato accolto come una minaccia alla scienza da coloro che non si accontentavano della conoscenza "meramente probabile", Hume stesso era pronto a fare affidamento sulla testimonianza dell'esperienza passata. Sul piano pratico, il filosofo scozzese non era uno scettico. Scrisse infatti che

la consuetudine, dunque, è la grande guida della vita umana. È questo l'unico principio che ci rende utile l'esperienza [...] Senza l'influsso della consuetudine saremmo del tutto ignoranti di ogni materia di fatto all'infuori di ciò che è immediatamente presente alla memoria e ai sensi.<sup>25</sup>

### *Kant e i principi regolativi nella scienza*

#### LA REPLICA A HUME

Immanuel Kant riconobbe apertamente di essere rimasto assai turbato dall'analisi della causalità fornita da Hume, e dovette ammettere che, se la forma e il contenuto delle leggi scientifiche derivano integralmente dall'esperienza sensibile, così come

aveva sostenuto Hume, allora non vi è alcuna possibilità di sfuggire alla conclusione proposta dall'autore della *Ricerca*. Eppure Kant non era disposto ad ammettere la validità della premessa humeana. Contro Hume, il filosofo di Königsberg sosteneva che sebbene ogni conoscenza empirica "scaturisca dalle" impressioni dei sensi, non è vero che tutta quella conoscenza "sia data in" queste impressioni. Kant distingueva tra una materia e una forma dell'esperienza sensibile, e riteneva che le impressioni dei sensi fornissero la materia prima della conoscenza empirica, mentre il soggetto conoscente stesso fosse il responsabile dell'organizzazione strutturale-relazionale di questo materiale grezzo.

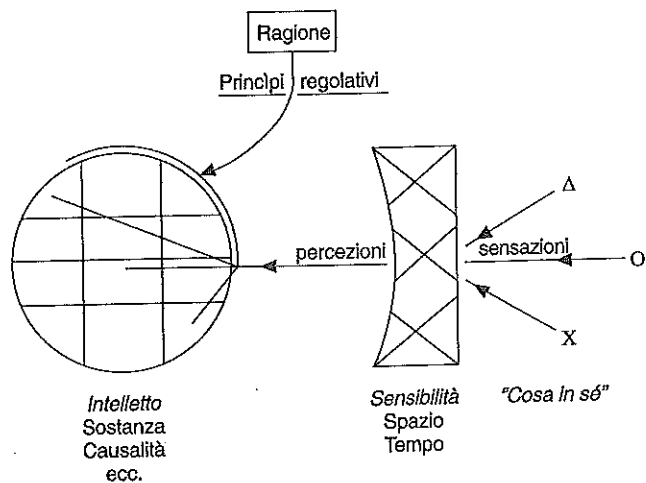
Kant credeva che Hume avesse ipersemplificato il processo conoscitivo, riducendo le operazioni della mente a una mera «composizione, trasposizione, incremento o riduzione» delle idee "copiate dalle" impressioni. La teoria della conoscenza che Kant proponeva era più complessa. Kant distinse tre fasi dell'organizzazione cognitiva dell'esperienza. Anzitutto le «sensazioni» non strutturate vengono ordinate rispetto allo spazio e al tempo (le «forme della sensibilità»). Nella seconda fase, le «percezioni» così ordinate vengono correlate attraverso i concetti di Unità, Sostanzialità, Causalità e Contingenza (quattro delle dodici «categorie della conoscenza»). Nella terza fase i «giudizi di esperienza» così formati vengono organizzati in un singolo sistema della conoscenza per mezzo dell'applicazione dei «principi regolativi della ragione».

Secondo Kant, l'inadeguata teoria della conoscenza di Hume era associata a una teoria della scienza altrettanto inadeguata. Kant credeva che il filosofo scozzese si preoccupasse della generalizzazione induttiva. Riteneva che attribuirle una simile rilevanza potesse distogliere l'attenzione dalla più importante caratteristica della scienza: il tentativo di conseguire un'organizzazione sistematica della conoscenza. Kant era rimasto profondamente colpito dalla portata e dalla potenza della geometria euclidea e della meccanica newtoniana e attribuiva l'entità di tale portata e di tale potenza alle strutture deduttive di queste discipline.

Kant riconosceva nell'organizzazione sistematica dell'esperienza il traguardo che deve essere perseguito dal soggetto conoscente, ed era convinto che il progresso verso la sistematizzazione desiderata dovesse essere conseguito mediante l'applicazione di principi regolativi. Nella sua teoria della conoscenza, la facoltà della ragione prescrive all'intelletto determinate regole in vista dell'ordinamento dei giudizi empirici. Kant aveva ben chiaro che i principi regolativi della ragione non possono essere impiegati per giustificare alcun sistema particolare di giudizi empirici. Semmai, essi prescrivono i modi in cui si potranno costruire le teorie scientifiche affinché risultino conformi agli ideali dell'organizzazione sistematica.

Kant formulò criteri di accettabilità che rispecchiano la rilevanza attribuita all'organizzazione sistematica dell'esperienza. Per quanto riguardava le leggi empiriche individuali, il filosofo di Königsberg attenuava l'importanza della conferma per mezzo di esempi, in cui si constata che le conseguenze deduttive delle leggi si





L'esperienza cognitiva secondo Kant.

accordano con le osservazioni. Kant credeva che fosse più importante l'integrazione delle leggi in sistemi deduttivi. Riteneva, per esempio, che sebbene le leggi di Keplero fossero suffragate dai dati sui moti planetari, esse venivano altresì suffragate, e in misura di gran lunga maggiore, dall'"integrazione" nella teoria della meccanica newtoniana.

Per quanto riguardava le teorie, Kant citava come criteri di accettabilità il potere predittivo e la controllabilità, e rilevava che le teorie riuscite collegano leggi empiriche per mezzo del riferimento a nuove entità o relazioni. In questa sistematizzazione è implicita la possibilità di estendere l'interpretazione di tali entità o relazioni a ulteriori ambiti dell'esperienza. Kant richiamava così l'attenzione sulla fecondità delle teorie scientifiche, e proponeva che venissero considerate più accettabili quelle teorie che estendono la nostra conoscenza sulle correlazioni fenomeniche.

#### LE ANALOGIE DELL'ESPERIENZA E LA SCIENZA DELLA MECCANICA

Nella *Critica della ragion pura* Kant identificava tre «analogie dell'esperienza» che vengono associate alle categorie di Sostanza, di Causalità e di Azione reciproca, e ribadiva che queste analogie stipulavano le condizioni necessarie della possibilità stessa della conoscenza empirica oggettiva. La prima analogia, il principio di permanenza della sostanza, stabilisce che la sostanza si conserva attraverso tutti i mutamenti. La seconda analogia, il principio di causalità, stabilisce che per ogni evento vi è un qual-

che insieme di circostanze antecedenti a partire dalle quali l'evento segue secondo una regola. E la terza analogia, il principio di comunità, specifica che le sostanze percepite come coesistenti nello spazio sono in interazione reciproca l'una con l'altra.

Nei *Principi metafisici della scienza della natura*, Kant cercò di spiegare come queste analogie potessero essere applicate alla scienza della meccanica. Secondo il filosofo di Königsberg, l'oggetto d'indagine della meccanica è la materia in movimento, nella misura in cui tale materia dispone di forze attrattive e repulsive. Riteneva che, se venivano applicate alla meccanica, le analogie dell'esperienza erano trasformate nei principi di conservazione della materia, del moto inerziale e dell'uguaglianza di azione e reazione (*vedi* la tabella riportata qui sotto).

Kant affermava che i tre principi della meccanica sono principi regolativi che dovrebbero guidare la ricerca di leggi empiriche specifiche. Essi stabiliscono che per spiegare un evento si deve trovare un insieme di circostanze precedenti a partire dalle quali seguono, in base a una regola, eventi dello stesso tipo, in maniera tale che la materia viene conservata, le modificazioni del moto di un corpo vengono attribuite a forze esterne al corpo stesso e l'azione è equilibrata dalla reazione. Sosteneva inoltre che la conoscenza empirica oggettiva può essere conseguita solo se le leggi individuali vengono formulate in maniera tale da risultare conformi a questi principi.

#### L'ORGANIZZAZIONE SISTEMATICA DELLE LEGGI EMPIRICHE

Kant riteneva che vi fossero ulteriori principi regolativi, validi per l'organizzazione delle leggi individuali in un'interpretazione sistematica della natura. Nella *Critica del giudizio* affermava che:

il Giudizio riflettente, che è obbligato a risalire dal particolare della natura all'universale, ha dunque bisogno di un principio, che esso non può ricavare dall'esperienza,

Categoria	Principio della meccanica	Analogia dell'esperienza
Sostanza	Conservazione della sostanza	Conservazione della materia
Causalità	Principio di causalità (ogni evento ha un antecedente da cui deriva secondo una regola)	Principio di inerzia
Azione reciproca	Comunità di interazione (tutte le cose che esistono simultaneamente sono reciprocamente correlate)	Uguaglianza di azione e reazione

perché è un principio, che deve fondare appunto l'unità di tutti i principii empirici sotto principii parimenti empirici ma superiori, e quindi la possibilità della subordinazione sistematica di tali principii. Questo principio trascendentale il Giudizio riflettente può dunque darselo soltanto esso stesso come legge, non derivarlo da altro.<sup>26</sup>

Secondo Kant, il principio regolativo generale che il Giudizio riflettente prescrive a se stesso è la «finalità della natura».

Kant infatti affermava che, sebbene non possiamo provare che la natura sia organizzata in maniera finalistica, dobbiamo sistematizzare la nostra conoscenza empirica come se la natura fosse organizzata in questo modo. Kant credeva che la sistematizzazione della conoscenza empirica fosse possibile solo se si agisce sulla base del presupposto che un "intelletto" diverso dal nostro ci ha provvisto di particolari leggi empiriche organizzate in maniera tale da rendere possibile per noi un'esperienza unificata.

In se stesso, il principio della finalità della natura sembra dirci soltanto che se cerchiamo di costruire una subordinazione sistematica delle leggi empiriche, dobbiamo agire sulla base dell'assunto che tale traguardo è raggiungibile. Presumibilmente dovremo lasciar perdere gli insiemi di leggi incoerenti in quanto essi sono incompatibili con un'organizzazione teleologica della natura. Eppure ciò non fornisce che un piccolissimo indizio riguardo a quali generi di sistema potrebbero soddisfare il principio della finalità della natura.

Kant specificò ulteriormente il significato del principio della finalità della natura formulando un elenco di massime che riteneva fossero suggerite proprio da tale principio:

- I. «La natura prende il più breve cammino (*lex parsimoniae*)».\*
- II. Essa «non fa alcun salto, né nella serie dei suoi cambiamenti, né nella giustapposizione delle sue forme specificamente diverse (*lex continui in natura*)».<sup>27</sup>
- III. In natura esiste solo un ristretto numero di interazioni causali.
- IV. In natura esiste una subordinazione di specie e generi a noi comprensibili.
- V. Si possono incorporare le specie al di sotto di generi progressivamente più elevati.

Queste massime diventano principi regolativi quando il ricercatore interroga la natura sulla base dell'assunto che tali massime siano state soddisfatte. Kant riteneva che questi principi regolativi specificassero come dovremmo giudicare per raggiungere una conseguenza sistematica della natura.<sup>28</sup>

\* Kant fu molto impressionato dal principio della "minima azione" di Maupertuis, in base al quale, data una conveniente interpretazione del concetto di "azione", potrebbero essere dedotte le leggi che governano l'equilibrio statico, le collisioni e la rifrazione. Il principio della minima azione, come il principio del "minimo sforzo" di Leibniz, sembrava spiegare perché queste leggi individuali vengano rispettate. Maupertuis interpretava il principio come prova dell'attività teleologica del Creatore. Kant, tuttavia, riconosceva al principio solo lo status di un principio regolativo.

Nella *Critica della ragion pura* Kant propose tre principi regolativi aggiuntivi che avrebbero dovuto guidare la ricerca nelle discipline tassonomiche: un principio di omogeneità, il quale stabilisce che le differenze specifiche devono essere tralasciate affinché le specie possano essere raggruppate in generi; un principio della specificazione, il quale stabilisce che le peculiari differenze devono essere esaltate in maniera che le specie possano essere ripartite in sottospecie; e un principio della continuità delle forme, il quale stabilisce che ci deve essere una transizione continua e graduale di specie in specie. Kant affermava che il principio dell'omogeneità rappresenta un fattore di controllo per evitare che venga scoperta una stravagante varietà di specie e di generi, che il principio di giustificazione rappresenta un fattore di controllo per evitare la generalizzazione affrettata e che il principio della continuità delle forme unisce i due primi principi imponendo che tra essi venga mantenuto un equilibrio.<sup>29</sup>

Oltre a prescrivere questi diversi principi regolativi, Kant propugnava l'impiego dell'idealizzazione nelle teorie scientifiche. Riconosceva che in molti casi l'organizzazione sistematica di leggi empiriche è facilitata dall'introduzione della semplificazione concettuale; quindi non desiderava limitare il materiale grezzo delle teorie scientifiche a concetti «derivati dalla natura». Kant citava i concetti di «terra pura», di «acqua pura» e di «aria pura» a titolo di esempi non inferiti dai fenomeni, e suggeriva che l'impiego di tali concetti avrebbe potuto facilitare la spiegazione sistematica dei fenomeni chimici.<sup>30</sup> I suoi esempi sono meno cogenti delle esplicite idealizzazioni del "pendolo ideale" e della "libera caduta nel vuoto" di Galilei; eppure a Kant va reso atto di aver intuito che un empirismo ingenuo non è in grado di fornire una base concettuale della scienza sufficientemente ricca.

#### SPIEGAZIONI TELEOLOGICHE

Il principio della finalità della natura ci intima di indagare la natura come se le leggi che scopriamo appartenessero a un sistema di leggi organizzate da un "intelletto" diverso dal nostro. Se procediamo su queste basi, siamo vincolati a indagare sulla posizione occupata dalle leggi particolari nel sistema della natura come un tutto. Questo è particolarmente vero nelle scienze biologiche. Non possiamo fare a meno di porci interrogativi riguardo agli scopi cui assolvono le regolarità osservate nella struttura, nella funzionalità e nel comportamento. Le risposte a questi interrogativi sono spesso spiegazioni teleologiche, caratterizzate dall'impiego della formula "allo scopo di" o di un suo equivalente.

Kant era convinto che le spiegazioni teleologiche avessero valore per la scienza per due motivi. In primo luogo esse hanno un valore euristico nella ricerca di leggi causali. Kant sosteneva che porsi interrogativi riguardo ai "fini" poteva suggerire nuove ipotesi riguardo ai "mezzi", ampliando così la nostra conoscenza dell'interazione meccanica dei sistemi e delle loro parti.<sup>31</sup> In secondo luogo queste interpreta-

zioni contribuiscono all'ideale dell'organizzazione sistematica della conoscenza empirica in quanto integrano le interpretazioni causali disponibili. Kant credeva che le interpretazioni causali dovessero essere estese quanto più possibile, ma era pessimista riguardo alla possibilità di un'interpretazione causale estensiva dei processi biologici.

Il pessimismo di Kant si basava sulla sua concezione della natura degli organismi viventi. Secondo il filosofo, gli organismi viventi presentano una dipendenza reciproca tra la parte e l'intero. Non solo l'intero è ciò che è in virtù dell'organizzazione delle parti, ma una parte è ciò che è in virtù del suo rapporto con il tutto. Ciascuna parte di un organismo vivente è correlata con il tutto sia in quanto causa sia in quanto effetto. Un organismo è sia un intero organizzato, sia un intero auto-organizzante. Kant credeva che questa dipendenza reciproca della parte e del tutto non potesse essere spiegata completamente per mezzo di leggi causali, poiché le leggi causali stabiliscono solo che particolari stati di un organismo seguono da altri stati secondo una regola.

Perciò vi sono limitazioni all'interpretazione causale della natura. Kant metteva in evidenza le limitazioni, ma non caldeggiava un ritorno a una "teleologia facile" in cui le strutture e le funzioni vengono liquidate facendo riferimento a cause finali. Per Kant, la spiegazione adeguata dei fenomeni naturali è quella formulata in termini di leggi che enunciano regolarità in base a cui gli eventi succedono. Il concetto di "causalità" è costitutivo di una conoscenza empirica oggettiva. Il concetto di "fine" non lo è. Kant affermava che il principio della finalità della natura può essere solo un principio regolativo per mezzo del quale la ragione seleziona come proprio fine l'organizzazione sistematica di leggi empiriche. Ricollocando la teleologia a livello di attività regolativa della ragione, il filosofo di Königsberg raggiunse quell'integrazione tra accentuazione teleologica e accentuazione meccanicistica a cui aveva aspirato Leibniz.

## II. Teorie della procedura scientifica

<i>La teoria del metodo scientifico di Herschel</i>	115
IL CONTESTO DELLA SCOPERTA	116
<i>Leggi di natura</i>	117
<i>Teorie</i>	118
IL CONTESTO DELLA GIUSTIFICAZIONE	118
<i>Le conclusioni di Whewell sulla storia delle scienze</i>	120
LA MORFOLOGIA DEL PROGRESSO SCIENTIFICO	120
<i>Dati di fatto e idee</i>	120
<i>Modelli della scoperta scientifica</i>	121
<i>Analisi dei dati di fatto e spiegazione dei concetti</i>	121
<i>Collegamento dei dati di fatto</i>	123

<i>L'analogia degli affluenti</i>	124
LA CONCORDANZA DELLE INDUZIONI	125
LA STORICIZZAZIONE DELLA VERITÀ NECESSARIA	126
<i>Meyerson e la ricerca delle leggi di conservazione</i>	127

JOHN HERSCHEL (1792-1871) era figlio del grande astronomo William Herschel, autore della scoperta del pianeta Urano e di preziose raccolte di dati sulle stelle doppie e le nebulose. John Herschel studiò a Cambridge e successivamente consacrò la propria vita alla ricerca scientifica. Tra i suoi contributi vi sono gli studi sulla birifrangenza nei cristalli, gli esperimenti di fotografia e fotochimica, un metodo per calcolare le orbite delle stelle doppie e numerose osservazioni astronomiche. Herschel trascorse gli anni tra il 1834 e il 1838 a Capo di Buona Speranza, estendendo al cielo australe la ricognizione sulle stelle doppie e sulle nebulose già intrapresa dal padre. Nel 1830 pubblicò *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (Discorso preliminare sullo studio della filosofia naturale). L'influenza della sua analisi del ruolo dell'ipotesi, della teoria e dell'esperimento nella scienza fu riconosciuta, tra gli altri, da Whewell, Mill, e Darwin.

WILLIAM WHEWELL (1794-1866) si laureò al Trinity College di Cambridge, dove in seguito ottenne la cattedra di mineralogia (1828) e di filosofia morale (1838); da ultimo ricoprì l'incarico di vicedirettore (1842). Diede un forte contributo all'introduzione in Inghilterra della versione continentale del calcolo infinitesimale, e fu in gran parte responsabile dell'ampliamento del corso di studi a Cambridge. Whewell svolse estese ricerche sulle maree e fu riconosciuto, tra gli altri da Lyell e Faraday, come un'autorità in fatto di nomenclatura scientifica. Nel 1837 portò a termine la sua *History of the Inductive Sciences* (Storia delle scienze induttive), e impostò *Philosophy of the Inductive Sciences* (Filosofia delle scienze induttive, 1840) proprio sui risultati di questa sua analisi storica.

ÉMILE MEYERSON (1859-1933) nacque a Lublino, nella Polonia russa; studiò in varie università europee e successivamente affiancò alle sue ricerche di storia e filosofia della scienza l'esercizio della professione di chimico, in Francia. Meyerson concepiva la storia della scienza come una continua ricerca di ciò che viene conservato attraverso il cambiamento. Oltre a vari saggi sulla meccanica quantistica e sulla teoria della relatività, pubblicò *Identité et Réalité* (Identità e realtà).

## *La teoria del metodo scientifico di Herschel*

All'epoca della sua pubblicazione, *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (Discorso preliminare sullo studio della filosofia naturale, 1830) di John Herschel era l'opera più esauriente ed equilibrata che si potesse leggere sulla filosofia della scienza. Herschel era uno dei più eminenti scienziati inglesi del suo tempo, e il suo scritto sul metodo scientifico si distingueva per le attente analisi dei più recenti risultati conseguiti in fisica, astronomia, chimica e geologia.