

Roberto Festa

BREVE INTRODUZIONE ALLA FILOSOFIA DELLA SCIENZA

Versione 2019-20

Work in progress - Ultimo aggiornamento: 27 febbraio 2020

Si prega di controllare frequentemente la cartella Dropbox per accertare l'eventuale disponibilità di aggiornamenti più recenti di quello sopra indicato!

Indice

Avvertenze agli esaminandi

Avvertenze ai lettori

Introduzione p. 1

Prima parte Problemi e concetti fondamentali di epistemologia della scienza

Capitolo 1	<i>Epistemologia, epistemologia della scienza e filosofia della scienza</i>	p. 3
Capitolo 2	<i>Uno sguardo sulla filosofia della scienza nel Novecento</i>	p. 8
Capitolo 3	<i>La natura della conoscenza scientifica</i>	p. 10
	3.1 Il significato degli enunciati scientifici	
	3.2 I criteri di verificabilità e di falsificabilità	
	3.3 Il problema della demarcazione tra scienza, pseudoscienza e metafisica	
	3.4 Esercizi	
Capitolo 4	<i>La valutazione empirica delle ipotesi: induttivismo e falsificazionismo</i>	p. 14
	4.1 Scoperta e giustificazione delle ipotesi	
	4.2 Deduzione e induzione	
	4.3 La giustificazione induttiva delle ipotesi	
	4.4 Il falsificazionismo di Karl Popper	
Capitolo 5	<i>La spiegazione scientifica</i>	p. 21
	5.1 Causalità e leggi nella spiegazione scientifica	
	5.2 Il modello nomologico di spiegazione di Carl Gustav Hempel	
	5.3 Un'alternativa al modello hempeliano della spiegazione	
Capitolo 6	<i>Osservazione e teoria</i>	p. 25
	6.1 La struttura delle teorie scientifiche	
	6.2 La tesi e il problema di Duhem	
	6.3 Realismo e antirealismo	
Capitolo 7	<i>Rivoluzioni e razionalità nello sviluppo della scienza</i>	p. 30
	7.1 Scienza normale e rivoluzioni scientifiche: la teoria della scienza di Thomas Kuhn	
	7.2 Programmi di ricerca, razionalità e progresso scientifico	
	7.3 Rotture epistemologiche. La filosofia della scienza di Gaston Bachelard	

Capitolo 8	<i>Implicazioni filosofiche della rivoluzione nella fisica del Novecento</i>	p. 36
8.1	La rivoluzione nella fisica del Novecento	
8.2	Principio di indeterminazione e problema dell'indeterminismo	

Seconda parte
La cassetta degli attrezzi del filosofo della scienza

Capitolo 9	<i>Elementi di logica formale</i>	p. 41
9.1	Enunciati vero-funzionali nei linguaggi naturali	
9.2	Linguaggi simbolici	
9.3	Inferenze deduttive e teoremi	
Capitolo 10	<i>Elementi di teoria delle probabilità</i>	p. 50
10.1	Gli assiomi della teoria della probabilità	
10.2	Alcuni teoremi della teoria della probabilità	
Capitolo 11	<i>Lanci di dadi fra la terra e il cielo. Perché la probabilità dovrebbe essere la nostra guida nella vita</i>	p. 54
11.1	Astragali. Probabilità preistoriche	
11.2	Trafficare con l'incertezza. Probabilità e decisioni	
11.3	Concepita fra terra e cielo. La genesi della teoria delle probabilità	
11.4	La probabilità di Dio	
Capitolo 12	<i>Elementi di epistemologia bayesiana</i>	p. 60
12.1	Statica e cinematica dell'opinione nell'epistemologia bayesiana	
12.2.	Plausibilità del principio di condizionalizzazione	
12.3	Applicazione del principio di condizionalizzazione nella pratica clinica	

Terza parte
Temi avanzati di epistemologia della scienza trattati in modo elementare

Capitolo 13	<i>Abduzione, metodo ipotetico-deduttivo e induzione eliminativa</i>	p. 67
13.1	Plausibilità e conferma delle ipotesi	
13.2	Abduzione e metodo ipotetico-deduttivo	
13.3	Induzione eliminativa	
Capitolo 14	<i>Paul Karl Feyerabend e la rivolta contro il metodo</i> (in collaborazione con Luca Tambolo)	p. 83
14.1.	Buon empirismo e pluralismo teorico	
14.2	In difesa del metodo	
14.3	Contro il metodo	

	14.4	Una concezione “oceanica” della conoscenza	
	14.5	Conquista dell’abbondanza	
Capitolo 15		<i>Progresso e cambiamento razionale nella scienza</i>	p. 92
	15.1	Progresso teorico e cambiamento razionale	
	15.2	Il ruolo del successo esplicativo nella scelta tra teorie	
	15.3	Il ruolo della semplicità nella scelta tra teorie	
	15.4	La combinazione di semplicità e successo esplicativo nella ricerca della verità	
Capitolo 16		<i>Teorie dei giochi e società artificiali</i> (in collaborazione con Gustavo Cevolani)	p. 105
	16.1	Concetti e principi fondamentali della teoria dei giochi	
	16.2	Problemi e limiti della teoria classica dei giochi	
	16.3	Le teorie non classiche dei giochi	
	16.4	Società artificiali: i metodi di simulazione nelle scienze sociali	
Capitolo 17		<i>Le relazioni tra la filosofia della scienza e le altre discipline filosofiche e scientifiche</i>	p. 123
	17.1	Relazioni tra la filosofia della scienza e le altre discipline filosofiche	
	17.2	Relazioni tra la filosofia della scienza e la scienza	
	17.3	Relazioni tra la filosofia della scienza e le altre metascienze	
Capitolo 18		<i>Elementi di epistemologia della psicoanalisi</i>	p. 133
	18.1	Sigmund Freud e la psicoanalisi	
	18.2	L’inconscio nella psicoanalisi, nella filosofia e nelle scienze cognitive	
	18.3	La nevrosi nella psicoanalisi e nella psichiatria	
	18.4	Il problema della scientificità della psicoanalisi	
	18.5	Le ipotesi causali nella psicoanalisi	
	18.6	L’effetto placebo e il problema dell’efficacia della terapia analitica	

Avvertenze per gli esaminandi e i lettori

NOTE. In questa *Breve introduzione alla filosofia della scienza* – d'ora in poi: *Breve* –, compaiono svariate **note**, poste a piè di pagina, così da facilitarne la lettura immediata. Tali note non hanno carattere ornamentale, ma fanno parte integrante della *Breve* e, quindi, anche del programma d'esame.

NUMERAZIONE DEI TEOREMI E DELLE DEFINIZIONI. In questa *Breve* vengono formulati svariati teoremi, ciascuno dei quali è identificato da due numeri: il primo si riferisce al Capitolo in cui il teorema viene introdotto e il secondo alla numerazione progressiva dei teoremi di quel Capitolo. Per esempio, il teorema (9.3) è il terzo teorema introdotto nel Capitolo 9. Questo sistema di identificazione viene applicato non solo ai teoremi ma anche a formule di vario genere sulle quali si desidera attrarre l'attenzione. Fanno eccezioni le definizioni e i principi più importanti, ai quali ci si riferisce con un nome che, in generale, è costituito da un abbreviazione o un acronimo.

Introduzione

Questa *Breve* è un'introduzione di livello *elementare* alla filosofia della scienza. Ciò significa che non si presuppone alcuna particolare conoscenza filosofica o matematica da parte del lettore. In particolare, le nozioni di matematica acquisite in qualunque scuola secondaria saranno sufficienti a comprendere qualsiasi parte del testo. Tuttavia, il carattere elementare della presentazione non significa che il percorso sia agevole in ogni punto. Al contrario, si richiede al lettore un serio impegno per comprendere bene e poi fare propri i contenuti di questa *Breve*. Per lo studio della filosofia della scienza vale quanto è stato detto per il genio: per il dieci per cento è ispirazione, ma per il restante novanta per cento è traspirazione. Cioè sudore e impegno.

La *Breve* è suddivisa in tre parti. Nella *Prima parte*, che comprende i *Capitoli 1-8*, si considerano alcuni problemi e concetti fondamentali della filosofia della scienza. In particolare, nel Capitolo 1 si illustrano le relazioni fra tre aree di ricerca filosofica strettamente connesse, vale a dire epistemologia, epistemologia della scienza e filosofia della scienza. Nel Capitolo 2 si offre una succinta ricostruzione dello sviluppo della filosofia della scienza nel Novecento. Nei Capitoli 3-7 vengono illustrati cinque temi centrali della recente epistemologia della scienza, vale a dire la natura della conoscenza scientifica (Capitolo 3), la valutazione empirica delle ipotesi (Capitolo 4), la spiegazione scientifica (Capitolo 5), i rapporti tra l'osservazione e le teorie scientifiche (Capitolo 6) e i problemi relativi al cambiamento e al progresso nella scienza (Capitolo 7). Infine, nel Capitolo 8 si considerano alcuni problemi epistemologici posti dagli sviluppi rivoluzionari della fisica nel Novecento.

Nella *Seconda parte*, che comprende i *Capitoli 9-12*, sbirciamo nella cassetta degli attrezzi del filosofo della scienza, tra gli strumenti che egli usa per analizzare i problemi filosofici suscitati dall'impresa scientifica. In particolare, diamo uno sguardo alle nozioni basilari di due discipline matematiche (*logica formale* e *teoria delle probabilità*) e di due discipline filosofiche (*teoria delle decisioni* ed *epistemologia bayesiana*) ampiamente usate dai filosofi della scienza. Nei Capitoli 9-12 vengono introdotti alcuni elementi di queste quattro discipline, nell'ordine in cui sono state citate.

La *Terza parte*, che comprende i *Capitoli 13-18*, è dedicata all'esame di alcuni temi avanzati di epistemologia della scienza che, tuttavia, sono qui trattati in modo elementare.

Prima parte

Problemi e concetti fondamentali di epistemologia della scienza

Epistemologia, epistemologia della scienza e filosofia della scienza

EPISTEMOLOGIA. Il termine “epistemologia” deriva dal greco *episteme*, che significa “conoscenza”. Nella letteratura filosofica in lingua italiana, questo termine viene usato in due sensi: nel primo, ancora oggi largamente diffuso, è sinonimo di “filosofia della scienza”; nel secondo, che corrisponde a quello dell’inglese *epistemology*, sta per “teoria della conoscenza”. A noi sembra preferibile identificare l’epistemologia con la teoria della conoscenza così da riprodurre la distinzione tra *epistemology* e *philosophy of science*, operata nell’ambito della filosofia angloamericana. In questo Capitolo ci occuperemo, appunto, delle relazioni concettuali tra epistemologia e filosofia della scienza.

L’epistemologia, intesa come teoria della conoscenza, si occupa dei problemi filosofici relativi alla natura, all’acquisizione e alla crescita delle varie forme della conoscenza umana. La *Figura 1* offre una rappresentazione grafica delle aree della ricerca epistemologica o, se si preferisce, delle branche dell’epistemologia.

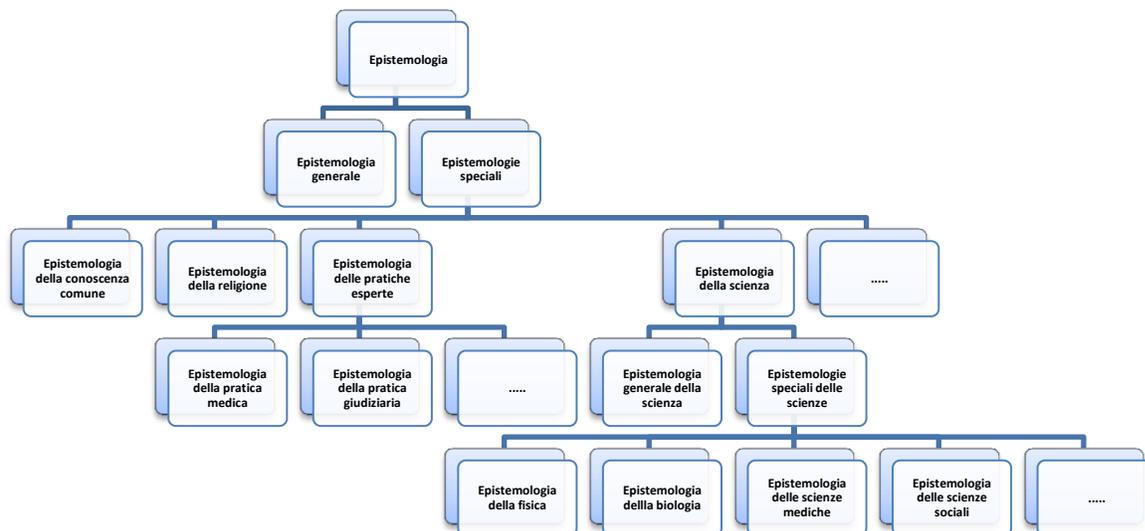


Fig. 1. Aree della ricerca epistemologica

La distinzione fondamentale illustrata nella Figura 1 è quella tra *epistemologia generale* ed *epistemologie speciali*: mentre la prima si occupa dei problemi filosofici generali concernenti qualsiasi forma di conoscenza, le seconde hanno a che fare con specifiche forme di conoscenza. Nella *Figura 1* vengono rappresentati i seguenti esempi di epistemologie speciali.

- L’*epistemologia della conoscenza comune* consiste nell’analisi delle conoscenze relative a oggetti ed eventi della vita quotidiana.

- L'*epistemologia della religione* si occupa delle conoscenze religiose, con particolare riguardo a quelle concernenti l'esistenza, o inesistenza, di Dio.
- L'*epistemologia delle pratiche esperte* concerne le conoscenze proprie delle "pratiche esperte", cioè di quelle procedure di indagine e intervento caratterizzate dalla combinazione di conoscenze scientifiche e ragionamento comune. Due esempi paradigmatici di pratiche esperte sono la pratica medica e quella giudiziaria. Sebbene l'attività degli ospedali e dei tribunali non sia rivolta all'acquisizione di nuove conoscenze scientifiche, gli agenti che vi operano sono chiamati ad affrontare problemi cognitivi complessi, che possono venire risolti solo sulla base di un intelligente ricorso alle conoscenze scientifiche pubblicamente accessibili. Per avere un'idea dei problemi affrontati dall'epistemologia delle pratiche esperte, si consideri il caso particolare dell'epistemologia della pratica medica. Tale disciplina affronta interrogativi di questo genere: come si possono usare le conoscenze mediche attualmente disponibili nell'elaborazione delle ipotesi diagnostiche relative a un particolare paziente?
- L'*epistemologia della scienza* si occupa dei problemi concernenti la natura, l'acquisizione e la crescita della conoscenza scientifica.

EPISTEMOLOGIA DELLA SCIENZA. L'epistemologia della scienza si occupa dei problemi epistemologici posti dalla ricerca scientifica e dai suoi risultati. Per esempio, l'epistemologia della scienza affronta interrogativi di questo genere:

- (1) In che modo la *conoscenza scientifica* si differenzia da altri tipi di conoscenza o di credenza?
- (2) Come possiamo *giustificare un'ipotesi scientifica* o, al contrario, mostrare che è infondata?
- (3) Come dovremmo usare la conoscenza scientifica per *spiegare* i fenomeni già noti e *prevederne* di nuovi?
- (4) Lo *scopo della scienza* consiste solo nel fornire un'adeguata rappresentazione degli eventi osservabili o anche nell'individuare le strutture profonde e inosservabili della realtà?
- (5) Nel *cambiamento scientifico*, cioè nel passaggio dalle vecchie alle nuove teorie, si realizza, oppure no, un vero e proprio *progresso scientifico*, vale a dire un avvicinamento agli obiettivi ultimi della scienza?

Si noterà che gli interrogativi (2) e (3) concernono il **metodo scientifico**, cioè le *procedure* e i *criteri* che gli scienziati dovrebbero seguire nelle loro indagini. Più precisamente, questi due interrogativi riguardano i *principi metodologici* che gli scienziati dovrebbero applicare nella valutazione delle ipotesi e nel loro impiego a fini esplicativi e predittivi. Poiché la riflessione sul metodo scientifico è il principale ambito d'indagine dell'epistemologia della scienza, si è soliti usare espressioni come "*metodologia della scienza*" e "*ricerca metodologica*" nel senso di epistemologia della scienza e ricerca epistemologica.

FILOSOFIA DELLA SCIENZA. L'ambito di indagine della filosofia della scienza non si limita all'epistemologia della scienza. Infatti, accanto ai problemi di carattere epistemologico, l'impresa scientifica suscita molti altri problemi filosofici, per cui è inevitabile riconoscere che la filosofia della scienza include anche le aree di ricerca menzionate, senza pretese di esaustività, nella seguente lista, di cui si offre una rappresentazione grafica nella *Figura 2*:

- la *logica della scienza*, cioè l'analisi dei problemi logici relativi all'indagine scientifica e ai suoi risultati – si pensi, per esempio, all'analisi della struttura logica delle teorie scientifiche e delle diverse forme di inferenza usate nell'indagine scientifica;

- *l'assiologia della scienza*, cioè l'analisi dei problemi relativi alla dimensione assiologica della scienza – si pensi, in particolare, all'identificazione degli scopi della scienza, cioè degli obiettivi perseguiti nell'indagine scientifica;
- *la retorica della scienza*, cioè l'analisi dei problemi concernenti i procedimenti persuasivi adottati nella comunicazione scientifica;
- *la metafisica della scienza*, cioè l'identificazione dei presupposti e delle implicazioni metafisiche della scienza;
- *la teologia della scienza*, cioè l'identificazione dei presupposti e delle implicazioni teologiche dell'indagine scientifica e dei suoi risultati;
- *l'estetica della scienza*, cioè l'analisi dei problemi relativi alla dimensione estetica della scienza – si pensi, per esempio, alla chiarificazione della nozione di bellezza di una teoria e alla ricerca sul ruolo di criteri estetici nella scelta tra teorie;
- *l'etica della scienza*, cioè l'analisi dei problemi relativi alla dimensione etica della scienza – si pensi, per esempio, ai problemi etici concernenti l'effettuazione di determinate indagini sperimentali o l'applicazione pratica di certe scoperte scientifiche;
- *la (filosofia) politica della scienza*, cioè l'analisi dei problemi relativi alla dimensione politica della scienza – si pensi, per esempio, alla determinazione del ruolo della scienza nell'ambito di un "giusto" ordine sociale e politico.

FILOSOFIA DELLA SCIENZA

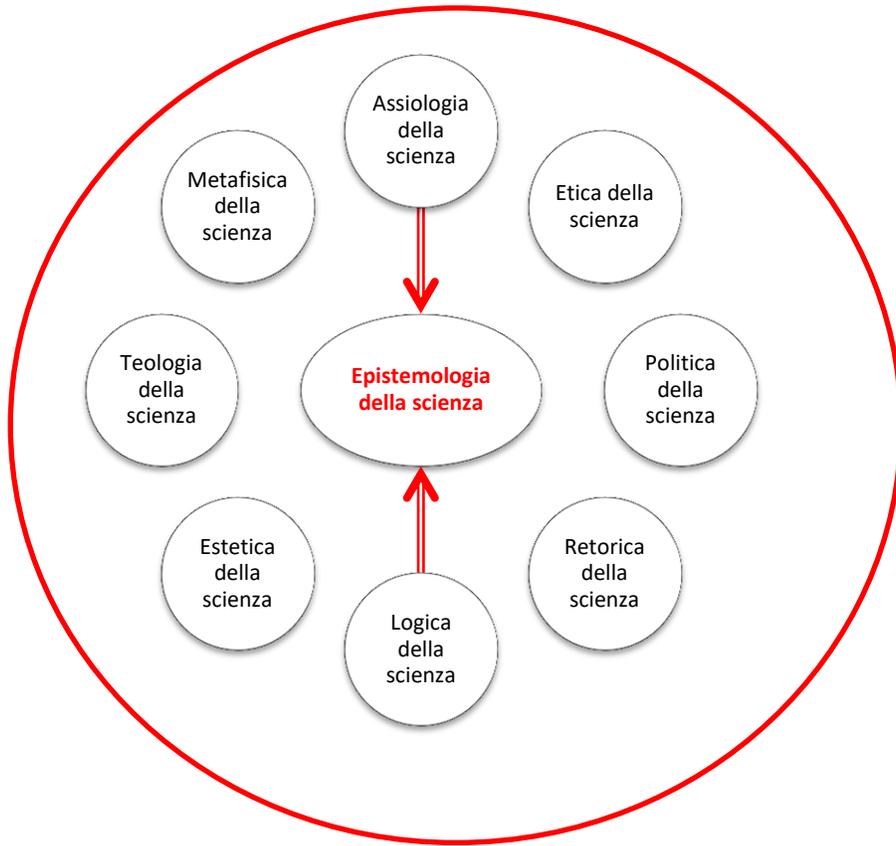


Fig. 2. *Mappa delle aree di ricerca della filosofia della scienza*

Va infine osservato che le diverse aree della filosofia della scienza, rappresentate nella *Figura 2*, non sono compartimenti stagni. In particolare, *la logica e l'assiologia della scienza sono strettamente connesse all'epistemologia della scienza*, al punto che non sarebbe inappropriato considerarle come parti integranti di quest'ultima. Infatti i problemi relativi alla struttura delle teorie, di cui si occupa la logica della scienza, rientrano nella più ampia classe di problemi concernenti la natura della conoscenza scientifica, di cui si occupa l'epistemologia della scienza. Analogamente, i problemi relativi all'identificazione degli obiettivi della scienza, di cui si occupa l'assiologia della scienza, rientrano nella più ampia classe di problemi concernenti l'acquisizione della conoscenza scientifica, di cui si occupa l'epistemologia della scienza. Per esempio, riconsiderando gli interrogativi (4) e (5) dell'epistemologia della scienza, il lettore noterà che essi rientrano anche nell'ambito di indagine dell'assiologia della scienza.

Capitolo 2

Uno sguardo sulla filosofia della scienza nel Novecento

MACH, POINCARÉ E DUHEM. Nella riflessione del filosofo francese Auguste Comte (1798-1857) e, più in generale, dei positivisti, la scienza veniva considerata il paradigma della conoscenza, poiché aveva a suo fondamento l'esperienza. A cavallo tra l'Ottocento e il Novecento, l'austriaco Ernst Mach (1838-1916) e i francesi Henri Poincaré (1854-1912) e Pierre Duhem (1861-1916), ricollegandosi alle idee dei positivisti e, prima ancora, degli empiristi britannici – in particolare, di David Hume (1711-1776) –, condussero ricerche di grande originalità sulla filosofia e la storia delle scienze naturali. I tre studiosi erano accomunati dal fatto di essere, nello stesso tempo, scienziati e filosofi. In particolare, Mach diede notevoli contributi alla fisica mentre Poincaré è stato uno dei più importanti matematici e fisici del suo tempo. Secondo Mach la scienza non può spingersi al di là dell'orizzonte degli eventi osservabili e le leggi scientifiche hanno l'unico scopo di descrivere con la massima semplicità le relazioni tra i fenomeni. L'idea che la **semplicità** svolga un ruolo fondamentale nell'accettazione delle teorie scientifiche viene condivisa da Poincaré. A giudizio di Poincaré le leggi della meccanica newtoniana non sono né verità *a priori* né verità sperimentali bensì **convenzioni** scelte, tra le molte possibili, per la loro semplicità. Ne segue che tali leggi – benché suggerite dall'esigenza di fornire una semplice descrizione dei fenomeni –, non possono essere rifiutate sulla base di osservazioni o esperimenti. Alcuni aspetti della filosofia della scienza di Poincaré, nota sotto il nome di **convenzionalismo**, vennero criticati da Duhem. Anche se non portò rilevanti contributi alla fisica, con i suoi studi di storia e filosofia della scienza Duhem ha avuto un'enorme influenza sulla riflessione metodologica del Novecento.

IL NEOEMPIRISMO. Il primo e più influente movimento nella filosofia della scienza del Novecento fu il **neoempirismo** o **empirismo logico** – noto anche come **neopositivismo** o **positivismo logico**. Prese le mosse dal cosiddetto **Circolo di Vienna** che si riunì in quella città per dodici anni, a partire dal 1922, quando il fisico e filosofo tedesco Moritz Schlick (1882-1936) vi arrivò per occupare la cattedra di filosofia delle scienze induttive che era stata di Mach. Nel 1936 Schlick fu assassinato da uno studente nazista e nel 1938 Hitler occupò l'Austria, annettendola alla Germania. Queste tragiche circostanze costrinsero all'esilio la maggior parte dei membri del Circolo, molti dei quali si stabilirono negli Stati Uniti e in Inghilterra, esercitando così una grande influenza sulla filosofia angloamericana.

I membri del Circolo di Vienna, tra i quali un ruolo di spicco fu svolto dallo studioso tedesco Rudolf Carnap (1891-1970) e dal sociologo e filosofo austriaco Otto Neurath (1882-1945), e gli studiosi a loro vicini della cosiddetta Scuola di Berlino, come Hans Reichenbach (1891-1953) e Carl Gustav Hempel (1905-1997), avevano tutti una formazione scientifica. Sulla scia di Hume, Comte e Mach, i neoempiristi affermano la necessità di fondare tutta la conoscenza sull'esperienza. Pertanto rifiutano con forza le pretese della metafisica, ritenendo che gli enunciati metafisici non abbiano alcun rapporto con l'esperienza e siano quindi privi di significato. Il neoempirismo viene grandemente influenzato dai rivoluzionari sviluppi della fisica tra il 1900 al 1930, sviluppi che conducono alla sostituzione della meccanica newtoniana con la teoria della relatività e la meccanica quantistica. Di fronte all'inatteso e rapido abbandono della teoria di Newton, che era stata considerata certa per più di due secoli, i neoempiristi ripropongono con forza il problema, già affrontato da Hume, di stabilire se, e in che modo, l'evidenza¹ sperimentale consenta una **giustificazione induttiva** delle teorie scientifiche. Da ammiratori

¹ Va riconosciuto che il termine "evidenza", usato con riferimento a dati osservativi o sperimentali e, più in generale,

della scienza e, in particolare, della nuova fisica, ritengono che un compito fondamentale della filosofia sia quello di analizzare la struttura logica della scienza così da chiarire le proprietà che la rendono un'attendibile fonte di conoscenza.

Un elemento innovativo dell'empirismo logico rispetto alla tradizione empirista è richiamato proprio dall'aggettivo "logico". Questo si riferisce all'intento dei neoempiristi di utilizzare come strumento principale dell'analisi filosofica della scienza la moderna **logica matematica** sviluppata a cavallo del Novecento dallo studioso tedesco Gottlob Frege (1848-1925) e dal matematico e filosofo inglese Bertrand Russell (1872-1970). Oltre ai concetti propriamente scientifici tipici delle varie discipline – come "massa", "molecola" e "gene" –, gli scienziati fanno uso di nozioni di carattere squisitamente filosofico – come "conferma", "spiegazione" e "teoria scientifica". Notando che questi termini vengono di solito impiegati con un significato vago e impreciso, i neoempiristi affermano che occorre procedere alla loro **esplicazione** o **ricostruzione razionale**: occorre cioè compiere un'analisi rigorosa del significato di tali termini, così da ottenerne una definizione logicamente esatta e priva di ogni ambiguità.

KARL POPPER. La notevole chiarezza con cui vennero esposte le concezioni dei neoempiristi rese più facile la formulazione di obiezioni. Uno dei primi critici del neoempirismo fu il filosofo austriaco **Karl Raimund Popper** (1902-1994) che intrattenne stretti legami con i membri del Circolo di Vienna, al punto di essere considerato, per bocca di Neurath, l'oppositore ufficiale del Circolo. Popper affronta gli stessi problemi trattati dai neoempiristi, proponendo però soluzioni profondamente diverse. In particolare, rifiuta l'idea neoempiristica che le ipotesi scientifiche possano essere giustificate induttivamente sulla base dell'evidenza osservativa. In alternativa all'induttivismo dei neoempiristi, Popper suggerisce una concezione del tutto diversa del metodo scientifico, nota come **falsificazionismo**.

IL POSTPOSITIVISMO. Il neoempirismo restò la concezione standard nella filosofia della scienza fino a tutti gli anni cinquanta del secolo scorso. Nel ventennio successivo si affermarono – a opera di autori come gli ungheresi Michael Polanyi (1891-1976) e Imre Lakatos (1922-1974), gli statunitensi Thomas S. Kuhn (1922-1996), Norwood Hanson (1924-1967) e Larry Laudan (1941-vivente), l'inglese Stephen Toulmin (1922-2009) e l'austriaco Paul K. Feyerabend (1924-1994) –, nuove prospettive teoriche, talvolta comprese sotto l'etichetta di **postpositivismo**. I postpositivisti si occupano soprattutto degli aspetti dinamici della scienza, rivolgendo la loro attenzione al cambiamento scientifico. I meccanismi del cambiamento scientifico costituiscono appunto il tema principale del volume *The Structure of Scientific Revolutions*² (1962) di **Thomas Kuhn**, che alcuni considerano come l'atto di nascita del postpositivismo.

Nei primi trent'anni del Novecento la filosofia della scienza fiorì soprattutto nell'area germanica; successivamente, anche in seguito alla massiccia emigrazione degli studiosi tedeschi e austriaci in fuga dal nazismo, l'area angloamericana divenne la sede principale degli studi metodologici. Occorre però ricordare che anche in Francia si è sviluppata, seguendo vie molto diverse da quelle percorse dalla filosofia della scienza di matrice germanica e angloamericana, un'importante corrente della filosofia della scienza contemporanea che ha trovato in **Gaston Bachelard** (1864-1962) il suo rappresentante più influente.

a informazioni della cui verità siamo certi, è un anglismo. Tuttavia, questo termine è ormai ampiamente usato, nel senso appena precisato, in quasi tutta la letteratura epistemologica in lingua italiana.

² Tradotto in italiano, per i tipi di Einaudi, con il titolo *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*.

Capitolo 3

La natura della conoscenza scientifica

3.1 Il significato degli enunciati scientifici

L'attività scientifica richiede un vasto insieme di capacità e conoscenze, alcune delle quali *non* si possono descrivere e trasmettere attraverso il linguaggio; si pensi, per esempio, alla capacità di usare in modo appropriato i sofisticati apparati necessari per effettuare determinati esperimenti. È tuttavia innegabile che un ingrediente fondamentale della scienza è costituito da conoscenze espresse nel linguaggio, attraverso determinati **enunciati** o **insiemi di enunciati**; è questo il caso delle **teorie scientifiche** che possono venire espresse sia in forma scritta, su manuali e riviste, sia in forma parlata, per esempio nelle lezioni universitarie o nei congressi scientifici. Di conseguenza, quando ci chiediamo quale sia la natura della conoscenza scientifica e che cosa la differenzi da altri tipi di conoscenza o di credenza, come la metafisica, la pseudoscienza o le credenze religiose, conviene partire dall'**analisi logica degli enunciati scientifici**, per stabilire se il significato di tali enunciati abbia caratteristiche peculiari.

3.2 I criteri di verificabilità e di falsificabilità

IL CRITERIO DI VERIFICABILITÀ DEI NEOEMPIRISTI. Dobbiamo ai neoempiristi la prima analisi approfondita del significato degli enunciati scientifici. Poiché sono convinti che la conoscenza scientifica si fonda interamente sull'esperienza, i neoempiristi cercano di precisare il modo in cui il significato degli enunciati scientifici è in relazione con l'esperienza. A tale scopo propongono il **criterio di verificabilità**, noto anche come **criterio verificazionista di significato**, per distinguere gli enunciati dotati di significato, o **enunciati significanti**, da quelli che ne sono privi. Secondo tale criterio dire che un enunciato è **significante** equivale ad affermare che è *empiricamente verificabile*, cioè che possiamo indicare le condizioni osservabili che, qualora si realizzassero, renderebbero vero quell'enunciato. Se accertiamo che si è realizzata qualcuna delle condizioni che rendono vero un enunciato **significante**, diremo che lo abbiamo *verificato*. In molti casi siamo in grado di verificare un enunciato direttamente attraverso l'osservazione. Per esempio, mi basta entrare nel mio studio e volgere lo sguardo alla poltrona per stabilire con certezza se l'enunciato "C'è un gatto bianco sulla poltrona nel mio studio" è vero oppure no.

ENUNCIATI OSSERVATIVI E IPOTESI TEORICHE. Riferendosi a enunciati di questo genere i neoempiristi parlano di **enunciati osservativi**. La scienza non comprende soltanto enunciati osservativi, ma anche enunciati che non si possono verificare direttamente mediante l'osservazione, come le **ipotesi teoriche**, cioè le ipotesi scientifiche contenenti **termini teorici** – quali, per esempio, "forza" e "massa" –, che si riferiscono a entità inosservabili. Nei primo decennio di attività del Circolo di Vienna i neoempiristi sostengono che anche le ipotesi teoriche sono empiricamente verificabili e quindi, in base al criterio di verificabilità, **significanti**. Sono infatti convinti che il **valore di verità** di un'ipotesi teorica, cioè il fatto che sia vera oppure falsa, possa venire stabilito sulla base dell'osservazione, anche se non in maniera diretta. A loro avviso, infatti, l'osservazione consente di determinare direttamente i valori di verità di determinati enunciati osservativi che si trovano in particolari relazioni logiche con l'ipotesi teorica; sulla base di tali valori di verità si potrà derivare il valore di verità dell'ipotesi.

LE CRITICHE DI POPPER AL CRITERIO DI VERIFICABILITÀ. Il criterio di verificabilità fu ben presto sottoposto a obiezioni severe. In particolare risultarono molto efficaci le critiche rivolte da Karl Popper in *Logik der Forschung*³ (1934). In polemica con i neoempiristi, Popper sostiene che le ipotesi scientifiche *non* possono essere verificate sulla base dell'evidenza osservativa. Occorre quindi rifiutare il criterio di verificabilità, se non vogliamo classificare come prive di significato proprio le ipotesi scientifiche, che costituiscono invece, secondo un'opinione largamente accettata e condivisa sia da Popper sia dai neoempiristi, un esempio paradigmatico di enunciati significanti.

L'impossibilità, sottolineata da Popper, di verificare **le ipotesi scientifiche** dipende dal fatto che tali ipotesi **hanno carattere universale**, sono cioè caratterizzate dalla forma "Tutti gli *A* sono *B*". Poiché un'ipotesi universale – si pensi, per esempio, alla legge di gravitazione –, si riferisce a un'infinità di potenziali esempi, anche se potessimo verificare ogni singolo caso dell'ipotesi, le nostre osservazioni, che sono di numero finito, non potrebbero mai permetterci di verificarla conclusivamente, cioè di concludere che è certamente vera. Possiamo facilmente comprendere questo punto considerando una semplice ipotesi universale come "Tutti i corvi sono neri". Per verificare questa ipotesi dovremo osservare tutti i corvi passati, presenti e futuri. Nell'impossibilità di farlo, neppure l'osservazione di milioni di corvi neri ci consente di stabilire con certezza la verità dell'ipotesi, poiché non possiamo escludere l'eventualità di imbatteci, prima o poi, in un corvo rosa o di altro colore che la falsificherebbe. Proprio in questo modo la scoperta di cigni neri in Australia ha falsificato l'ipotesi "Tutti i cigni sono bianchi".

IL CRITERIO DI FALSIFICABILITÀ DI POPPER. Vi è dunque una netta **asimmetria tra verificabilità e falsificabilità** delle ipotesi universali: mentre nessuna osservazione o esperimento può verificare un'ipotesi universale, è sufficiente l'osservazione di un singolo oggetto o evento per falsificarla, cioè per rifiutarla come falsa. Popper si serve di tale asimmetria per enunciare il suo **criterio di falsificabilità**. Diversamente dal criterio di verificabilità, che mirava a distinguere gli enunciati significanti da quelli privi di significato, il criterio popperiano è un **criterio di demarcazione** che, nell'ambito degli enunciati significanti, mira a distinguere gli enunciati scientifici da quelli non scientifici. Il criterio di falsificabilità identifica gli enunciati scientifici con gli **enunciati falsificabili**, cioè con gli enunciati di cui possiamo accertare empiricamente la falsità, attraverso appropriati esperimenti od osservazioni. Per esempio, "Tutti i corvi sono neri" e "Tutti i cigni sono bianchi" sono entrambi enunciati scientifici, poiché sono entrambi ugualmente falsificabili – anche se solo il secondo è già stato effettivamente falsificato. Gli enunciati falsificabili includono, a giudizio di Popper, non solo le ipotesi universali che si riferiscono a entità osservabili, come l'ipotesi dei corvi, ma anche le ipotesi teoriche, come la meccanica newtoniana o la teoria della relatività.

3.3 Il problema della demarcazione tra scienza, pseudoscienza e metafisica

L'ATTEGGIAMENTO ANTIMETAFISICO DEI NEOEMPIRISTI. Almeno a partire da Hume e Kant, i filosofi hanno cercato di individuare i tratti specifici che differenziano la scienza moderna dalla metafisica e da altre forme di conoscenza o di credenza. Nel ventesimo secolo questo compito è stato affrontato, fra gli altri, dai neoempiristi e da Popper che, nelle loro analisi, si sono avvalsi dei criteri di verificabilità e di falsificabilità. Mentre i neoempiristi si sono interessati soprattutto alla distinzione tra scienza e metafisica, Popper si è occupato specialmente di quella tra scienza e pseudoscienza.

³ Tradotto in italiano, per i tipi di Einaudi, con il titolo *Logica della scoperta scientifica*.

I neoempiristi hanno un atteggiamento nettamente ostile alla metafisica e ritengono che le teorie metafisiche siano prive di valore conoscitivo. Secondo **Carnap** l'analisi logica del linguaggio dei metafisici consente di mostrare che le loro proposizioni sono letteralmente prive di significato. Per esempio, Carnap sottopone ad analisi logica la frase "Come sta la cosa con il Nulla? Il Nulla nulleggia", compresa in un passaggio di *Che cos'è la metafisica?* (1929) di Martin Heidegger, e osserva che non possiamo in alcun modo precisare le condizioni che, se si realizzassero, renderebbero vero l'enunciato "Il Nulla nulleggia". Occorre dunque concludere, in base al criterio di verificabilità, che si tratta di un enunciato privo di senso.

IL RUOLO EURISTICO DELLA METAFISICA SECONDO POPPER. Pur condividendo l'ostilità dei neoempiristi per la metafisica di Heidegger, Popper ha un atteggiamento molto diverso nei riguardi della metafisica in generale. A suo avviso, infatti, i grandi sistemi metafisici creati nella storia della filosofia occidentale, dall'atomismo antico all'idealismo di Hegel, sono costituiti da enunciati dotati di significato. Tuttavia, a differenza degli enunciati scientifici, gli enunciati metafisici non sono falsificabili, cioè non possono venire controllati, ed eventualmente rifiutati, sulla base dell'esperienza. I sistemi metafisici possono però svolgere un importante **ruolo euristico**⁴, cioè possono essere di aiuto nella ricerca e nell'elaborazione di interessanti ipotesi scientifiche. Un esempio di questo genere è dato dall'atomismo, proposto nell'antichità da Leucippo e Democrito e poi ripreso nel Seicento da diversi filosofi e scienziati. Per circa due millenni l'atomismo è stato formulato come una dottrina metafisica, non suscettibile di falsificazione empirica. Successivamente, nel corso dell'Ottocento, gli scienziati inglesi John Dalton (1766-1844) e James Clerk Maxwell (1831-1879) lo riformularono in termini più esatti, nel tentativo di risolvere alcuni problemi relativi alla combinazione chimica e al comportamento dei gas. In tal modo l'atomismo si trasformò gradualmente in una vera e propria ipotesi scientifica, che venne ulteriormente perfezionata, e poi accettata, nel corso del Novecento.

LA DISTINZIONE POPPERIANA TRA SCIENZA E PSEUDOSCIENZA. A giudizio di Popper gli enunciati dotati di significato ma non falsificabili comprendono, oltre a quelli della metafisica, anche le teorie appartenenti alle cosiddette **pseudoscienze**. Diversamente dalla metafisica, queste ultime pretendono di essere ben confermate dai fatti osservabili. In altri termini, i sostenitori delle pseudoscienze tendono a considerare le loro concezioni come autenticamente scientifiche, alla pari della fisica, della chimica e delle altre scienze naturali. Se oggi si conviene largamente che l'astrologia sia una pseudoscienza, vi sono altre dottrine il cui statuto scientifico è più problematico. Per esempio, il Novecento è stato animato da accese discussioni sulla scientificità della psicoanalisi e del marxismo. Popper ha partecipato attivamente a queste discussioni e si è sforzato di dimostrare che, nonostante le pretese di molti fra i loro sostenitori, la psicoanalisi e il marxismo sono pseudoscienze, poiché le loro ipotesi fondamentali sono formulate in maniera tale da impedirne il controllo empirico e, quindi, anche l'eventuale falsificazione.

3.4 Esercizi

Esercizio 1. Il lettore è invitato a illustrare il significato dei nove gruppi di concetti menzionati nella tavola qui sotto.

⁴ Dal greco *eurisko*, che significa "scoprire".

Significante		Non significativa	
Scientifico		Non scientifico	
Vero		Falso	
Verificato	Inaccertato	Falsificato	
Verificabile e Falsificabile	Verificabile e Non Falsificabile	Non Verificabile e Falsificabile	Non Verificabile e Non Falsificabile
Probabile		Improbabile	
Confermato	Né confermato né disconfermato	Disconfermato	
Confermabile		Disconfermabile	
Vicino al vero (verisimile)		Lontano dal vero (non verisimile)	

Esercizio 2. Per ciascuno degli enunciati qui sotto, il lettore cerchi di stabilire se è un enunciato verificabile oppure no e se è un enunciato falsificabile oppure no.

- 1) C'è un gatto nero nello studio di Roberto Festa.
- 2) C'è un calabrone nella sede del DiSu, in Androna Campo Marzio.
- 3) C'è un fantasma nello studio di Roberto Festa.
- 4) Dio (non) esiste.
- 5) Marte ha un'orbita ellittica.
- 6) Tutti i pianeti hanno un'orbita ellittica.
- 7) C'è un corvo rosa nello studio di Roberto Festa.
- 8) Esistono corvi rosa.
- 9) Tutti i corvi sono neri.
- 10) Tutti i corvi sono neri meno quelli di Pantelleria.
- 11) Tutti i protoni sono formati da tre quark.
- 12) Tutti i metalli hanno un solvente.
- 13) Tutti amano qualcuno.
- 14) Qualcuno è amato da tutti.
- 15) Tutti sono amati da qualcuno.
- 16) Qualcuno ama tutti.

Capitolo 4

La valutazione empirica delle ipotesi: induttivismo e falsificazionismo

4.1 Scoperta e giustificazione delle ipotesi

CONTESTO DELLA SCOPERTA E CONTESTO DELLA GIUSTIFICAZIONE. Prima di trovar posto nei manuali universitari che introducono gli studenti alle conoscenze fondamentali delle diverse discipline, le teorie scientifiche devono affrontare un lungo viaggio, nel corso del quale vengono inventate, sviluppate, sottoposte a severi controlli e, infine, accettate dalla grande maggioranza degli studiosi. Nella prima metà del ventesimo secolo quasi tutti i filosofi della scienza, dai neoempiristi ai loro critici come Popper, manifestano la convinzione che il percorso dalla scoperta all'accettazione delle ipotesi scientifiche comprenda due tratti essenzialmente diversi: nel primo, noto come **contesto della scoperta**, un'ipotesi viene ideata e sviluppata; nel secondo, noto come **contesto della giustificazione**, si procede alla **valutazione empirica** dell'ipotesi, nel senso che l'ipotesi viene valutata razionalmente, e talvolta giustificata, sulla base dell'evidenza empirica.

NON VI È NESSUNA LOGICA DELLA SCOPERTA. Secondo i neoempiristi e Popper, il processo della scoperta non è governato da alcuna regola logica. Un esempio addotto da alcuni autori per mostrare il carattere intuitivo della scoperta scientifica, e l'impossibilità di ricondurla all'applicazione di regole logiche, è quello della scoperta della struttura ciclica del benzene a opera del chimico tedesco Friedrich August Kekulé (1829-1896). A quanto sembra, Kekulé avrebbe avuto l'idea quando, addormentatosi davanti alle fiamme del caminetto, sognò catene di atomi che si muovevano come serpenti di fuoco che si afferravano di tanto in tanto la coda, così da formare un anello chiuso. Esempi di questo genere suggeriscono che gli strumenti concettuali della filosofia della scienza sono inappropriati per l'analisi del contesto della scoperta, del quale dovrebbero invece occuparsi discipline scientifiche come la storia, la sociologia e la psicologia della scienza.

POSSIBILITÀ DI UNA LOGICA DELLA GIUSTIFICAZIONE. I neoempiristi e Popper condividono anche la convinzione che il contesto della giustificazione, diversamente da quello della scoperta, sia governato da regole logiche identificabili mediante l'analisi filosofica. Tuttavia dissentono aspramente circa la natura di tali regole. Mentre i neoempiristi e, in seguito, molti altri studiosi, che potremmo chiamare **induttivisti**, ritengono che le regole logiche da utilizzare nella valutazione empirica delle ipotesi abbiano carattere induttivo, Popper pensa che la **logica della giustificazione** abbia carattere deduttivo. Prima di illustrare queste diverse concezioni, sarà opportuno dare qualche chiarimento sulla distinzione tra inferenze deduttive e induttive.

4.2. Deduzione e induzione

INFERENZE DEDUTTIVE. Un'**inferenza** consiste nella derivazione, sulla base di regole appropriate, un enunciato detto **conclusione** da uno o più enunciati detti **premesse**. Possiamo distinguere due tipi fondamentali di inferenze, vale a dire le inferenze deduttive e le inferenze induttive.

Un'**inferenza deduttiva** è caratterizzata dal fatto che *non è possibile che le premesse siano vere e la conclusione falsa*.

Per dire che la conclusione di un'inferenza viene *inferita deduttivamente* dalle premesse si impiegano anche le seguenti espressioni: la conclusione è *deducibile* dalle premesse; le premesse *implicano* (logicamente) la conclusione; la conclusione è *conseguenza logica* delle premesse; la conclusione *segue necessariamente* dalle premesse. La logica contemporanea si è approfonditamente occupata delle relazioni tra le premesse e la conclusione di un'inferenza deduttiva. Secondo una definizione largamente accettata, potremmo dire che la conclusione di un'inferenza segue necessariamente dalle premesse nel caso in cui è vera in ciascuno dei *possibili stati di cose* in cui le premesse sono vere.

Tutte le espressioni sopra menzionate sono accomunate dall'idea che le inferenze deduttive *trasmettono la verità*: se si ammette la verità delle premesse, allora si deve ammettere anche la verità della conclusione. Tale capacità di trasmettere la verità delle premesse alla conclusione dipende dal fatto che *le informazioni veicolate dalla conclusione di un'inferenza deduttiva sono contenute*, più o meno esplicitamente⁵, *nelle premesse*, cioè dal fatto che la conclusione non dice *nulla di nuovo* rispetto alle premesse.

I tratti distintivi dell'inferenza deduttiva possono venire chiaramente riconosciuti nel seguente sillogismo:

<i>Premessa 1</i>	Tutti i corvi sono neri.	
<i>Premessa 2</i>	Tutti gli uccelli viventi in quest'isola sono corvi.	
	<hr/>	
<i>Conclusione</i>	Tutti gli uccelli viventi in quest'isola sono neri.	<i>Quindi</i>

MODUS TOLLENDO TOLLENS. Nell'analisi del metodo scientifico un ruolo molto importante viene svolto, come vedremo, da un tipo di inferenza deduttiva, già individuato dagli stoici, noto come **modus tollendo tollens** – che potremmo tradurre, più o meno, come “modalità che nega qualcosa col negarne un'altra” –, o **MTT**. La forma di MTT può essere rappresentata così:

<i>Premessa 1</i>	Se <i>A</i> allora <i>B</i> .	
<i>Premessa 2</i>	Non <i>B</i> .	
	<hr/>	
<i>Conclusione</i>	Non <i>A</i> .	<i>Quindi</i>

La prima premessa di MTT è costituita da un condizionale con antecedente *A* e conseguente *B*; il conseguente del condizionale viene negato nella seconda premessa (Non *B*); infine, nella conclusione (Non *A*) si nega l'antecedente. Ciò significa che, negando (*tollendo*) il conseguente nelle premesse, concluderemo negando (*tollens*) l'antecedente. Un esempio di MTT è il seguente:

<i>Premessa 1</i>	Se Marco è emozionato, allora Marco balbetta.
<i>Premessa 2</i>	Marco non balbetta.

⁵ La locuzione “più o meno esplicitamente” suggerisce che la circostanza che le informazioni veicolate dalla conclusione siano contenute nelle premesse potrebbe essere tutt'altro che evidente. Basti pensare alle relazioni deduttive che intercorrono tra i cinque postulati della geometria euclidea e il cosiddetto teorema di Pitagora; anche se i postulati implicano logicamente il teorema, tale circostanza non è affatto ovvia: fu infatti ignorata per lungo tempo, cioè fino alla dimostrazione del teorema a opera di Euclide.

Conclusione

Marco non è emozionato.

Quindi

INFERENZE INDUTTIVE. Le **inferenze induttive** non presentano i tratti distintivi, sopra illustrati, delle inferenze deduttive. Sono invece caratterizzate da due aspetti fondamentali:

- (1) sono **inferenze ampliative**, nel senso che la conclusione dice *qualcosa di nuovo* rispetto alle premesse;
- (2) è quindi possibile che le premesse siano vere e la conclusione falsa; ciò significa che le premesse non possono conferire alla conclusione una totale certezza, ma solo un certo grado, più o meno elevato, di probabilità, o plausibilità. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, le inferenze induttive vengono talvolta chiamate **inferenze probabili**, o **inferenze plausibili**.

I tratti distintivi delle inferenze induttive emergono con chiarezza nella cosiddetta **induzione universale**, o **induzione per enumerazione**, presa in esame già da Aristotele, che consiste nel raggiungere conclusioni di carattere universale sulla base di un certo numero di casi particolari. Un esempio di induzione per enumerazione è il seguente:

Premessa 1 Il primo corvo osservato è nero.

Premessa 2 Il secondo corvo osservato è nero.

[...]

Premessa 1000 Il millesimo corvo osservato è nero.

Conclusione Tutti i corvi sono neri.

Quindi, probabilmente

La doppia linea orizzontale sotto le premesse sta a indicare che la conclusione viene inferita induttivamente dalle premesse.

4.3 La giustificazione induttiva delle ipotesi

CONFERMA E PROBABILITÀ DELLE IPOTESI. Possiamo ora tornare a occuparci della discussione circa la possibilità e la natura della logica della giustificazione (vedi paragrafo 1). In seguito alle critiche di Popper e di altri studiosi, all'inizio degli anni Trenta i neoempiristi abbandonarono il criterio di verificabilità, che identifica gli enunciati significativi con quelli verificabili, e lo sostituirono con un criterio meno restrittivo, noto come **criterio di confermabilità**. In base a tale criterio non è necessario che gli enunciati scientifici siano conclusivamente verificabili, ma è sufficiente che siano *empiricamente confermabili*; occorre cioè che possano essere sottoposti a controlli osservativi ed eventualmente confermati dal risultato di tali controlli. L'esigenza di offrire una formulazione quanto possibile precisa del criterio di confermabilità stimolò la ricerca, che continua anche ai nostri giorni, di una buona esplicitazione, o ricostruzione razionale (si veda Capitolo 1), del concetto di **conferma**.

Dicendo che l'evidenza empirica *E* conferma l'ipotesi *H*⁶, di solito intendiamo dire che *E* rafforza la nostra fiducia nella verità di *H*. Secondo gli induttivisti le procedure utilizzate per valutare la conferma

⁶ La lettera "*H*", usata qui e altrove per indicare un'ipotesi, è l'iniziale del termine inglese, di origine latina,

delle ipotesi hanno carattere induttivo. Ciò significa che quando valutiamo se, e in che misura, E conferma H , stiamo più o meno consapevolmente operando un'inferenza induttiva: l'enunciato E , che descrive i dati empirici in nostro possesso, costituisce la premessa dell'inferenza, mentre l'ipotesi H ne rappresenta la conclusione, che può venire inferita induttivamente da E con un grado più o meno alto di probabilità. Per esempio, quando diciamo che E conferma H , intendiamo dire che E ha determinato un aumento della probabilità di H – e, in alcuni casi, anche che la probabilità di H , così aumentata, ha raggiunto un elevato valore.

IL METODO IPOTETICO-DEDUTTIVO DI CONFERMA. Gli induttivisti ritengono che alcune fra le procedure più ampiamente utilizzate nella valutazione empirica delle ipotesi, a partire dal **metodo ipotetico-deduttivo** – in breve, **ID** –, possano venire intese come procedure induttive. ID si basa sull'idea che possiamo confermare un'ipotesi deducendone alcune previsioni osservative e accertando poi che tali previsioni si sono realizzate. In altre parole, se un'ipotesi H consente di dedurre la previsione E , e i successivi controlli mostrano l'avverarsi di E , possiamo concludere che E conferma H . Secondo gli induttivisti, la conferma ipotetico-deduttiva di H , derivante dall'accertamento di una previsione E dedotta da H , può venire interpretata come un'inferenza induttiva attraverso la quale, a partire dalla premessa E , possiamo inferire che la probabilità di H si è accresciuta e, in alcuni casi, che tale probabilità è diventata molto alta.

Molti episodi della storia della scienza possono essere interpretati come applicazioni più o meno consapevoli di ID. Uno di questi riguarda la conferma della meccanica di Isaac Newton (1642-1727), esposta in *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Principi matematici della filosofia naturale*, 1687). Nel 1695 l'astronomo inglese Edmond Halley (1656-1742) applicò l'ipotesi di Newton a una cometa da lui osservata nel 1682 e ne dedusse la previsione che la cometa avrebbe impiegato circa 75 anni per compiere un'orbita completa: sarebbe quindi riapparsa tra la fine del 1758 e l'inizio del 1759. Halley morì nel 1742, sedici anni prima del ritorno della cometa, che riapparve il giorno di Natale del 1758 e venne quindi battezzata "cometa di Halley". In accordo con ID, il successo della previsione di Halley venne interpretato dalla comunità scientifica come una straordinaria conferma della meccanica newtoniana.

TEORIA DELLE PROBABILITÀ. Nella comunicazione scientifica, e spesso anche nel linguaggio quotidiano, si dice che un'ipotesi H è probabile quando si hanno buoni motivi per credere che H sia vera, pur senza esserne certi. È piuttosto frequente anche l'uso di frasi che precisano il *grado di probabilità* di H , come " H è molto probabile" o " H è estremamente probabile". Talvolta si assegna un valore numerico alla probabilità di H dicendo, per esempio: " H è probabile al 99%". L'idea che si possano attribuire precisi valori quantitativi alle probabilità costituisce il nocciolo della **teoria (matematica) delle probabilità**, sviluppata a partire dalla metà del Seicento, a opera di alcuni grandi matematici e filosofi, tra i quali i francesi Pierre de Fermat (1601-1665) e Blaise Pascal (1623-1662) e l'olandese Christiaan Huygens (1629-1695).

APPROCCIO BAYESIANO ALLE INFERENZE INDUTTIVE. Molti induttivisti ritengono che le inferenze induttive effettuate nell'indagine scientifica richiedano l'applicazione della teoria della probabilità, che consentirebbe di calcolare con precisione la probabilità da attribuire a un'ipotesi sulla base dell'evidenza empirica. Ai nostri giorni questo orientamento viene abbracciato dai sostenitori dell'**approccio bayesiano** al ragionamento scientifico, così denominato in onore del reverendo Thomas Bayes

"*hypothesis*".

(1702-1761), il matematico e teologo inglese che ne anticipò alcune idee chiave in uno scritto pubblicato postumo nel 1763. I bayesiani ritengono che l'intensità della nostra credenza nella verità di un'ipotesi scientifica H possa essere rappresentata da una determinata probabilità, il cui valore è compreso tra zero e uno, dove uno corrisponde al caso in cui siamo certi che H è vera, e zero a quello in cui siamo certi che H è falsa. Così, per esempio, attribuire ad H una probabilità pari a 0,99, cioè una probabilità del 99%, esprime una quasi totale certezza della verità di H . Le probabilità utilizzate per esprimere i gradi di credenza nelle ipotesi vengono spesso indicate con i termini “**probabilità soggettive**” e “**probabilità epistemiche**”: il primo termine si riferisce alla circostanza che tali probabilità esprimono i gradi di credenza di un particolare scienziato, persona o *soggetto*; il secondo termine – che sarà usato nel seguito –, si riferisce invece al fatto che esse forniscono una rappresentazione probabilistica della nostra *conoscenza* (in greco: *episteme*).

Secondo i bayesiani, all'inizio delle sue indagini lo scienziato dovrebbe determinare la **probabilità iniziale** $p(H)$ di qualunque ipotesi H da lui presa in esame. Successivamente dovrebbe aggiornare tale probabilità alla luce dell'evidenza sperimentale E acquisita nel corso dell'indagine, così da ottenere la **probabilità finale** $p(H|E)$, che si legge “probabilità di H data E ”. La probabilità $p(H|E)$ può venire calcolata applicando un teorema della teoria delle probabilità noto come **teorema di Bayes**. I bayesiani ritengono che le inferenze induttive compiute nell'indagine scientifica consistano essenzialmente nella determinazione delle probabilità finali delle ipotesi sulla base dell'evidenza empirica.

4.4 Il falsificazionismo di Karl Raimund Popper

L'ANTIINDUTTIVISMO DI POPPER. Quasi tutti i filosofi della scienza, induttivisti inclusi, ammettono che non possiamo verificare in modo conclusivo le ipotesi scientifiche. Come si è già detto, tale impossibilità dipende dalla circostanza che le ipotesi di forma universale parlano di un numero potenzialmente infinito di oggetti mentre qualunque evidenza empirica ne comprende solo un numero finito. Gli induttivisti, tuttavia, ritengono che in certi casi i dati empirici in nostro possesso permettano di attribuire, sulla base di appropriate inferenze induttive, una probabilità positiva alle ipotesi scientifiche, comprese quelle di forma universale. Questo punto di vista viene respinto da Popper, il quale è convinto che il carattere finito di ogni evidenza empirica impedisca di attribuire una sia pur minima probabilità alle ipotesi universali; ciò significa, per esempio, che la probabilità che tutti i corvi siano neri è destinata a restare uguale a zero, anche in seguito all'osservazione di milioni di corvi neri.

LA FALSIFICAZIONE DELLE IPOTESI. In alternativa all'induttivismo, Popper sviluppa una logica della giustificazione di carattere puramente deduttivo, nota con il nome di **falsificazionismo**, o **metodo delle congetture e confutazioni**.

Seguendo questo metodo, gli scienziati non dovrebbero affatto sforzarsi di confermare le ipotesi trovando evidenze sperimentali che ne accrescano la probabilità; dovrebbero invece tentare di dimostrare la falsità delle loro migliori congetture, di trovare cioè delle prove sperimentali in grado di confutarle. Infatti, solo resistendo a ingegnosi tentativi di confutazione le ipotesi scientifiche possono mostrare il loro valore.

Il falsificazionismo si basa sull'applicazione sistematica del *modus tollendo tollens* (MTT), che può venire utilizzato per confutare qualunque congettura proposta nella scienza, cioè per falsificare qualunque ipotesi scientifica. L'applicazione di MTT nella falsificazione delle ipotesi può essere illustrata così. Supponiamo che un'ipotesi H consenta di dedurre la previsione E : potremo allora asserire il condizionale “Se H allora E ”. Supponiamo inoltre che i successivi controlli mostrino che la previsione E non si verifica:

potremo allora asserire “Non E ”. Gli enunciati “Se H allora E ” e “Non E ” possono essere utilizzati come premesse del seguente MTT, la cui conclusione è costituita dall’enunciato “Non H ”, che asserisce la falsità di H :

Premessa 1	Se H allora E .	
Premessa 2	Non E .	
	—————	Quindi
Conclusione	Non H .	

La **falsificazione delle ipotesi**, attuata attraverso la procedura deduttiva di MTT, svolge un ruolo fondamentale nel metodo delle congetture e confutazioni. Secondo Popper, infatti, gli scienziati dovrebbero sforzarsi di formulare *audaci* ipotesi, o congetture, sul mondo e cercare poi di confutarle, cioè di falsificarle, attraverso *severi* controlli sperimentali. Se il risultato dei controlli porta alla falsificazione di un'ipotesi, questa deve essere eliminata; se invece l'ipotesi resiste ai tentativi di confutazione superando tutti i controlli, allora può venire considerata, per usare un termine caro a Popper, come “ben corroborata”, cioè come un'ipotesi almeno *provvisoriamente accettabile* nel corpo delle nostre conoscenze. Come si può notare, il precetto metodologico suggerito da Popper viene formulato utilizzando, oltre alla nozione di falsificazione, quelle di audacia, severità e corroborazione, che verranno ora illustrate.

AUDACIA DELLE IPOTESI. L'ipotesi che tutti i corvi sono neri esclude l'esistenza di corvi azzurri, rosa e di altri colori. In generale, ogni ipotesi scientifica esclude un gran numero di eventi, vale a dire tutti gli eventi che, se si realizzassero, falsificherebbero l'ipotesi. Quanto più numerosi sono i tipi di eventi proibiti da un'ipotesi, tanto maggiore è la sua **audacia**, o **grado di falsificabilità**, cioè il rischio che corre di essere falsificata. Escludendo molti tipi di eventi, un'ipotesi audace dice molte cose sul mondo; è quindi un'ipotesi *interessante e ricca di contenuto informativo*. Per questo gli scienziati dovrebbero preferire ipotesi audaci, cioè ipotesi che, se superassero i controlli, accrescerebbero in maniera rilevante la nostra conoscenza del mondo.

SEVERITÀ DEI CONTROLLI SPERIMENTALI. Popper richiede anche che i controlli sperimentali ai quali deve venire sottoposta una nuova ipotesi siano severi. Ciò significa che non dobbiamo controllare *qualsiasi* previsione derivabile dall'ipotesi, ma solo le *previsioni rischiose*, cioè le previsioni di eventi che non ci attenderemmo di osservare se l'ipotesi fosse falsa. Per esempio, la previsione, poi verificata, che la cometa di Halley sarebbe riapparsa sulla volta celeste in un determinato arco di tempo rappresentò un **severo controllo** della teoria newtoniana.

ESPERIMENTI CRUCIALI. Per sottoporre a un severo controllo una “nuova” teoria T_1 dobbiamo derivare da T_1 la previsione E di un evento che non ci aspetteremmo *senza* T_1 . Ogni aspettativa, secondo Popper, è il risultato dell'adozione, più o meno consapevole, di qualche teoria: affermare che senza T_1 non ci attenderemmo il verificarsi di E significa quindi affermare che, *sulla base di altre teorie*, per esempio di una teoria T_2 più “vecchia” di T_1 , ci attenderemmo che E non si verifichi. Il controllo sperimentale di E può condurci a due risultati: E non si è verificato, cosicché T_1 viene falsificata, oppure E si è verificato, cosicché T_2 viene falsificata. Sottoporre a un severo controllo una teoria T_1 equivale quindi a compiere un **esperimento cruciale**, cioè un controllo sperimentale che ci permetterà di operare una netta discriminazione tra T_1 e una teoria rivale T_2 , rifiutando quella falsificata dal risultato del controllo.

CORROBORAZIONE DELLE IPOTESI. Il fatto che un'ipotesi abbia superato controlli severi non ci permette affatto di affermare che è certamente vera, e neppure che è probabilmente vera, ma solo di affermare che è corroborata. Un *alto grado di corroborazione* fornisce semplicemente un'indicazione del fatto che l'ipotesi

ha resistito a numerosi e rigorosi tentativi di confutazione. Senza abbandonare la distinzione tra corroborazione e probabilità, a partire da *Conjectures and Refutations*⁷ (1963), Popper cercherà di mostrare che la preferenza per le ipotesi ben corroborate può essere giustificata dall'obiettivo fondamentale della scienza, da lui identificato con la verità.

RICERCA DELLA VERITÀ E VEROSIMILITUDINE. Infatti anche Popper, al pari degli induttivisti, crede che la scienza miri alla ricerca della verità, cioè alla scoperta di teorie vere. Tuttavia, ciò non significa che riusciremo a trovare tali teorie o, se per caso le trovassimo, a stabilire con certezza che sono vere. La verità va quindi considerata come un ideale regolativo, al quale possiamo progressivamente avvicinarci, sostituendo le nostre vecchie teorie con altre che corrispondono meglio ai fatti. Popper è infatti convinto che l'idea di una migliore corrispondenza ai fatti, cioè di una migliore **approssimazione alla verità**, sia perfettamente sensata. Per esprimere questa idea usa il termine "**verosimilitudine**"⁸: una teoria è più verosimile di un'altra teoria quando è più vicina alla verità. La ricerca della verità può quindi venire intesa come la ricerca di un alto grado di verosimilitudine.

LA CORROBORAZIONE COME STIMA DELLA VEROSIMILITUDINE. Poiché non possiamo conoscere con esattezza la verità, non possiamo neppure determinare con certezza la vicinanza di un'ipotesi alla verità. Popper ritiene però che possiamo compiere una stima, pur sempre fallibile, della verosimilitudine di un'ipotesi a partire dal modo in cui ha superato i severi controlli ai quali l'abbiamo sottoposta, a partire cioè dal suo grado di corroborazione. Nell'ultimo trentennio della sua lunga e operosa esistenza, Popper si è sforzato di mostrare che la corroborazione di un'ipotesi fornisce un'indicazione piuttosto attendibile della sua verosimilitudine. Secondo lui, mentre non possiamo mai avere argomenti sufficientemente buoni per pretendere che una teoria sia vera, possiamo avere buoni argomenti per affermare che ci siamo avvicinati alla verità, cioè che la nostra teoria è *un'approssimazione alla verità migliore* di qualsiasi teoria rivale finora proposta. Ciò significa che il metodo scientifico può essere inteso come il procedimento razionale per avvicinarsi alla verità.

⁷ Tradotto in italiano, per i tipi de il Mulino, con il titolo *Congetture e confutazioni*.

⁸ Il termine inglese "*verisimilitude*" ha due accezioni diverse: nella prima significa "probabilità", mentre nella seconda, che corrisponde all'uso popperiano, significa "somiglianza alla verità". Di solito "*verisimilitude*" viene tradotto con "verosimiglianza", che riproduce la stessa ambiguità semantica del termine inglese. Sfortunatamente, però, nei testi di filosofia della scienza e statistica, "verosimiglianza" viene comunemente usato per tradurre il termine inglese "*likelihood*", che indica un particolare tipo di probabilità delle ipotesi. Sarebbe quindi fonte di grande confusione usare "verosimiglianza" anche per tradurre il termine popperiano "*verisimilitude*". Abbiamo quindi preferito, in accordo con gran parte della letteratura sull'argomento, adottare il termine tecnico "verosimilitudine", che non ricorre nell'italiano corrente: ci piace però ricordare che questo termine, nella sua variante "verisimilitudine", viene impiegato da Giacomo Leopardi (*Dialogo di Cristoforo Colombo e di Pietro Gutierrez*, nelle *Operette morali*, 1827).

La spiegazione scientifica

5.1 Causalità e leggi nella spiegazione scientifica

DESCRIVERE IL MONDO E SPIEGARE I FATTI. I filosofi della scienza hanno proposto, come si è appena visto, svariati criteri per la valutazione e l'accettazione delle ipotesi scientifiche. Le ipotesi accettate nel corpo della scienza vengono spesso denominate **leggi scientifiche** o, nel caso delle scienze naturali, **leggi di natura**. Secondo un'opinione molto diffusa, l'accettazione di ipotesi in grado di *descrivere* gli aspetti fondamentali del mondo esterno non è l'unico obiettivo della scienza. Infatti le ipotesi accettate nella scienza, cioè le leggi scientifiche, dovrebbero anche consentirci di **spiegare i fatti** o eventi che, per qualche motivo, suscitano il nostro interesse. Il rapporto tra eventi osservabili e leggi scientifiche avrebbe, quindi, un carattere bidirezionale: accettiamo le leggi scientifiche sulla base degli eventi osservabili e spieghiamo gli eventi osservabili sulla base delle leggi scientifiche precedentemente accettate.

SPIEGAZIONI CAUSALI. Supponiamo di voler spiegare perché la finestra dello studio è rotta. Una spiegazione dell'evento potrebbe essere la seguente:

(a) La finestra dello studio è rotta perché è stata colpita da una grossa pietra.

L'enunciato (a) fornisce una **spiegazione causale** poiché considera l'evento da spiegare come l'effetto di un altro evento che ne sarebbe la causa. Tuttavia molti filosofi della scienza hanno sostenuto, sulla scia di Hume, che la *causalità* è costituita semplicemente da *regolarità fenomeniche*. Nel caso qui considerato, ciò significa che possiamo esprimere il rapporto causale tra il lancio della pietra e la rottura della finestra mediante leggi che descrivono determinate regolarità nel comportamento del vetro. Potremmo, per esempio, fare appello alla legge "Tutte le finestre colpite da grosse pietre si rompono" e riformulare la spiegazione causale (a) nei seguenti termini:

(b) <i>Premessa 1</i>	Tutte le finestre colpite da grosse pietre si rompono.
<i>Premessa 2</i>	La finestra dello studio è stata colpita da una grossa pietra.
<i>Conclusion</i>	La finestra dello studio è rotta.

Quindi

Si noti che (b) ha la forma di un argomento deduttivo, più precisamente di un sillogismo, dove l'enunciato che descrive l'evento da spiegare, cioè "La finestra dello studio è rotta", viene dedotto da due premesse, cioè dalla legge scientifica "Tutte le finestre colpite da grosse pietre si rompono" e dall'enunciato "La finestra dello studio è stata colpita da una grossa pietra". Quest'ultimo descrive le cosiddette **condizioni iniziali**, cioè gli eventi osservabili che hanno preceduto quello che deve essere spiegato; tali condizioni potrebbero venire identificate con "*la causa*" dell'evento.

SPIEGAZIONI NOMICHE. I filosofi della scienza si riferiscono a tutto ciò che deve essere spiegato con il termine **explanandum**, mentre tutto ciò che opera la spiegazione viene chiamato **explanans**. Inoltre, una

spiegazione nella quale l'*explanans* contiene una o più leggi, come nel caso di (b), viene chiamata **spiegazione nomica**⁹.

Offrire una spiegazione nomica di un determinato evento equivale a mostrare che, date le leggi di natura e le condizioni iniziali, l'evento doveva accadere. Molte spiegazioni scientifiche hanno la forma di spiegazioni nomiche, o possono essere riformulate in questo modo. Si consideri, per esempio, la seguente spiegazione:

- (c) La pressione del gas nel contenitore si è alzata perché si è mantenuto costante il volume e si è aumentata la temperatura.

È evidente che (c) è una spiegazione nomica che potremmo riformulare come un sillogismo del tutto simile a (b). Ciò significa che l'*explanandum* "La pressione del gas nel contenitore si è alzata" può essere dedotto da un *explanans* comprendente sia la legge dei gas, che collega temperatura, pressione e volume, sia l'enunciato "Il volume è stato mantenuto costante e la temperatura è stata aumentata", che descrive le condizioni iniziali.

5.2 Il modello nomologico di spiegazione di Carl Gustav Hempel

Dobbiamo a Carl Gustav Hempel la prima analisi sistematica della spiegazione scientifica. Il modello nomologico di spiegazione, sviluppato da Hempel nel corso di un ventennio di ricerche culminate nel volume *Aspects of Scientific Explanation*¹⁰ (1965), si basa sull'idea che le spiegazioni scientifiche siano spiegazioni nomiche.

LA SPIEGAZIONE NOMOLOGICO-DEDUTTIVA. Secondo Hempel il tipo fondamentale di spiegazione nomica è costituito dalla **spiegazione nomologico-deduttiva**, o **spiegazione ND**, nella quale l'*explanandum* viene dedotto da una o più leggi di natura unite a uno o più enunciati sulle condizioni iniziali. Una spiegazione ND avrà la forma:

$$\begin{array}{l}
 \text{Leggi} \\
 \text{Condizioni iniziali} \\
 \hline
 \text{Explanandum}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 L_1, L_2, \dots, L_r \\
 C_1, C_2, \dots, C_k \\
 \hline
 E
 \end{array}
 \quad \text{Quindi}$$

L'*explanandum* *E* viene qui dedotto da un *explanans* costituito da una o più leggi L_1, L_2, \dots, L_r e una o più condizioni iniziali C_1, C_2, \dots, C_k .

PROBABILITÀ STATISTICHE E LEGGI STATISTICHE. Nell'*explanans* delle spiegazioni ND vengono utilizzate leggi di forma universale, del tipo "Tutti gli *A* sono *B*". D'altra parte è noto che non tutte le leggi scientifiche hanno questa forma. Infatti molte scienze fanno largo uso delle cosiddette **leggi statistiche**. Una legge statistica che descrive le relazioni fra due proprietà *A* e *B* può essere espressa dicendo, per esempio, che "Il 90% degli *A* sono *B*" oppure che "La probabilità che un *A* sia *B* è pari al 90%".

⁹ Dal termine greco *nomos*, che significa "legge".

¹⁰ Tradotto in italiano, per i tipi de il Saggiatore, con il titolo *Aspetti della spiegazione scientifica*.

La nozione di probabilità utilizzata nella formulazione di leggi statistiche viene spesso chiamata **probabilità statistica**. Tale nozione non va confusa con quella di probabilità epistemica, che abbiamo illustrato con riferimento alle inferenze induttive. Infatti, mentre le probabilità epistemiche rappresentano i gradi di credenza di un particolare individuo nella verità delle ipotesi da lui prese in esame, le probabilità statistiche si riferiscono a determinate caratteristiche oggettive del mondo esterno. Per esempio, la probabilità statistica del 90%, menzionata nella legge “La probabilità che un *A* sia *B* è pari al 90%”, indica la **percentuale**, o **frequenza relativa**, degli individui di tipo *A* che hanno la proprietà *B*. Anche se probabilità epistemica e probabilità statistica sono nozioni molto diverse, applichiamo a entrambe il termine “probabilità” poiché entrambe soddisfano i principi della teoria matematica delle probabilità.

LA SPIEGAZIONE STATISTICO-INDUTTIVA. Secondo Hempel nella spiegazione dei fenomeni possiamo ricorrere anche a leggi statistiche. Sulla base di tali leggi possiamo formulare **spiegazioni probabilistiche**, dette anche **spiegazioni statistico-induttive** – in breve, **spiegazioni SI**. L'*explanandum* di una spiegazione SI viene *inferito induttivamente* da una o più leggi statistiche assieme alle condizioni iniziali. Un esempio di spiegazione SI è il seguente:

<i>Legge statistica</i>	Il 90% delle infezioni batteriche curate con antibiotici guariscono in meno di un mese.
<i>Condizione iniziale</i>	L'infezione batterica di Giovanni è stata curata con antibiotici.
	<u>Quindi, con probabilità pari al 90%</u>
<i>Explanandum</i>	L'infezione batterica di Giovanni è guarita in meno di un mese.

L'*explanandum* “L'infezione batterica di Giovanni è guarita in meno di un mese” viene qui spiegato sulla base di un *explanans* costituito dalla legge statistica “Il 90% delle infezioni batteriche curate con antibiotici guariscono in meno di un mese” e dalla condizione iniziale “L'infezione batterica di Giovanni è stata curata con antibiotici”. Il doppio tratto sotto le premesse sta a indicare che l'*explanandum* viene inferito induttivamente dall'*explanans* con una elevata probabilità epistemica, pari al 90%. Si noti che la probabilità epistemica assegnata all'*explanandum*, indicata a destra del doppio tratto orizzontale, è identica alla probabilità statistica che ricorre nella legge utilizzata nell'*explanans*. Supponiamo, infatti, di sapere solo quanto detto dall'*explanans*, cioè che il 90% delle infezioni batteriche curate con antibiotici guariscono in meno di un mese (legge statistica) e che l'infezione batterica di Giovanni è stata curata con antibiotici (condizione iniziale): sarà allora del tutto plausibile attribuire una probabilità epistemica del 90% alla possibilità che l'infezione batterica di Giovanni guarisca in meno di un mese (*explanandum*).

Secondo Hempel una spiegazione SI è adeguata solo se l'*explanandum* può essere inferito dall'*explanans* con una probabilità elevata, e comunque superiore al 50%. Questo **requisito dell'elevata probabilità** rende le spiegazioni SI sostanzialmente simili alle spiegazioni ND. In entrambi i casi, infatti, se avessimo conosciuto le condizioni iniziali *prima* del verificarsi dell'evento da spiegare, avremmo potuto *prevedere*, in base alle leggi di natura accettate, che tale evento si sarebbe verificato: nelle spiegazioni ND avremmo potuto prevederlo con certezza deduttiva, nel caso delle spiegazioni SI solo con elevata probabilità.

5.3 Un'alternativa al modello Hempeliano della spiegazione

CRITICHE AL MODELLO HEMPELIANO. Il modello Hempeliano della spiegazione è stato sottoposto a diverse obiezioni, molte delle quali riguardano le spiegazioni SI. I critici rilevano che noi siamo molto spesso interessati alla spiegazione di eventi che si verificano piuttosto raramente, cioè di eventi piuttosto improbabili; di conseguenza, un grave difetto delle spiegazioni SI consisterebbe nel fatto che il requisito dell'elevata probabilità impedisce la spiegazione di eventi di questo genere.

Si pensi, per esempio, all'insorgenza del cancro polmonare nei fumatori. Poiché questa malattia si presenta anche nei fumatori con una frequenza relativa piuttosto bassa, e comunque di gran lunga inferiore al 50%, possiamo supporre, a puro scopo illustrativo, di accettare la legge statistica S_1 che dice: "Il 5% dei fumatori contraggono il cancro polmonare". Immaginiamo ora che Giovanni sia un fumatore e abbia contratto il cancro polmonare. Sulla base di S_1 e della condizione iniziale rappresentata dal fatto che Giovanni è un fumatore, dovremmo attribuire all'*explanandum*, cioè al fatto che Giovanni ha contratto il cancro, una probabilità del 5%. A dispetto del requisito Hempeliano dell'elevata probabilità, che ci vieta di utilizzare S_1 per formulare una spiegazione SI del fatto che Giovanni abbia contratto il cancro, molti medici affermerebbero che il cancro di Giovanni è stato causato dal fumo, cioè che il fumo spiega il fatto che Giovanni abbia contratto il cancro.

IL MODELLO DI RILEVANZA STATISTICA. Alla fine degli anni Sessanta, il filosofo della scienza americano Wesley Salmon (1925-2001) ha proposto una nozione di spiegazione statistica, nota come **modello di rilevanza statistica**, in grado di rendere conto delle intuizioni espresse dai medici in casi di questo genere. Trascurando i particolari, si può dire che una **spiegazione statisticamente rilevante** – in breve, **spiegazione SR** –, del cancro di Giovanni non dovrebbe basarsi solo sulla legge S_1 , che stabilisce la frequenza relativa del cancro polmonare nei fumatori, ma anche su una legge statistica che indichi la frequenza relativa del cancro polmonare nei non fumatori. Supponiamo, sempre a scopo illustrativo, di accettare la legge statistica S_2 secondo la quale l'1% dei non fumatori contraggono il cancro polmonare. Possiamo ora affermare che il fatto che Giovanni sia un fumatore, insieme con le leggi statistiche S_1 e S_2 , spiega il cancro polmonare di Giovanni. Infatti, secondo S_1 e S_2 la probabilità statistica di contrarre il cancro è cinque volte maggiore nei fumatori rispetto ai non fumatori: ciò significa che il fumo è *statisticamente rilevante* per il cancro polmonare. Possiamo allora dire che la circostanza che Giovanni sia un fumatore è una buona spiegazione SR del fatto che abbia contratto il cancro, nel senso che il fumo ha notevolmente accresciuto la probabilità che tale evento si verificasse.

Osservazione e teoria

6.1 La struttura delle teorie scientifiche

IPOTESI OSSERVATIVE, IPOTESI TEORICHE E PRINCIPI PONTE. Nell'analisi del metodo e dei fini della scienza è importante distinguere tre tipi di ipotesi, o leggi – vale a dire le leggi osservative, le leggi teoriche e i cosiddetti principi ponte –, che possono venire così caratterizzate:

- le **leggi osservative** comprendono *solo termini osservativi*, cioè termini che si riferiscono a entità o proprietà osservabili, come “corvo” e “nero”;
- le **leggi teoriche** comprendono *solo termini teorici*, cioè termini che si riferiscono a entità o proprietà inosservabili, come “elettrone” e “lunghezza d'onda”;
- i **principi ponte** sono così chiamati perché vengono formulati usando *sia termini teorici sia termini osservativi* e consentono quindi, come vedremo tra breve, di collegare le leggi teoriche con quelle osservative.

SISTEMI TEORICI E SPIEGAZIONE TEORICA. Abbiamo finora parlato di ipotesi, leggi e teorie con riferimento a singoli enunciati. Tuttavia nella pratica scientifica il termine “teoria” viene spesso usato per indicare **sistemi teorici**, come la meccanica newtoniana o la genetica mendeliana, costituiti da *insiemi di ipotesi*. I sistemi teorici formulati in molte scienze, a partire dalla fisica, comprendono leggi osservative, leggi teoriche e principi ponte.

Le leggi osservative descrivono le regolarità fenomeniche osservabili nel mondo esterno. Spesso gli scienziati cercano di spiegare tali regolarità riconducendole a uniformità più profonde, relative a entità o processi invisibili che si trovano, per così dire, sotto i fenomeni; in altre parole, gli scienziati cercano di offrire una **spiegazione teorica** delle regolarità fenomeniche, deducendo le leggi osservative a partire da appropriate leggi teoriche e principi ponte.

Possiamo illustrare la nozione di spiegazione teorica con un esempio relativo alla *teoria cinetica dei gas*, la quale può essere intesa come un sistema teorico che comprende leggi osservative, leggi teoriche e principi ponte. Le leggi osservative descrivono certe caratteristiche *macroscopiche* dei gas, come la temperatura o la pressione, che possono essere osservate e misurate. Una famosa legge osservativa è la legge di Boyle, formulata dallo scienziato irlandese Robert Boyle (1627-1691), la quale afferma che *la pressione di una massa di gas a temperatura costante è inversamente proporzionale al suo volume*. Le leggi teoriche descrivono certe caratteristiche *microscopiche* dei gas, come la massa, la quantità di moto e l'energia cinetica delle molecole di una massa di gas. Infine, i principi ponte della teoria cinetica collegano le caratteristiche microscopiche dei gas con quelle macroscopiche; principi ponte sono, per esempio, l'ipotesi che la pressione esercitata da un gas in un recipiente dipenda dalla quantità di moto che le molecole del gas trasmettono alle pareti, e l'ipotesi che l'energia cinetica media delle molecole di una massa di gas rimanga costante finché rimane costante la temperatura. A partire dalle leggi teoriche e dai principi ponte della teoria cinetica dei gas, i fisici sono in grado di dedurre la legge di Boyle e diverse altre leggi osservative; in altre parole, sono in grado di offrire una spiegazione teorica di svariate regolarità fenomeniche nel comportamento dei gas, riconducendole alle regolarità dei sottostanti fenomeni molecolari.

6.2 La tesi e il problema di Duhem

LA TESI DI DUHEM. Il fatto che gli scienziati abbiano spesso a che fare con sistemi teorici è ricco di implicazioni per il metodo scientifico. Una di queste fu colta da Duhem all'inizio del secolo scorso, nel volume *La théorie physique*¹¹ (1906). La sua tesi, oggi nota come **tesi di Duhem**, afferma che non possiamo mai sottoporre a controllo sperimentale un'ipotesi teorica isolata, ma soltanto un *insieme* di ipotesi, cioè un sistema teorico. Quando i risultati dei controlli sperimentali non sono in accordo con le previsioni derivate dal sistema, ci dicono soltanto che almeno una delle ipotesi del sistema è inaccettabile, senza dirci esattamente quale. La tesi di Duhem, formulata con specifico riferimento alla fisica, è stata poi estesa a tutte le scienze "mature", cioè alle scienze più sviluppate, nelle quali le ipotesi vengono raggruppate in sistemi teorici altamente strutturati.

La tesi di Duhem viene suffragata da molti casi tratti dalla storia della scienza. Supponiamo, per esempio, di voler controllare la legge di gravitazione H_1 , deducendone una previsione osservabile E circa la posizione che il pianeta Urano occuperà in un determinato istante t . È noto che H_1 , presa da sola, non implica alcuna previsione osservabile, e quindi neppure E . La previsione E può essere invece dedotta a partire da un insieme di premesse che comprende l'intera meccanica newtoniana, cioè la legge di gravitazione H_1 e le tre leggi del moto, che chiameremo H_2 , H_3 e H_4 e, in aggiunta, svariate **ipotesi ausiliari**. Alcune ipotesi ausiliari utilizzate nella derivazione di E descrivono le attuali posizioni, velocità e masse di Urano e del Sole. Altre sono ipotesi di carattere generale: per esempio, l'ipotesi che l'unica forza che agisce sui pianeti è quella gravitazionale, o quella che i telescopi utilizzati per rilevare le posizioni dei pianeti non producono grossolane distorsioni. Se indichiamo con A la congiunzione di tutte le ipotesi ausiliari utilizzate nella deduzione di E , possiamo affermare che E è stata dedotta dalla congiunzione $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ ¹², cioè dalla congiunzione delle quattro leggi della meccanica newtoniana e di un certo numero di ipotesi ausiliari. Ciò significa che possiamo controllare la legge di gravitazione H_1 solo in maniera indiretta, cioè sottoponendo a controllo un intero sistema teorico comprensivo di H_1 , vale a dire $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$.

IL PROBLEMA DI DUHEM. La tesi di Duhem porta alla luce un problema spinoso, che si presenta nel caso in cui le previsioni osservative dedotte da un sistema teorico non si realizzino. Possiamo illustrare tale problema, oggi noto come **problema di Duhem**, con riferimento al controllo del sistema teorico $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$.

Poiché la previsione E è deducibile dalla congiunzione $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$, siamo in grado di affermare: "Se $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ allora E ". Supponiamo, inoltre, di avere osservato la posizione di Urano nell'istante t , e scoperto che la previsione E non si è realizzata; siamo allora in grado di affermare: "Non E ". Possiamo ora usare gli enunciati "Se $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ allora E " e "Non E " come premesse del seguente MTT:

<i>Premessa 1</i>	Se $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ allora E .	
<i>Premessa 2</i>	Non E .	
		<i>Quindi</i>
<i>Conclusione</i>	Non $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$.	

¹¹ Tradotto in italiano, per i tipi de il Mulino, con il titolo *La teoria fisica*.

¹² " \wedge " è il simbolo logico della congiunzione e va letto come "e".

La conclusione “Non $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ ” del nostro MTT afferma che la congiunzione $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ è falsa, cioè che *almeno una* delle ipotesi H_1, H_2, H_3, H_4 , e A è falsa. Tuttavia, tale conclusione non ci dice *quale* di queste ipotesi è falsa. Potrebbe essere falsa proprio la legge di gravitazione H_1 , oppure una delle leggi del moto H_2, H_3 e H_4 o, ancora, una delle ipotesi ausiliari comprese in A . Si noti che la conclusione di MTT lascia aperta persino la possibilità che *tutte* le ipotesi H_1, H_2, H_3, H_4, A siano false.

Quando il risultato delle osservazioni o degli esperimenti è in disaccordo con le previsioni dedotte da un sistema teorico, l'unica conclusione certa che ne possiamo trarre, applicando MTT nel modo appena illustrato, è che *qualche parte del sistema va eliminata*. Tuttavia, tale conclusione non ci dice quali parti del sistema teorico dovrebbero essere eliminate o modificate. Di fronte alla falsificazione sperimentale di un sistema teorico sarebbe utile disporre di un criterio soddisfacente per decidere su quale parte del sistema dovremmo far ricadere la “colpa” della falsificazione. Il *problema di Duhem* consiste proprio nella richiesta di formulare un criterio di questo genere.

6.3 Realismo e antirealismo

La distinzione tra ipotesi osservative e teoriche svolge una funzione importante anche nella riflessione sui *fini della scienza*. Negli ultimi decenni tale riflessione ha dato luogo a una vivace disputa tra varie forme di **realismo** e di **antirealismo**. Illustreremo anzitutto le tesi fondamentali del cosiddetto realismo scientifico e considereremo poi alcune recenti forme di antirealismo.

REALISMO SCIENTIFICO. Secondo un'idea largamente accettata, le leggi osservative stabilite in varie discipline scientifiche sono la migliore descrizione in nostro possesso di molte regolarità fenomeniche, relative a entità osservabili molto importanti per la nostra vita, dalle galline d'allevamento agli impianti nucleari. La scienza non si limita, però, alla descrizione delle regolarità fenomeniche; infatti diverse discipline scientifiche comprendono anche leggi teoriche che offrono una descrizione particolareggiata del comportamento di svariate entità non osservabili, dagli atomi ai buchi neri. In termini molto approssimativi, possiamo definire il **realismo scientifico** come la tesi secondo la quale *dovremmo credere non solo a quello che la scienza ci dice sulle regolarità fenomeniche, ma anche a quel che ci dice circa la realtà inosservabile*; per esempio, dovremmo credere che gli oggetti non osservabili postulati dalle nostre migliori teorie scientifiche esistano davvero, e che le leggi teoriche che li descrivono siano vere o, almeno, approssimativamente vere.

Nella filosofia della scienza del Novecento sono state sviluppate diverse versioni di realismo scientifico, a opera di studiosi come Popper, lo statunitense Hilary Putnam (1926-2016), il finlandese Ilkka Niiniluoto (1947-vivente) e molti altri. Pur differendo tra loro sotto molti importanti aspetti, le varie forme di realismo scientifico sono accomunate dal condividere tre tesi fondamentali, che vanno talvolta sotto i nomi di **realismo metafisico**, **semantico** ed **epistemico**. Illustreremo qui brevemente ognuna di queste tesi.

REALISMO METAFISICO. Secondo questa tesi *esiste un “mondo esterno” diverso e indipendente dal “mondo interno” della nostra mente*. Ciò significa, per esempio, che la pipa di radica sul tavolo del mio studio non è un prodotto della mia mente o di altre menti: esiste davvero e continuerebbe a esistere anche se all'improvviso tutti gli esseri umani sparissero dall'universo. I realisti scientifici ritengono che il mondo esterno comprenda non solo le pipe e gli altri oggetti osservabili, ma anche le entità teoriche, come gli

elettroni o i geni, di cui parlano le nostre migliori teorie scientifiche. Secondo i realisti tali entità esistono davvero e la loro esistenza è indipendente dalla nostra conoscenza e dalle nostre menti.

REALISMO SEMANTICO. Il realismo semantico afferma che *i termini che compaiono in un enunciato si riferiscono a cose e proprietà del mondo esterno*. Ne segue che saranno le condizioni oggettive, cioè i fatti del mondo esterno, a determinare se un enunciato è vero o falso: *un enunciato sarà vero se corrisponde ai fatti, falso se non vi corrisponde*. I realisti scientifici applicano quest'ultima tesi, che va spesso sotto il nome di *teoria corrispondentistica della verità*, anche alle ipotesi teoriche formulate nella scienza. Secondo i realisti, infatti, il valore di verità di tali ipotesi dipende *solo* da come è fatto il mondo.

REALISMO EPISTEMICO. Secondo questa tesi *siamo in grado di conoscere, sia pure in modo fallibile, la verità sul dominio di eventi, osservabili e no, di cui parla la scienza*. Ciò significa che abbiamo buone ragioni per credere che la maggior parte delle entità teoriche postulate dalle nostre migliori ipotesi teoriche esistano davvero e anche che tali ipotesi siano vere o, almeno, approssimativamente vere.

COSTRUTTIVISMO SOCIALE. Le diverse forme di **antirealismo** sviluppate nell'ultimo secolo sono caratterizzate dal rifiuto di almeno una delle tre tesi realiste appena illustrate. Per esempio, alcuni antirealisti, come il sociologo della scienza francese Bruno Latour (1947-vivente) e gli inglesi Steve Woolgar (1950-vivente) e David Bloor (1950-vivente), rifiutano il realismo semantico, cioè la tesi che il valore di verità delle ipotesi scientifiche sia determinato dai fatti del mondo esterno. In particolare, molto interesse è stato suscitato dal **costruttivismo sociale**, sviluppato da Latour e Woolgar nel volume *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts* (1979). Gli autori analizzano le pratiche quotidiane dei ricercatori in un laboratorio scientifico con lo stesso metodo con cui gli antropologi studiano le tribù primitive. In tal modo giungono alla conclusione che la "tribù" degli scienziati di laboratorio non studia la "natura", ma solo i fenomeni osservati nelle condizioni artificiali da loro stessi prodotte. L'idea centrale del costruttivismo sociale consiste nella tesi che *i fatti scientifici sono artefatti creati dalle pratiche di laboratorio*. Secondo i costruttivisti le pratiche di laboratorio hanno carattere essenzialmente *linguistico* e *sociale*. Infatti, il risultato fondamentale degli esperimenti di laboratorio è costituito dalla produzione di vari tipi di "iscrizioni", cioè di entità linguistiche come grafici, numeri e resoconti sperimentali; queste iscrizioni vengono poi confrontate e manipolate attraverso dibattiti, "negoziazioni" e scambi sociali di vario genere tra i membri del gruppo di ricerca, e tra quest'ultimo e il resto della comunità scientifica. Latour e Woolgar possono quindi asserire che **i fatti scientifici sono costruzioni sociali**. Ne segue che, diversamente da quanto credono i realisti, le teorie non possono essere confrontate con una realtà esterna preesistente alla pratica scientifica.

EMPIRISMO COSTRUTTIVO. Negli ultimi vent'anni ha avuto molto successo una forma di antirealismo sviluppata, sotto l'etichetta di **empirismo costruttivo**, dal filosofo statunitense di origine olandese Bas van Fraassen (1941-vivente). Le sue posizioni sono state espone per la prima volta in forma sistematica nel volume *Scientific Image* (1980). Diversamente dai costruttivisti sociali, van Fraassen accetta il realismo semantico; ritiene quindi che le teorie scientifiche abbiano un valore di verità che dipende solo dalle condizioni del mondo esterno. Tuttavia, rifiuta il realismo epistemico e sostiene che, per accettare una teoria scientifica, non è affatto necessario credere che la teoria sia vera.

La nozione chiave dell'empirismo costruttivo è quella di **adeguatezza empirica**: una teoria è empiricamente adeguata quando, come dicevano i Greci, "*salva i fenomeni*", cioè quando tutto quel che dice circa gli eventi osservabili è vero. Secondo gli empiristi costruttivi, per accettare una teoria è sufficiente credere che sia empiricamente adeguata, cioè che descriva correttamente ciò che è osservabile.

Gli empiristi costruttivi illustrano la tesi che *l'indagine scientifica può avere pieno successo anche senza che si creda nella verità delle teorie* con riferimento a diversi casi tratti dalla storia della scienza. Consideriamo, per esempio, due scienziati: il primo accetta la teoria atomica nel senso che ritiene che sia empiricamente adeguata, ma resta agnostico sulla questione se gli atomi esistano davvero; il secondo, oltre a condividere la convinzione del primo circa l'adeguatezza empirica della teoria atomica, pensa anche che gli atomi esistano davvero. Gli empiristi costruttivi sostengono che la posizione realista del secondo scienziato non ha alcuna influenza sul suo lavoro scientifico: le sue attese e procedure saranno esattamente le stesse del collega agnostico. Entrambi, infatti, sono persuasi che la teoria atomica sia in accordo con tutte le osservazioni fatte fino a quel momento e si aspettano che sarà in accordo anche con le osservazioni future; di conseguenza, entrambi penseranno nei termini della teoria atomica e useranno le sue risorse concettuali per risolvere tutti i problemi scientifici rilevanti. Ciò significa che un'interpretazione realista delle teorie non è affatto necessaria per la pratica scientifica: l'accettazione o il rifiuto dell'esistenza delle entità teoriche, come gli atomi, non svolge alcuna funzione nell'indagine scientifica.

Rivoluzioni e razionalità nello sviluppo della scienza

7.1 Scienza normale e rivoluzioni scientifiche: la teoria della scienza di Thomas Kuhn

SCIENZA NORMALE, PARADIGMI E COMUNITÀ SCIENTIFICHE. Secondo Kuhn, nello sviluppo di una disciplina scientifica sufficientemente matura, come la fisica, si alternano ciclicamente diverse fasi, ciascuna delle quali è caratterizzata da peculiari schemi di comportamento della comunità scientifica. Le due fasi principali di questo sviluppo sono rappresentate, come vedremo ora, dalla “scienza normale” e dalla “scienza rivoluzionaria”.

Per la maggior parte del tempo una scienza matura si trova nello stadio della **scienza normale**, caratterizzato dall’universale adozione di un determinato **paradigma**, vale a dire di una cornice concettuale condivisa, nel cui ambito i membri di una **comunità scientifica** svolgono le proprie ricerche. I paradigmi sono entità complesse che comprendono diversi ingredienti. Il più importante fra questi è costituito da alcune *teorie fondamentali* accettate senza riserve dalla comunità scientifica; per esempio, un ingrediente essenziale del paradigma della fisica ottocentesca era la teoria newtoniana della gravitazione. Un altro ingrediente è un *insieme di istruzioni* su come sviluppare le teorie fondamentali della disciplina e applicarle a nuovi problemi e ambiti fenomenici. I giovani scienziati ricevono queste istruzioni attraverso una serie di esempi, appresi dai manuali o dalla pratica di laboratorio, che si riferiscono alle applicazioni più semplici e consolidate delle teorie fondamentali. Dopo una lunga pratica con le applicazioni consolidate, gli scienziati più creativi riusciranno a scoprirne di nuove, contribuendo così allo sviluppo e alla generalizzazione delle teorie.

ANOMALIE E RIFIUTO DEL FALSIFICAZIONISMO POPPERIANO. La formulazione iniziale delle teorie paradigmatiche, cioè delle teorie accettate nell’ambito di un paradigma, è molto incompleta e imprecisa: tali teorie si limitano, infatti, a descrivere alcuni aspetti generali dei fenomeni presi in esame. Per di più, la ricerca scientifica porta alla scoperta di numerose **anomalie**, cioè di fenomeni nuovi e inaspettati, che mettono in luce discrepanze talvolta molto vistose fra le teorie paradigmatiche e l’osservazione. Poiché un’anomalia è costituita da un evento in conflitto con le previsioni derivate dalla teoria, Popper la descriverebbe come un evento falsificante, cioè come un evento che rende necessario l’abbandono della teoria. Diversamente da Popper, Kuhn pensa che nessuna anomalia conduca all’abbandono di una teoria paradigmatica. Infatti, l’imperfezione dell’accordo esistente tra teoria e dati è un aspetto costitutivo della scienza normale: ciò significa che qualunque teoria nasce e si sviluppa in un oceano di anomalie. Di conseguenza, se qualsiasi anomalia fosse una ragione sufficiente per abbandonare una teoria, tutte le teorie dovrebbero essere abbandonate in ogni momento. L’analisi storica della scienza normale ci mostra, invece, che gli scienziati si guardano bene dall’abbandonare una teoria paradigmatica non appena scoprono un’anomalia: per esempio, lo sviluppo della teoria newtoniana è stato sempre accompagnato da numerose anomalie, ma questa circostanza non ha affatto spinto i fisici, per tutto il Settecento e l’Ottocento, ad abbandonare la teoria.

LA SOLUZIONE DEI ROMPICAPO. Pur non determinando l’abbandono di una teoria paradigmatica, le anomalie spingono gli scienziati a riformulare e “aggiornare” le precedenti versioni della teoria: i fatti anomali vengono così trasformati in fatti che ci si dovrebbe attendere sulla base della versione aggiornata della teoria. In un periodo di scienza normale il compito degli scienziati non è quello di falsificare o confermare

una teoria, come sostenevano Popper e i neoempiristi, ma quello di *completarla*, cioè di renderla più semplice e precisa, estenderla a sempre nuovi ambiti fenomenici e migliorare il suo accordo con le osservazioni. I disaccordi tra teoria e osservazione non sono buoni motivi per rifiutare una teoria, ma vanno piuttosto considerati **rompicapo** da risolvere. Per risolvere tali rompicapo gli scienziati possono seguire svariate strategie: modificare qualcuna delle ipotesi ausiliari utilizzate per derivare le previsioni sperimentali, mostrare che le osservazioni anomale sono l'effetto di distorsioni prodotte dagli apparati strumentali, e così via. In un periodo di scienza normale l'abilità degli scienziati viene giudicata in base al loro successo nel perseguire questo obiettivo; se il successo ottenuto è scarso, le critiche vengono rivolte agli scienziati e non alla teoria paradigmatica.

LE SCIENZE IMMATURE. La caratteristica saliente di una scienza immatura è la mancanza di un paradigma condiviso. La situazione di una **scienza immatura** è caratterizzata dallo scontro tra varie scuole, ciascuna delle quali cerca di far prevalere i propri presupposti teorici. Per esempio, a giudizio di Kuhn, ancora oggi quasi tutte le scienze sociali, a partire dalla psicoanalisi, si trovano nello stadio di scienze immature. In tale stadio i ricercatori cercano di falsificare le teorie rivali e confermare le proprie, nella speranza di farle accettare dalla maggioranza dei colleghi. Se una delle scuole rivali riesce nell'obiettivo di conquistare l'egemonia, trasformando il proprio sistema teorico nel paradigma dominante, la disciplina esce dallo stadio di scienza immatura per entrare in quello di scienza normale.

CRISI DI UN PARADIGMA E SCIENZA RIVOLUZIONARIA. Nello sviluppo di una scienza matura accade frequentemente che, dopo un periodo più o meno lungo di successi, il numero e la varietà di rompicapo irrisolti aumentino fino a raggiungere una soglia critica, a partire dalla quale la fiducia di una comunità scientifica nel proprio paradigma comincia a vacillare. In questo stadio dello sviluppo scientifico, caratterizzato dalla **crisi di un paradigma**, una parte degli scienziati cominciano a immaginare paradigmi alternativi. Se uno dei nuovi paradigmi comincia ad affermarsi, si entra nello stadio della **scienza rivoluzionaria**, caratterizzato dallo scontro frontale tra il nuovo e il vecchio paradigma. La situazione della scienza rivoluzionaria è simile a quella della scienza immatura; infatti i sostenitori del nuovo paradigma cercano di imporre la loro egemonia sulla disciplina, cosicché, se il loro tentativo riesce, si apre un nuovo periodo di scienza normale.

ASSENZA DI REGOLE METODOLOGICHE CONDIVISE NELLE RIVOLUZIONI SCIENTIFICHE. Proprio come accade nelle rivoluzioni politiche, anche nelle **rivoluzioni scientifiche** lo scontro tra le parti in lotta non può essere disciplinato da regole condivise. Infatti, nella prospettiva di Kuhn, le *regole metodologiche* usate per valutare il *successo esplicativo* di una teoria, cioè il suo successo nella soluzione di rompicapo, sono strettamente legate al paradigma di cui la teoria fa parte. Per esempio, un difensore della fisica galileiana potrebbe fare appello alla semplicità matematica della legge di caduta dei gravi, ma il ricorso a questa regola metodologica non verrebbe accettato da un sostenitore della fisica aristotelica. Ciò significa che le regole metodologiche non sono affatto "regole del gioco" condivise dalle parti in conflitto, ma vanno considerate come una parte essenziale della "posta in gioco".

L'OSSERVAZIONE È "CARICA DI TEORIA". Si potrebbe pensare che la mancanza di regole metodologiche condivise non impedisca di confrontare, sia pure in modo approssimativo, il successo esplicativo di paradigmi rivali rispetto a un comune dominio di fenomeni. Tuttavia Kuhn esclude anche questa possibilità. A suo avviso, infatti, i sostenitori di paradigmi rivali non dispongono di un linguaggio osservativo condiviso e "neutrale" per la descrizione dei fenomeni, ma possono descriverli solo in linguaggi "impregnati di teoria", cioè in linguaggi plasmati dalle teorie fondamentali dei loro paradigmi.

Kuhn parla talvolta degli scienziati che lavorano con paradigmi differenti come di persone che vivono in mondi differenti. Poiché le osservazioni sono “*cariche di teoria*” (*theory laden*), nel senso che i fatti vengono osservati e descritti attraverso gli occhiali di una determinata teoria e del corrispondente paradigma, i sostenitori di paradigmi rivali osserveranno fatti diversi e descriveranno in modi molto diversi ciò che osservano.

L'IMPOSSIBILITÀ DEGLI ESPERIMENTI CRUCIALI. Risulterà quindi impossibile fare riferimento a resoconti osservativi comuni per confrontare paradigmi rivali. In particolare, Kuhn sostiene che **nella scienza non esistono esperimenti cruciali**, cioè esperimenti capaci di operare una discriminazione netta fra paradigmi rivali. Infatti, i sostenitori di paradigmi rivali vedranno e descriveranno in maniera profondamente diversa i risultati degli stessi esperimenti. Tali risultati non potranno quindi costituire una “base neutrale” per la scelta tra paradigmi.

CORPI OSCILLANTI E PENDOLI. Kuhn illustra le sue tesi sul “carico teorico” delle osservazioni con svariati casi tratti dalla storia della scienza, i quali suggeriscono che il modo in cui gli scienziati percepiscono i fatti è profondamente influenzato dal loro paradigma. Per esempio, nota che gli esseri umani hanno sempre visto che un corpo pesante appeso a una corda oscilla fino a raggiungere uno stato di quiete; tuttavia questo fenomeno venne percepito in modo diverso dagli aristotelici e da Galileo. Secondo il paradigma aristotelico un corpo pesante tende a raggiungere, per sua natura, uno stato di quiete in una posizione più bassa. Sotto l'influenza di questo paradigma, gli aristotelici percepivano un corpo oscillante come un corpo che, a causa del vincolo della corda, cadeva con difficoltà, raggiungendo lo stato di quiete nel punto più basso solo dopo un movimento tortuoso e prolungato. Galileo, invece, quando guardava un corpo oscillante vedeva un pendolo, cioè un corpo che tendeva a ripetere lo stesso movimento quasi all'infinito. Secondo Kuhn, Galileo riuscì a trasformare la percezione aristotelica dei corpi oscillanti grazie a un mutamento di paradigma avvenuto nel Medioevo. Galileo, infatti, aveva imparato ad analizzare i movimenti nei termini della teoria dell'*impetus*, un paradigma tardomedievale nel quale il movimento continuo di un corpo pesante era dovuto a una forza interna impressa dall'agente che, lanciandolo, lo aveva messo in movimento. Kuhn non si limita a sostenere che gli aristotelici e Galileo videro gli stessi oggetti, ma li interpretarono e descrissero in modo diverso. Si spinge fino ad affermare che Galileo *vide oggetti differenti* da quelli percepiti dagli aristotelici. A suo giudizio, infatti, lo scienziato che abbraccia un nuovo paradigma assomiglia a una persona che inforca occhiali invertenti e, anche se si trova di fronte allo stesso insieme di oggetti di prima e ne è cosciente, li vede completamente trasformati.

LA TESI DELL'INCOMMENSURABILITÀ. Kuhn ritiene che la mancanza di regole metodologiche condivise e di un linguaggio osservativo neutrale per la descrizione dei fenomeni renda impossibile una discussione *razionale* tra i sostenitori di paradigmi rivali. L'idea che paradigmi diversi siano “incommensurabili”, cioè che non possano essere sottoposti a un confronto razionale su un terreno comune e secondo criteri condivisi, è nota come **tesi dell'incommensurabilità**. Secondo questa tesi l'accettazione di un nuovo paradigma non dipende dalla “bontà oggettiva” delle argomentazioni addotte a suo favore, bensì dalle capacità persuasive e organizzative dei suoi sostenitori. Per questo il cambiamento rivoluzionario di paradigma effettuato da una comunità scientifica è stato talvolta paragonato a una conversione religiosa di massa.

7.2 Programmi di ricerca, razionalità e progresso scientifico

OBIEZIONI DI IMRE LAKATOS ALLA TEORIA DELLA SCIENZA DI KUHN. L'analisi kuhniana della scienza ha esercitato un'ampia influenza e suscitato molte controversie. Tra gli studiosi influenzati da Kuhn, ricordiamo **Imre Lakatos** che, fuggito dall'Ungheria dopo la repressione della rivoluzione antisovietica del 1956, fu prima allievo e poi severo critico di Popper. Sulla scia di Kuhn, Lakatos rifiuta l'idea popperiana di una razionalità "a colpo di pistola", in base alla quale un solo caso falsificante sarebbe sufficiente all'eliminazione definitiva di una teoria. Tuttavia, in polemica con Kuhn, insiste sulla razionalità del cambiamento scientifico e, di conseguenza, rifiuta la distinzione tra scienza normale e scienza rivoluzionaria e anche la tesi dell'incommensurabilità. A suo avviso è molto difficile rintracciare nella storia della scienza qualcosa di simile alla scienza normale, dato che la ricerca scientifica è raramente dominata da un solo paradigma. La situazione tipica è invece quella in cui vengono contemporaneamente sviluppati diversi paradigmi o, per usare il termine preferito da Lakatos, diversi **programmi di ricerca** in competizione fra loro.

IL CRITERIO DI PROGRESSO NELLA SCELTA RAZIONALE TRA PROGRAMMI DI RICERCA. Inoltre, in contrasto con la tesi dell'incommensurabilità, Lakatos sostiene che il confronto razionale tra programmi di ricerca rivali è perfettamente possibile. Tale confronto dovrebbe basarsi sulla distinzione tra programmi di ricerca "progressivi" e "stagnanti": i primi sono i programmi coronati da un lungo periodo di successi nella spiegazione di nuovi fenomeni, mentre i secondi sono quelli afflitti da un lungo periodo di insuccessi. Lakatos propone un *criterio di progresso* secondo il quale le comunità scientifiche dovrebbero abbandonare i programmi che si trovano da troppo tempo in uno stato di stagnazione e, nella scelta tra programmi rivali, dovrebbero preferire quelli progressivi a quelli stagnanti. Lakatos ritiene che il criterio di progresso fornisca adeguate indicazioni per la *scelta razionale tra programmi di ricerca rivali*. A suo giudizio, la storia della scienza ci mostra che il criterio di progresso ha effettivamente guidato la successione dei programmi di ricerca nell'ambito delle comunità scientifiche. Si deve quindi concludere che il *cambiamento scientifico* ha un carattere razionale e che, attraverso il succedersi di diversi programmi di ricerca, si realizza qualche forma di *progresso scientifico*.

Il progresso scientifico al quale pensa Lakatos, su questo punto in pieno accordo con Popper, consiste nel raggiungimento di un alto grado di verosimilitudine, cioè nell'adozione di teorie sempre più vicine alla verità. Secondo Lakatos il criterio di progresso va inteso sia come un criterio di *carattere descrittivo*, nel senso che la storia della scienza ci mostra che è stato ampiamente adottato dai ricercatori, sia come un criterio dotato di *valore normativo*. A suo giudizio, infatti, si può mostrare che il criterio di progresso è un mezzo efficace per il raggiungimento dei fini della scienza, cioè di una crescente approssimazione alla verità; di conseguenza, tale criterio *dovrebbe* essere adottato nella pratica scientifica. Insistendo sul carattere normativo del criterio metodologico di progresso, Lakatos tenta di riconciliare la prospettiva storica delle filosofie postpositiviste con l'idea, precedentemente sostenuta dai neoempiristi, che la scienza è governata da criteri metodologici di carattere normativo.

7.3 Rotture epistemologiche. La filosofia della scienza di Gaston Bachelard

GASTON BACHELARD E LA TRADIZIONE EPISTEMOLOGICA FRANCESE. Nella riflessione filosofica sulla scienza possiamo individuare una tradizione tipicamente francese che inizia con Descartes e continua fino all'*Encyclopédie* e all'Illuminismo, per fiorire poi tra l'Ottocento e il Novecento, a opera di studiosi come Comte, Duhem e Poincaré. Anche se il clima filosofico francese del Novecento, fortemente influenzato dalla filosofia tedesca e specialmente dall'idealismo di Hegel e dal pensiero di Husserl e Heidegger, non era molto favorevole allo sviluppo della filosofia della scienza, la tradizione epistemologica francese non si

interruppe e trovò la sua figura chiave in **Gaston Bachelard** (1884-1962). Titolare per molti anni della cattedra di Storia e filosofia della scienza alla Sorbona, nel 1954 Bachelard si ritirò dall'insegnamento lasciando il suo posto a Georges Canguilhem (1904-1995), filosofo della biologia molto influente in Francia. Oltre a ispirare direttamente le ricerche di Canguilhem, l'opera di Bachelard ha esercitato una vasta influenza sulla filosofia francese. Tra gli studiosi che hanno apertamente riconosciuto il loro debito con Bachelard ricordiamo Louis Althusser, Michel Foucault e Jacques Lacan. Lo stile spesso oscuro di Bachelard e l'esposizione disorganica di molti suoi scritti hanno però ostacolato la diffusione della sua opera al di fuori dei confini francesi.

IL NUOVO SPIRITO SCIENTIFICO. La riflessione epistemologica di Bachelard viene ispirata dal “nuovo spirito scientifico” suscitato dagli sviluppi rivoluzionari della fisica nei primi decenni del ventesimo secolo. Con l'accettazione della teoria della relatività e della meccanica quantistica, gli scienziati avevano radicalmente modificato i concetti di spazio, tempo, causalità e sostanza che stavano alla base della fisica classica. Tali concetti, suscettibili di essere profondamente rivisti alla luce dell'indagine scientifica, non potevano quindi essere considerati, come aveva fatto Kant, categorie a priori fondate sulla natura del soggetto razionale.

L'APPROCCIO STORICO ALLA FILOSOFIA DELLA SCIENZA. Bachelard ritiene che “il giusto metodo” della scienza non possa essere delineato una volta per tutte, sulla base di considerazioni a priori. Ciò significa, per esempio, che i meccanismi dell'indagine scientifica non possono essere individuati sulla base di principi a priori relativi alle categorie mentali del soggetto o alla struttura logica del linguaggio scientifico. Per far luce sul metodo scientifico e sui meccanismi di sviluppo della scienza è invece necessario un approfondito esame della *pratica scientifica* come emerge dalla storia della scienza; la filosofia della scienza deve quindi essere intimamente connessa alla storia della scienza.

Un aspetto peculiare dell'*approccio storico alla filosofia della scienza* propugnato da Bachelard consiste nella posizione privilegiata attribuita alla scienza contemporanea. Infatti la scienza contemporanea, costituita dalle nostre più aggiornate teorie e concezioni scientifiche, rappresenta inevitabilmente il punto d'osservazione dal quale valutiamo il successo teorico della scienza passata, cioè delle teorie e dei metodi adottati da chi ci ha preceduto. La *storia della scienza ha quindi carattere valutativo*; il passato della scienza viene infatti valutato dal punto di vista del presente, distinguendo quelle parti della scienza passata che sono state “sancite” dalle nostre attuali conoscenze, cioè incorporate nella scienza attuale, da quelle non più valide.

ROTTURE EPISTEMOLOGICHE. Lungi dal rappresentare una semplice estensione del buon senso, il pensiero scientifico moderno è caratterizzato, secondo Bachelard, da una profonda discontinuità con la conoscenza comune. Infatti la scienza moderna nasce attraverso una **rottura epistemologica** con il senso comune, cioè una rottura con le illusioni dei sensi e dell'immaginazione. La nozione di rottura epistemologica svolge una funzione chiave nella filosofia della scienza di Bachelard. Non si riferisce solo all'atto di nascita della scienza moderna, ma anche alle trasformazioni rivoluzionarie che ne segnano lo sviluppo e ne consentono i progressi più significativi. In questa seconda accezione, “rottura epistemologica” è la netta discontinuità che ogni nuova e importante teoria scientifica attua rispetto alle teorie precedenti. È interessante osservare che le ricerche di Bachelard sulle rotture epistemologiche e il loro ruolo nella storia della scienza, avviate nel volume *La formation de l'esprit scientifique* (1938), hanno preceduto di un quarto di secolo le ricerche di Kuhn sulle strutture delle rivoluzioni scientifiche e, più in generale, hanno anticipato molti problemi affrontati dalle filosofie postpositiviste.

OSTACOLI EPISTEMOLOGICI. Le rotture epistemologiche operate dalla scienza moderna richiedono il superamento di svariati **ostacoli epistemologici**. Tali ostacoli sono modi di pensare, legati al senso comune o alle passate teorie scientifiche, che ci impediscono di cogliere verità fondamentali sul mondo. Un esempio di ostacolo epistemologico è rappresentato dalle nozioni deterministiche ereditate dalla scienza moderna: come vedremo nel Capitolo 8, solo attraverso il loro superamento i fisici sono pervenuti alla scoperta della meccanica quantistica. Gli sviluppi rivoluzionari della scienza, legati al superamento di ostacoli epistemologici, sono imprevedibili e di difficilissima attuazione, poiché tali ostacoli non operano in modo visibile. Un ostacolo epistemologico è infatti legato al nostro modo di vedere e pensare la realtà fenomenica, attraverso le lenti del senso comune o delle “vecchie” teorie scientifiche, e quello che vediamo e pensiamo in questo modo ci sembra tanto evidente da sottrarsi a ogni possibile interrogativo.

Possiamo dunque identificare gli ostacoli epistemologici solo retrospettivamente, alla luce di una rottura epistemologica già avvenuta; solo allora i fattori che hanno ostacolato una innovazione teorica rivoluzionaria vengono colti nella loro natura di ostacoli sulla strada del progresso scientifico. Secondo Bachelard gli ostacoli epistemologici vanno rintracciati tra quei fattori che modellano, condizionano e limitano il nostro pensiero operando a un *livello inconscio* e, per così dire, precognitivo. Il processo che conduce al superamento di ostacoli epistemologici deve quindi attuarsi ai confini tra la dimensione conscia del pensiero teorico e quella inconscia dell'**immaginazione**.

SCIENZA E IMMAGINAZIONE POETICA. Anche se la scienza nasce da una netta rottura con le illusioni dei sensi e dell'immaginazione, Bachelard attribuisce un significato positivo al regno soggettivo e “poetico” dell'immaginazione. In una decina di libri sulla dimensione poetica del pensiero, delinea il progetto di una “psicoanalisi della ragione” che dovrebbe svelare il significato inconscio delle “immagini primitive”, a partire da quelle relative a terra, aria, fuoco, e acqua. Secondo Bachelard il regno non scientifico dell'immaginazione rappresenta un necessario complemento estetico alla conoscenza scientifica. Ciò significa che la “coscienza diurna”, di natura “maschile” e tesa alla ricerca dell'oggettività scientifica, deve venire integrata da una “coscienza notturna”, di natura “femminile”. La coscienza notturna sarebbe in grado di produrre le immagini primitive operando attraverso una creatività poetica che funziona con meccanismi simili a quelli del sogno.

Implicazioni filosofiche della rivoluzione nella fisica del Novecento

8.1 La rivoluzione nella fisica del Novecento

FILOSOFIA GENERALE DELLA SCIENZA E FILOSOFIE SPECIALI DELLE SCIENZE. Gli scritti dei postpositivisti e di Bachelard hanno contribuito a diffondere l'idea, oggi largamente accettata, che la filosofia della scienza debba basarsi su una conoscenza approfondita della **storia della scienza**, compresi i suoi ultimi sviluppi rappresentati dalla corrente pratica scientifica. Questa convinzione ha spinto i filosofi della scienza a studiare le procedure sperimentali, i metodi di indagine e i fondamenti concettuali delle singole discipline scientifiche. In tal modo si sono sviluppate la filosofia della fisica, la filosofia della biologia, la filosofia delle scienze sociali e altre **filosofie "speciali" delle scienze**. Le filosofie speciali vanno distinte dalla **filosofia "generale" della scienza**, la quale tratta problemi metodologici di carattere generale che, almeno in linea di principio, coinvolgono qualunque disciplina scientifica. Questi problemi comprendono, per esempio, la valutazione empirica delle ipotesi, la natura della spiegazione scientifica e il rapporto tra osservazione e teoria, di cui ci siamo occupati nei Capitoli precedenti. In questo Capitolo forniremo, invece, un esempio delle questioni affrontate dalle filosofie speciali delle scienze, considerando alcuni problemi di filosofia della fisica posti dallo sviluppo della meccanica quantistica.

LA RIVOLUZIONE NELLA FISICA: TEORIA DELLA RELATIVITÀ E MECCANICA QUANTISTICA. Nei primi trent'anni del Novecento la fisica fu sconvolta da una grande rivoluzione, iniziata intorno al 1905 con lo sviluppo della teoria della relatività da parte del fisico tedesco, poi naturalizzato statunitense, Albert Einstein (1879-1955). La seconda fase della rivoluzione – avviata dalle ricerche del fisico tedesco Max Planck (1858-1947) e di Einstein sulla teoria dei quanti –, giunse a maturazione negli anni Venti, con le prime formulazioni della meccanica quantistica a opera del fisico tedesco Werner Heisenberg (1901-1976), dell'austriaco Erwin Schrödinger (1887-1961), del danese Niels Bohr (1885-1962) e dell'inglese Paul Dirac (1902-1984). La **teoria della relatività** e la **meccanica quantistica**, presto confermate da una grande varietà di evidenze empiriche, posero rapidamente fine a due secoli di incontrastato dominio della meccanica newtoniana. La teoria della relatività ci mostra, infatti, che la meccanica newtoniana fornisce una descrizione inadeguata del comportamento dei corpi che si muovono a velocità molto elevate, o che sono vicini a masse gravitazionali molto grandi; mentre la meccanica quantistica ci dice che il microcosmo dell'atomo si comporta in modo molto diverso da quello descritto dalle leggi newtoniane.

IMPLICAZIONI DELLA RIVOLUZIONE NELLA FISICA PER LA FILOSOFIA GENERALE DELLA SCIENZA. I rivoluzionari sviluppi della fisica nei primi decenni del Novecento ebbero notevoli implicazioni per la filosofia generale della scienza. Per esempio, come si è accennato nei Capitoli precedenti, stimolarono la riflessione dei neoempiristi, di Popper e di Bachelard. In particolare, i neoempiristi e Popper furono spinti ad affrontare il problema della giustificazione delle teorie scientifiche, giungendo però a conclusioni fra loro opposte. Il subitaneo abbandono della teoria di Newton, nonostante la straordinaria quantità di conferme sperimentali precedentemente ottenute, spinse i neoempiristi alla ricerca di adeguati criteri per la *giustificazione induttiva* delle teorie scientifiche. In aperta polemica con questo obiettivo, Popper sostenne che una caratteristica fondamentale della teoria della relatività, e di qualunque buona ipotesi scientifica, consisteva nel suo *elevato grado di falsificabilità*, cioè nell'elevato rischio di venire falsificata dalle osservazioni sperimentali. Ricordiamo, infine, che le rivoluzionarie trasformazioni concettuali che

aprirono la strada alla nuova fisica ispirarono il concetto di *rottura epistemologica*, che svolge un ruolo chiave nella filosofia di Bachelard. Oltre alle sue implicazioni per la filosofia generale della scienza, la rivoluzione nella fisica ispirò approfondite ricerche sui fondamenti concettuali della teoria della relatività e della meccanica quantistica, ricerche che hanno dato vita all'odierna filosofia della fisica. Non possiamo qui occuparci della radicale trasformazione dei concetti di spazio e di tempo operata dalla teoria della relatività; possiamo però considerare brevemente alcuni problemi concettuali relativi alla concezione indeterministica dischiusa dalla meccanica quantistica.

DALLA TEORIA ATOMICA ALLA MECCANICA QUANTISTICA. Nel quindicennio compreso tra il 1895 e il 1910, le numerose scoperte compiute dai fisici sperimentali produssero schiacciante conferma della teoria atomica, cioè della teoria secondo cui la struttura della materia è discontinua. Nel 1900 Planck, riflettendo sui risultati della ricerca sperimentale sulle radiazioni del corpo nero, formulò una rivoluzionaria ipotesi teorica per cui anche l'energia ha carattere "discreto", cioè discontinuo. Infatti secondo l'ipotesi di Planck, l'energia non varia in modo graduale e continuo, ma attraverso piccoli "salti" o "quanti d'azione"; più precisamente, l'energia è sempre multipla di un valore h , non ulteriormente divisibile, diventato poi noto come costante di Planck¹³.

Nel tentativo di offrire una spiegazione coerente dei risultati sperimentali ottenuti in svariate aree della fisica vennero proposti diversi modelli di atomo. Nel modello "planetario" noto a tutti, introdotto nel 1911 dal fisico britannico Ernest Rutherford (1871-1937), l'atomo assomiglia a un piccolo sistema solare, costituito da un nucleo composto da protoni e neutroni, intorno al quale ruotano particelle con carica elettrica negativa dette elettroni. Il modello planetario fu perfezionato da Bohr, il quale ipotizzò che, nella loro rotazione attorno al nucleo, gli elettroni potessero muoversi solo su alcune particolari orbite, dette orbite stazionarie; ciò significa che un elettrone non può passare gradualmente da un'orbita all'altra, ma può solo scomparire da un'orbita stazionaria e riapparire in un'altra, senza trovarsi mai in uno stato intermedio. Bohr suggerì, in accordo con l'ipotesi di Planck, che ogni repentino cambiamento nell'orbita dell'elettrone è accompagnato da un "salto quantico", cioè da un cambiamento altrettanto discontinuo della sua energia.

Poiché il movimento degli elettroni e delle altre particelle elementari violava le leggi della meccanica newtoniana, i fisici si misero alacremente al lavoro nel tentativo di elaborare una nuova teoria in grado di fornire un'adeguata rappresentazione del microcosmo atomico. Nel corso degli anni Venti questi tentativi furono coronati da successo con lo sviluppo della meccanica quantistica, dove il termine "quantistica" si riferisce al carattere discreto, o "a quanti", dell'energia e di altre grandezze fisiche.

8.2 Principio di indeterminazione e problema dell'indeterminismo

¹³ La plausibilità dell'ipotesi di Planck si accrebbe notevolmente quando Einstein, nel 1905, la usò per spiegare l'effetto fotoelettrico. Tale effetto, scoperto nel 1887 dal fisico tedesco Heinrich Hertz (1857-1894), consiste nell'emissione di elettroni da parte di una superficie metallica colpita dalla luce. La spiegazione proposta da Einstein si basa sull'ipotesi che la luce abbia una struttura discreta, e che ogni quanto di luce, o fotone, possieda un'energia $h\nu$, dove h è la costante di Planck e ν è la frequenza della luce. Quando un fotone colpisce un elettrone sulla superficie del metallo, cede tutta la sua energia $h\nu$ all'elettrone; se tale energia supera una certa soglia A , il cui valore dipende dal tipo di metallo, allora l'elettrone riesce a superare le forze che lo trattengono alla superficie del metallo, dando così luogo all'effetto fotoelettrico.

IL PRINCIPIO DI INDETERMINAZIONE DI HEISENBERG. Una delle conseguenze più sorprendenti, e ricche di implicazioni filosofiche, della meccanica quantistica è costituita dal famoso **principio di indeterminazione**, formulato da Heisenberg nel 1927. In base a tale principio vi è un limite fisico insuperabile alla precisione con la quale possiamo misurare la posizione e la velocità di un elettrone o di altre particelle. Ciò significa, per esempio, che se aumentiamo la precisione con cui misuriamo la velocità di un elettrone dobbiamo necessariamente diminuire la precisione con cui ne misuriamo la posizione. In altre parole, ogni tentativo di diminuire la nostra incertezza circa l'effettiva velocità dell'elettrone sarà seguito da un aumento della nostra incertezza circa la sua posizione. È importante notare che l'impossibilità di misurare posizione e velocità di un elettrone con precisione grande a piacere non dipende dall'attuale arretratezza dei nostri apparati di misurazione, ma dalla *natura quantistica del microcosmo atomico*. Infatti, ogni misurazione presuppone qualche interazione tra i nostri apparati di misura e l'elettrone. Tale interazione disturba *inevitabilmente* lo stato di moto dell'elettrone, vale a dire la sua posizione e la sua velocità. Sfortunatamente, a causa del carattere quantistico dell'energia, non potremo mai rendere il disturbo "piccolo a piacere"; di conseguenza non potremo accrescere a piacere, neppure in linea di principio, la precisione delle nostre misurazioni.

IL CARATTERE PROBABILISTICO DELLA MECCANICA QUANTISTICA. Nell'impossibilità, sancita dal principio di indeterminazione, di ottenere informazioni complete e precise sullo stato di moto di un elettrone in un dato istante, non potremo neppure fare previsioni precise sul suo comportamento futuro. Dovremo invece accontentarci di fare *previsioni probabili*, consistenti nell'attribuire determinate probabilità ai possibili stati futuri dell'elettrone. Il principio di indeterminazione pone così in evidenza il **carattere probabilistico della meccanica quantistica**, che rappresenta una delle più significative differenze tra la nuova teoria e la meccanica newtoniana.

DETERMINISMO E INDETERMINISMO. Secondo molti studiosi il principio di indeterminazione, insieme con altre leggi e principi della meccanica quantistica, ci obbliga ad abbandonare il determinismo, associato alla meccanica newtoniana, per abbracciare una visione indeterministica del mondo fisico. Questa affermazione può essere compresa meglio tenendo presente il significato del concetto di determinismo.

Una **teoria fisica deterministica** è una teoria che, sulla base di precise informazioni sullo "stato iniziale" di un sistema fisico in un dato istante t , permette di determinare lo stato del sistema in qualunque istante t' , passato o futuro, diverso da t . Un esempio tipico di teoria deterministica è dato dalla meccanica newtoniana. Potremmo identificare il **determinismo** con la tesi che il mondo fisico può essere correttamente descritto da qualche teoria deterministica, e l'**indeterminismo** con il rifiuto di questa tesi. Se abbracciamo il determinismo, dobbiamo ritenere che, almeno per quanto riguarda il mondo fisico, il futuro sia "chiuso", cioè esista un solo futuro compatibile con il presente; al contrario, l'indeterminismo ci porta ad accettare l'idea che il futuro sia "aperto". La maggior parte degli studiosi pensano che il principio di indeterminazione e, più in generale, i principi e le leggi della meccanica quantistica, ci obblighino ad accettare l'indeterminismo: infatti, negando la possibilità teorica di determinare con precisione lo stato iniziale di un sistema microfisico, la meccanica quantistica sembra implicare l'impossibilità di determinare con precisione il futuro sulla base del presente.

LEGGI STATISTICHE. Gli esiti indeterministici della meccanica quantistica non dipendono solo dal principio di indeterminazione ma, più in generale, dal fatto che quasi tutti i suoi principi sono costituiti da **leggi statistiche**. Tali leggi ci consentono di stabilire che eventi di un certo tipo accadranno un certo numero di volte in un dato intervallo di tempo, ma non di prevedere esattamente quando accadrà un particolare evento; per esempio, ci consentono di stabilire il numero medio di nuclei di una sostanza radioattiva che si

disintegreranno in un dato intervallo di tempo, ma non il momento preciso in cui un particolare nucleo si spezzerà. Anche se la maggior parte dei fisici hanno accettato l'indeterminismo della meccanica quantistica, alcuni si sono mostrati poco propensi ad abbandonare la concezione deterministica del mondo che aveva trovato la sua esposizione classica nell'opera di Pierre-Simon de Laplace (1749-1827). Tra gli avversari dell'indeterminismo il nome più insigne è quello di Einstein, il quale, nel corso di infuocate discussioni con Heisenberg, espresse la sua fiducia nel determinismo, affermando ripetutamente di non poter credere che "Dio giochi con i dadi". Secondo Einstein la descrizione del microcosmo fornita dalla meccanica quantistica avrebbe dovuto essere completata da una teoria di carattere deterministico. Sulla scia di Einstein, alcuni fisici, a partire dallo statunitense David Bohm (1917-1994), hanno tentato di completare la meccanica quantistica mediante la formulazione di "teorie a variabili nascoste", basate cioè sull'ipotesi che esistano entità e processi trascurati dalla meccanica quantistica, ma la cui conoscenza ci permetterebbe di fornire una descrizione deterministica del microcosmo atomico. Per molti anni il dibattito tra i fautori dell'indeterminismo e quelli delle variabili nascoste è rimasto a un livello puramente teorico. Tuttavia, a partire dalla metà degli anni Sessanta, la discussione sulle variabili nascoste ha dato luogo, a opera di studiosi come l'irlandese John S. Bell (1928-1990) e il francese Alain Aspect (1947-vivente), a un vasto programma di ricerche sperimentali, ancora in corso, che ha già fornito molti interessanti risultati.

Seconda parte

La cassetta degli attrezzi del filosofo della scienza

Capitolo 9

Elementi di logica formale

In questo Capitolo e nei tre successivi (Capitoli 9-12) sbircieremo nella cassetta degli attrezzi del filosofo della scienza, tra gli strumenti che egli usa per analizzare i problemi filosofici suscitati dall'impresa scientifica. In particolare, daremo uno sguardo alle nozioni basilari di due discipline matematiche (*logica formale* e *teoria delle probabilità*) e di due discipline filosofiche (la *teoria delle decisioni* e l'*epistemologia bayesiana*) ampiamente usate dai filosofi della scienza. In questi quattro Capitoli verranno introdotti alcuni elementi di queste discipline, nell'ordine in cui sono state citate. Infatti, le nozioni di logica formale illustrate in questo Capitolo (Capitolo 9) saranno poi usate per introdurre alcuni elementi della teoria delle probabilità (Capitolo 10), teoria sulla quale si fondano la teoria delle decisioni (Capitolo 11) e l'epistemologia bayesiana (Capitolo 12).

A partire dalle ricerche condotte dagli empiristi logici nei primi decenni del Novecento, la logica è diventata uno strumento concettuale molto importante per il lavoro dei filosofi della scienza. In questo Capitolo illustreremo alcune forme di inferenza deduttiva che si possono operare con enunciati formulati nei linguaggi naturali e in quelli simbolici. Le inferenze deduttive operate nella lingua italiana e in altri *linguaggi naturali* possono essere usate nella formulazione di teoremi e dimostrazioni in varie discipline scientifiche e filosofiche. In molti casi, tuttavia, scienziati e filosofi trovano conveniente ricorrere anche a *linguaggi simbolici*, cioè a linguaggi *artificiali* interamente costituiti da simboli, il cui significato viene stabilito convenzionalmente. Un aspetto attraente dei linguaggi simbolici consiste nel fatto che il loro impiego è governato da regole formulate con grande rigore e precisione. Lo studio delle inferenze deduttive operate nei linguaggi naturali va spesso sotto il nome di *logica informale*, mentre quello delle inferenze deduttive operate nei linguaggi simbolici è comunemente noto come *logica formale*.

In questo Capitolo illustreremo alcune nozioni elementari di logica informale e formale, che verranno poi applicate nei Capitoli successivi. Anzitutto ci occuperemo degli enunciati vero-funzionali formulati nei linguaggi naturali (*primo* paragrafo). Successivamente prenderemo in esame alcuni semplici linguaggi simbolici (*secondo* paragrafo) e definiremo le nozioni di inferenza deduttiva e teorema (*terzo* paragrafo).

9.1 Enunciati vero-funzionali nei linguaggi naturali

FRASI ED ENUNCIATI DI UN LINGUAGGIO NATURALE. Nella terminologia filosofica si parla di *frase* per indicare un'*espressione linguistica dotata di significato*. Per esempio, "l'attuale presidente degli Stati Uniti" è una frase, mentre "azzurro tuttavia aramburu perché" non lo è. Un *enunciato* è una *frase dichiarativa*, cioè una frase per cui possiamo chiederci se sia vera o falsa. Per esempio, la frase "l'attuale presidente degli Stati Uniti" non è un enunciato, mentre la frase "l'attuale presidente degli Stati Uniti è giapponese" lo è, poiché ha senso chiedersi se sia vera o falsa. Non sono, invece, enunciati le frasi interrogative ("quanti anni ha tua nonna?") e quelle imperative ("apri quella finestra!").

ENUNCIATI SEMPLICI E COMPLESSI DI UN LINGUAGGIO NATURALE. Alcuni enunciati sono formati antepoendo il termine "non" a un altro enunciato: per esempio, otteniamo l'enunciato "Non sta piovendo" antepoendo "Non" all'enunciato "Sta piovendo". Il termine "Non" e altri termini dello stesso genere vanno sotto il nome di *operatori*. Altri enunciati sono formati connettendo due enunciati: per esempio, "Non ho superato l'esame del prof. Festa e ho deciso di prepararmi meglio per il prossimo appello" viene formato interponendo "e" tra gli enunciati "Non ho superato l'esame del prof. Festa" e "Ho deciso di prepararmi

meglio per il prossimo appello". Il termine "e" e altri termini dello stesso genere sono chiamati **connettivi**. Nel seguito useremo "connettivo" in senso lato, così da includere tra i connettivi anche l'operatore "non".

Possiamo distinguere tra **enunciati semplici** e **complessi**: mentre i primi non includono altri enunciati come propri componenti, i secondi li includono. Per esempio, "sta piovendo" è un enunciato semplice, mentre "non sta piovendo" è un enunciato complesso.

CONNETTIVI DI UN LINGUAGGIO NATURALE. Nel seguito ci occuperemo di alcune proprietà generali degli enunciati. Risulterà quindi conveniente usare le lettere minuscole $a, a_1, a_2, \dots, b, b_1, b_2, \dots$ come **variabili enunciative**, cioè come simboli che indicano *generici* enunciati. Dato un enunciato a , possiamo usare il connettivo "Non" per formare l'enunciato complesso "Non a ". Inoltre, dati due enunciati a e b , possiamo usare i connettivi "e" e "oppure" per formare gli enunciati complessi " a e b " e " a oppure b ". Diremo che "Non a " è una **negazione**, " a e b " è una **congiunzione** e " a oppure b " è una **disgiunzione**.

ENUNCIATI VERO-FUNZIONALI NEI LINGUAGGI NATURALI. Determinare il **valore di verità** di un enunciato a significa determinare se a sia vero oppure falso. Servendoci del concetto di valore di verità possiamo introdurre la nozione di **enunciato vero-funzionale** che può essere così definita:

VF L'enunciato a è *vero-funzionale* \equiv Il valore di verità di a dipende *solo* dai valori di verità dei componenti di a .

Il lettore di questa *Brevissima* si è già imbattuto nella definizione di svariate nozioni. Tuttavia, VF è la prima **definizione** formulata in modo rigoroso. Converrà quindi fornire qualche ragguglio sui suoi elementi costitutivi. VF è costituita da due espressioni linguistiche collegate dal simbolo " \equiv ", che si legge "ha lo stesso significato di" – o anche "è uguale per definizione a". L'espressione alla sinistra di " \equiv " viene chiamata **definiendum** (cioè, termine da definire) e quella a destra **definiens** (cioè, termine che definisce). VF afferma che il *definiendum* "L'enunciato a è *vero-funzionale*" ha lo stesso significato del *definiens* "Il valore di verità di a dipende *solo* dai valori di verità dei *componenti* di a ". Si noti che questa affermazione non fornisce alcuna informazione fattuale, ma esprime una semplice **convenzione**, cioè la decisione di attribuire al *definiendum* lo stesso significato del *definiens*.

NEGAZIONI. Nella lingua italiana ci sono molti modi per esprimere la negazione di un enunciato. Per esempio, la negazione di "piove" viene solitamente espressa con "Non piove", cioè facendo precedere il connettivo "Non" a "piove". Nel caso di enunciati più lunghi si usano formulazioni più eleganti: per esempio, la negazione di "Mario si è rotto una gamba" viene espressa con enunciati quali "Mario *non* si è rotto una gamba" o "*Non è vero che* Mario si è rotto una gamba". Tuttavia, in ambito logico la preoccupazione per l'eleganza passa in secondo piano rispetto all'esigenza di identificare immediatamente le negazioni. La negazione di "Mario si è rotto una gamba" sarà quindi espressa con "Non (Mario si è rotto una gamba).

Una negazione di forma "Non a " viene abitualmente interpretata in senso vero-funzionale, cosicché il suo valore di verità dipende *solo* dal valore di verità di a . Le condizioni di verità di "Non a " – in breve, CVneg –, possono venire così formulate:

CVneg "Non a " è vera nel caso in cui a è falso ed è falsa nel caso in cui a è vero.

Per esempio, diremo che la negazione "Non (Parigi è la capitale del Giappone)" è vera, dato che l'enunciato che viene negato è falso.

CONGIUNZIONI. Data la congiunzione “ a e b ”, diremo che a e b sono i **congiunti** di “ a e b ”. Una congiunzione “ a e b ” viene abitualmente interpretata in senso vero-funzionale, cosicché il suo valore di verità dipende *solo* dai valori di verità di a e b . Le condizioni di verità di “ a e b ” – in breve, CVcong –, possono venire così formulate:

CVcong “ a e b ” è vera nel caso in cui *entrambi* i congiunti sono veri; altrimenti è falsa.

Per esempio, la congiunzione “Il cielo è azzurro e Parigi è la capitale del Giappone” è falsa, dato che il suo secondo congiunto è falso.

DISGIUNZIONI. Data la disgiunzione “ a oppure b ”, diremo che a e b sono i **disgiunti** di “ a oppure b ”. Una disgiunzione “ a oppure b ” viene di solito interpretata in senso vero-funzionale, cosicché il suo valore di verità dipende *solo* dai valori di verità di a e b . Le condizioni di verità di “ a oppure b ” – in breve, CVdisg –, sono le seguenti:

CVdisg “ a oppure b ” è vera nel caso in cui *almeno uno* dei disgiunti è vero; altrimenti è falsa.

Per esempio, la disgiunzione “Il cielo è azzurro oppure Parigi è la capitale del Giappone” è vera, dato che il suo primo disgiunto è vero.

L’interpretazione appena illustrata di “oppure” è nota come interpretazione **inclusiva**. Questa espressione si riferisce al fatto che i casi in cui la disgiunzione “ a oppure b ” è vera *includono* quello in cui *entrambi* i disgiunti sono veri. D’altra parte, nel linguaggio quotidiano “oppure” viene talvolta interpretato in senso **esclusivo**, cioè in modo tale da *escludere* dal novero dei casi in cui “ a oppure b ” è vera quello in cui entrambi i disgiunti sono veri. In ambito logico e matematico, l’interpretazione standard di “oppure” è quella inclusiva, cosicché se si vuole formulare una disgiunzione intesa in senso esclusivo si ricorre a espressioni che non diano adito ad ambiguità come, per esempio, “ a oppure b , ma non entrambi”.

9.2 Linguaggi simbolici

Come si è detto, i linguaggi simbolici sono governati da regole precise che permettono di evitare i rischi di ambiguità connessi all’impiego dei linguaggi naturali. Illustreremo ora alcuni aspetti fondamentali dei linguaggi simbolici.

VALORE DI VERITÀ DI UN ENUNCIATO IN UN MONDO POSSIBILE. Il termine “mondo possibile” è stato coniato dal matematico e filosofo tedesco Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716). I *mondi possibili* vanno intesi come *possibilità reciprocamente esclusive e congiuntamente esaustive*, nel senso che una e una sola di esse si realizza. Tale possibilità va spesso sotto il nome di “*mondo reale*”. Conviene ricordare che le espressioni “mondi possibili” e “mondo reale”, di evidente origine filosofica, possono essere sostituite dalle espressioni “possibili stati di cose” e “reale stato di cose”, che appaiono più vicine al linguaggio comune.

Nella ricerca filosofica contemporanea il concetto di mondo possibile viene solitamente usato in relazione a determinati linguaggi simbolici. Parlando dei *mondi possibili di un linguaggio simbolico L* ci riferiamo ai mondi possibili che possono venire identificati mediante le risorse espressive di **L**. Nel seguito, l’espressione “linguaggio simbolico **L**” verrà spesso abbreviata in “linguaggio **L**”.

Le regole in base alle quali viene costruito un linguaggio **L** ci consentono di determinare il valore di verità degli enunciati di **L** in ciascun mondo possibile di **L**. La determinazione dei valori di verità degli enunciati di **L** viene comunemente operata in accordo con il seguente **principio di bivalenza**:

Biv I valori di verità sono due, cioè il vero e il falso, e in ogni mondo possibile di **L** qualunque enunciato di **L** ha uno e un solo valore di verità.

Il significato intuitivo di Biv può essere espresso dicendo che, in qualunque mondo possibile di **L**, qualunque enunciato di **L** deve essere vero o falso, ma non può essere entrambe le cose. In termini essenzialmente equivalenti, possiamo dire che un dato enunciato *a* di **L** è falso in un determinato mondo possibile di **L** se e solo se *a* non è vero in quel mondo possibile.

LINGUAGGI SEMANTICAMENTE DETERMINATI. Possiamo ora introdurre la nozione di *linguaggio semanticamente determinato*:

SD **L** è *semanticamente determinato* \equiv Per ogni enunciato *a* di **L**, si può determinare il *valore di verità* di *a* in ogni mondo possibile m_i di **L**.

Il termine “**semantica**”, introdotto nel 1883 dal linguista francese Michel Bréal, indica lo studio sistematico del **significato** delle espressioni linguistiche. *La nozione di significato è strettamente connessa a quella di verità, nel senso che il significato di un enunciato *a* è determinato, almeno in ampia misura, dall'insieme di mondi possibili nei quali *a* è vero.* Poiché, per qualunque enunciato *a* di un linguaggio semanticamente determinato **L**, è possibile determinare l'insieme di mondi possibili nei quali *a* è vero, sarà anche possibile determinare, almeno in ampia misura, il significato di *a*. Questa circostanza ha suggerito l'espressione “linguaggio semanticamente determinato” definita in SD.

Di solito, l'interpretazione degli enunciati di un linguaggio simbolico **L** è governata da regole formulate con grande precisione che permettono di determinare il valore di verità di qualunque enunciato di **L** in qualunque mondo possibile di **L**. Ciò significa che, di solito, un linguaggio simbolico è semanticamente determinato. Quindi, d'ora in poi, parlando di un linguaggio simbolico daremo per scontato che si tratti di un linguaggio semanticamente determinato.

AMBITO DEGLI ENUNCIATI. Segue da SD che, per ogni enunciato *a* di **L**, si può determinare l'insieme $m(a)$ dei mondi possibili in cui *a* è vero. Poiché $m(a)$ comprende tutte, e solo, le possibilità ammesse da *a*, potremo dire che $m(a)$ è l'**ambito di possibilità** di *a* o, più brevemente, che $m(a)$ è l'**ambito** di *a*. Determinare $m(a)$ permette, in un certo senso, di stabilire *cosa dice a*: possiamo quindi identificare $m(a)$ con la **proposizione** espressa da *a*.

Affermare che un certo enunciato *a* di **L** è vero è un modo conciso per dire che *a* è vero nel **mondo reale**, cioè nell'unico mondo possibile di **L** che effettivamente si realizza. Indicando il mondo reale con “ m^* ”, possiamo definire l'espressione “***a* è vero**” nel seguente modo:

Ver a è vero $\equiv m^*$ appartiene all'insieme $m(a)$ (in simboli: $m^* \in m(a)$)

Il significato intuitivo di Ver può venire espresso dicendo che l'enunciato *a* è vero nel caso in cui il mondo reale è compreso tra le possibilità ammesse da *a*. Il seguente esempio fornirà un'idea intuitiva del modo in cui si può determinare l'ambito degli enunciati di un linguaggio **L**.

Nel seguito l'espressione "valore di verità di a nel mondo reale m^* " potrà essere abbreviata in "valore di verità di a ".

Esempio 1. Il linguaggio meteorologico L_M . Si consideri il rudimentale linguaggio metereologico L_M , che ci consente solo di dire se piove oppure no e se è caldo oppure no. Ciò significa che l'insieme di *tutti* i mondi possibili di L_M comprende solo quattro mondi possibili, vale a dire:

$$\begin{array}{ll} m_1 = (\text{piove, è caldo}); & m_2 = (\text{piove, non è caldo}); \\ m_3 = (\text{non piove, è caldo}); & m_4 = (\text{non piove, non è caldo}). \end{array}$$

Nel seguito indicheremo l'insieme $\{m_1, m_2, m_3, m_4\}$ di tutti i mondi possibili di L_M con il simbolo " U ", tratto dalla terminologia della teoria degli insiemi, dove viene impiegato per denotare il cosiddetto *insieme universale*, cioè l'insieme che include tutti gli elementi di un certo tipo.

Possiamo facilmente determinare il valore di verità degli enunciati di L_M in ciascuno dei mondi possibili m_1, \dots, m_4 . Per esempio:

- (9.1) (i) "piove" è vero in m_1 e m_2 e falso in m_3 e m_4 ;
 (ii) "è caldo" è vero m_1 e m_3 e falso in m_2 e m_4 ;
 (iii) "piove oppure è caldo" è vero in m_1, m_2, m_3 e falso in m_4 ;
 (iv) "piove ed è caldo" è vero in m_1 e falso in m_2, m_3 e m_4 ;
 (v) "piove oppure non piove" è vero in m_1, m_2, m_3 e m_4 ;
 (vi) "piove e non piove" è falso in m_1, m_2, m_3 e m_4 .

Si può facilmente controllare che gli ambiti degli enunciati in (9.1) sono questi:

- (9.2) (i) $m(\text{piove}) = \{m_1, m_2\}$;
 (ii) $m(\text{è caldo}) = \{m_1, m_3\}$;
 (iii) $m(\text{piove oppure è caldo}) = \{m_1, m_2, m_3\}$;
 (iv) $m(\text{piove ed è caldo}) = \{m_1\}$;
 (v) $m(\text{piove oppure non piove}) = \{m_1, m_2, m_3, m_4\} \equiv U$;
 (vi) $m(\text{piove e non piove}) = \emptyset$.

Si noti che il simbolo " \emptyset " in (9.2)(vi), tratto dalla terminologia della teoria degli insiemi, indica il cosiddetto insieme vuoto, cioè l'insieme che non contiene alcun elemento. Il significato intuitivo delle clausole (v) e (vi) di (9.2) merita di essere illustrato. La clausola (v) afferma che l'enunciato "piove oppure non piove" è vero in *tutti* i mondi possibili di L_M , mentre la clausola (vi) afferma che l'enunciato "piove e non piove" non è vero in *nessun* mondo possibile L_M o, equivalentemente, che è falso in tutti i mondi possibili di L_M .

ALCUNE PROPRIETÀ SEMANTICHE DEGLI ENUNCIATI. Le *proprietà semantiche* di un enunciato a di L sono proprietà definite nei termini della proposizione espressa da a . Proprietà semantiche di particolare importanza sono le seguenti:

- VerL a è una *verità logica* $\equiv m(a) = U$.
 FalsL a è una *falsità logica* $\equiv m(a) = \emptyset$.
 Cont a è *contingente* $\equiv a$ non è né una verità logica né una falsità logica.

Il significato intuitivo delle proprietà semantiche appena definite può venire così illustrato. L'enunciato a è una **verità logica** se e solo se è vero in tutti i mondi possibili, mentre è una **falsità logica** se e solo se è falso in tutti i mondi possibili. Per esempio, si vede da (9.2)(v) e (vi) che "piove oppure non piove" è una verità logica, mentre "piove e non piove" è una falsità logica. Il valore di verità di una verità logica nel mondo reale m^* può venire accertato con mezzi puramente logici. Infatti, la proposizione espressa da una verità logica a coincide con **U**: ciò significa che a è vera in tutti i mondi possibili e, quindi, anche in m^* . Analoghe considerazioni valgono per le falsità logiche: infatti, una falsità logica è falsa in tutti i mondi possibili e, quindi, anche in m^* .

Un enunciato a è **contingente** se e solo se è vero in alcuni mondi possibili e falso in altri. Ne segue che il suo valore di verità dipende dai "fatti del mondo", cioè dalla circostanza che m^* appartenga, oppure no, a $m(a)$. Per questo motivo, gli enunciati contingenti vanno spesso sotto il nome di **enunciati fattuali**. Per esempio gli enunciati in (9.1)(i)-(iv) sono fattuali, come si vede da (9.2)(i)-(iv). La formulazione di appropriate procedure per stabilire il valore di verità degli enunciati fattuali è un problema di grande importanza per l'epistemologia della scienza. Accertare il valore di verità di un enunciato fattuale a significa scoprire se il mondo reale m^* appartiene, oppure no, a $m(a)$. Per affrontare con successo questo compito sembra inevitabile ricorrere all'*esplorazione del mondo*. Per esempio, per determinare il valore di verità dell'enunciato fattuale "è caldo", non basta stabilire che questo enunciato è vero in m_1 e m_3 (vedi (9.1)(ii)) ma occorre anche scoprire se il mondo reale m^* coincide, oppure no, con uno dei mondi m_1 e m_3 . In questo caso, l'esplorazione del mondo potrebbe essere effettuata con mezzi molto semplici: per esempio, potremmo uscire sul balcone per controllare la temperatura esterna. In altri casi, tuttavia, l'esplorazione del mondo necessaria per stabilire il valore di verità di un enunciato fattuale esige l'impiego di sofisticati apparati strumentali. Ciò accade, per esempio, nel caso in cui occorre stabilire il valore di verità dell'enunciato "Il tessuto asportato dal paziente sottoposto a biopsia ha natura cancerosa".

ALCUNE RELAZIONI SEMANTICHE TRA ENUNCIATI. Le **relazioni semantiche** tra due enunciati a e b sono definite nei termini delle relazioni tra le corrispondenti proposizioni $m(a)$, $m(b)$, Una fondamentale relazione semantica è l'**implicazione logica**, " a implica logicamente b " - in simboli, " $a \Rightarrow b$ " -, viene così definita:

ImpL $a \Rightarrow b \equiv$ l'insieme $m(a)$ è incluso nell'insieme $m(b)$ (in simboli, $m(a) \subseteq m(b)$).

Il contenuto di ImpL può venire espresso dicendo che a implica logicamente b nel caso in cui b è vero in tutti i mondi possibili in cui a è vero.

Un'altra importante relazione semantica è l'**equivalenza logica**, " a è logicamente equivalente a b " - in simboli, " $a \Leftrightarrow b$ " -, viene così definita:

EqL $a \Leftrightarrow b \equiv m(a) = m(b)$.

Secondo EqL, a e b sono logicamente equivalenti nel caso in cui non vi è alcun mondo possibile in cui uno degli enunciati a e b è vero e l'altro falso. In altre parole, a e b sono logicamente equivalenti nel caso in cui esprimono la stessa proposizione, cioè dicono le stesse cose sul mondo.

Infine, la relazione semantica di **incompatibilità logica**, " a e b sono logicamente incompatibili" - o, più brevemente, " a e b sono incompatibili" -, viene così definita:

IncoL a e b sono logicamente incompatibili \equiv
l'insieme dei mondi possibili appartenenti sia a $m(a)$ sia a $m(b)$ è l'insieme vuoto

(in simboli, $m(a) \cap m(b) = \emptyset$).

Il contenuto di IncoL può venire espresso dicendo che a e b sono incompatibili nel caso in cui, non vi è alcun mondo possibile in cui sono entrambi veri o, equivalentemente, nel caso in cui, in qualunque mondo possibile, almeno uno di essi è falso.

CONDIZIONI DI VERITÀ E FALSITÀ IN UN LINGUAGGIO ENUNCIATIVO. Illustreremo ora un semplice linguaggio simbolico, cioè il **linguaggio enunciativo L** il cui vocabolario include solo le variabili enunciative a, b, \dots e i simboli “ \neg ”, “ \wedge ” e “ \vee ” che stanno, rispettivamente, per i connettivi vero-funzionali “non”, “e” e “oppure”. Gli enunciati di **L** sono costituiti dagli enunciati semplici indicati dalle variabili enunciative a, b, \dots e dagli enunciati complessi ottenuti combinando opportunamente le variabili enunciative con i connettivi “ \neg ”, “ \wedge ” e “ \vee ”. Le **condizioni di verità** degli enunciati complessi “ $\neg a$ ”, “ $a \wedge b$ ” e “ $a \vee b$ ” possono venire così formulate:

- CV(\neg) $\neg a$ è vero in $m_i \equiv a$ è falso in m_i .
- CV(\vee) $a \vee b$ è vero in $m_i \equiv$ almeno uno degli enunciati a e b è vero in m_i .
- CV(\wedge) $a \wedge b$ è vero in $m_i \equiv$ entrambi gli enunciati a e b sono veri in m_i .

Segue dal principio di bivalenza Biv che le CV-condizioni di verità sopra formulate equivalgono alle seguenti **condizioni di falsità**:

- CF(\neg) $\neg a$ è falso in $m_i \equiv a$ è vero in m_i .
- CF(\vee) $a \vee b$ è falso in $m_i \equiv$ entrambi gli enunciati a e b sono falsi in m_i .
- CF(\wedge) $a \wedge b$ è falso in $m_i \equiv$ almeno uno degli enunciati a e b è falso in m_i .

9.3 Inferenze deduttive e teoremi

“BUONE” E “CATTIVE” INFERENZE. Nella scienza e in altre attività umane è piuttosto comune parlare di argomenti, argomentazioni e ragionamenti. La nozione di *inferenza* può essere intesa come un’esplicazione di questi termini. Un’inferenza consiste nella derivazione di un enunciato detto *conclusione* da uno o più enunciati detti *premesse*. Più precisamente, la nozione di inferenza può venire così definita:

Inf Dati $n + 1$ enunciati a_1, \dots, a_n, b , con $n \geq 1$, diciamo che “ $a_1, \dots, a_n \therefore b$ ” – ove il simbolo “ \therefore ” si legge “quindi” –, è un’inferenza con *premesse* a_1, \dots, a_n e *conclusione* b .

L’inferenza “ $a_1, \dots, a_n \therefore b$ ” può venire rappresentata con uno di questi schemi:

- (9.3) (i) a_1
 \dots
 a_n
 \hline
 b
- (ii) $\frac{a_1, \dots, a_n}{b}$

La condizione $n \geq 1$ in Inf richiede che un'inferenza comprenda *almeno una* premessa. Ciò significa che possono esserci inferenze con un'unica premessa: per esempio, l'enunciato a è l'unica premessa dell'inferenza " $a \therefore b$ ".

Le inferenze possono essere formulate anche nei linguaggi naturale, come si vede dai seguenti tre esempi di inferenze con un'unica premessa, formulate in lingua italiana:

(9.4) Alfredo è felice \therefore Alfredo è felice oppure Marco ama Giovanna.

(9.5) Il cielo è marrone \therefore Il cielo è marrone oppure Parigi è la capitale del Giappone.

(9.6) Alfredo è felice \therefore Alfredo è felice e Marco ama Giovanna.

A tutta prima, si rimane perplessi di fronte a queste inferenze strampalate, ma come vedremo fra breve, (9.4) e (9.5) sono "buone" inferenze, mentre (9.6) non lo è. L'intento di tracciare una precisa linea di confine tra buone e cattive inferenze ha ispirato un'enorme mole di ricerche che hanno condotto all'identificazione di molte specie di buone inferenze: inferenze deduttive, induttive, abduttive, probabilistiche, e così via. Qui sotto ci limiteremo a illustrare alcune semplici forme di specie di inferenze deduttive.

INFERENZE DEDUTTIVE. Come si ricorderà (vedi Capitolo 4.2), un'inferenza deduttiva è caratterizzata dal fatto che la conclusione segue necessariamente dalle premesse, nel senso che non è possibile che le premesse siano vere e la conclusione falsa. In termini più precisi, la nozione di inferenza deduttiva può essere così definita:

InfD L'inferenza " $a_1, \dots, a_n \therefore b$ " è *deduttiva* \equiv la conclusione b è vera in tutti i mondi possibili in cui le premesse a_1, \dots, a_n sono vere.

Il significato intuitivo di InfD può venire così espresso: un'inferenza è deduttiva se e solo se *non vi è alcun possibile stato di cose in cui le premesse sono vere e la conclusione è falsa*. È importante notare che il mondo reale è semplicemente *uno* dei possibili stati di cose, cosicché il carattere deduttivo, o meno, di un'inferenza *non* dipende in modo particolare dal valore di verità delle premesse e della conclusione nel mondo reale. Data un'inferenza deduttiva " $a_1, \dots, a_n \therefore b$ ", diremo che b è *deducibile* da a_1, \dots, a_n .

Alla luce della nozione di inferenza deduttiva definita in InfD, si può affermare che (9.4) e (9.5) sono "buone" inferenze e che (9.6) non lo è, nel senso che, come mostreremo qui sotto, (9.4) e (9.5) sono inferenze deduttive, mentre (9.6) non lo è.

Consideriamo anzitutto (9.4) e (9.5). Affermare che l'inferenza (9.4) è deduttiva significa affermare che *non vi è alcun possibile stato di cose in cui la premessa "Alfredo è felice" è vera e la disgiunzione "Alfredo è felice oppure Marco ama Giovanna" è falsa*. Questa affermazione è senz'altro corretta: infatti, dalle condizioni di verità CVdis segue che, in tutti i casi in cui il disgiunto "Alfredo è felice" è vero, lo è anche la disgiunzione "Alfredo è felice oppure Marco ama Giovanna". Poiché (9.5) ha la stessa forma di (9.4), il carattere deduttivo di (9.5) può essere stabilito sulla base di considerazioni del tutto simili a quelle sopra formulate per (9.4).

Si consideri ora l'inferenza "Alfredo è felice \therefore Alfredo è felice e Marco ama Giovanna" in (9.6). Notiamo che vi è un possibile stato di cose in cui la premessa è vera e la conclusione è falsa: si tratta del caso in cui è vero che Alfredo è felice ma è falso che Marco ama Giovanna. Ciò significa, per InfD, che (9.6) non è un'inferenza deduttiva.

TEOREMI. Molte teorie matematiche e scientifiche si basano su un ristretto numero di principi fondamentali, costituiti da determinati assiomi e definizioni. Di solito gli **assiomi**¹⁴ hanno *contenuto fattuale*, nel senso che veicolano informazioni su certi fatti, mentre le **definizioni** hanno carattere *convenzionale*, nel senso che fissano il significato di certi termini. Ai nostri fini, tuttavia, non occorre soffermarci sulla distinzione tra assiomi e definizioni cosicché, per riferirci all'insieme degli assiomi e delle definizioni di una teoria T , parleremo semplicemente dei **principi** p_1, \dots, p_k di T .

Diremo che l'enunciato t è un **teorema di T** nel caso in cui t è deducibile da T o, più precisamente, dai principi di T . La nozione di teorema di T può venire così definita:

Teor t è un teorema di $T \equiv$ L'inferenza " $p_1, \dots, p_k \therefore t$ " – ove p_1, \dots, p_k sono i principi di T –, è deduttiva.

¹⁴ Gli assiomi vanno spesso sotto il nome di *postulati*.

Elementi di teoria della probabilità

In questo Capitolo illustreremo alcuni elementi della teoria delle probabilità. Anzitutto introdurremo gli assiomi della probabilità proposti da Kolmogorov (*primo* paragrafo). Successivamente formuleremo un certo numero di semplici teoremi relativi alla probabilità degli enunciati (*secondo* paragrafo).

10.1 Gli assiomi della teoria della probabilità

IL CONCETTO DI PROBABILITÀ. Fin dal suo ingresso nel pensiero occidentale, che va presumibilmente fatto risalire all'età classica, la probabilità si presenta come un concetto duale, dotato di due significati ben distinti, che vanno talvolta sotto il nome di probabilità statistica e probabilità epistemica. Questi due significati possono venire così illustrati.

- (i) *Probabilità statistica*. Si parla di probabilità statistica con riferimento alla *frequenza relativa*, o *percentuale*, di un determinato tipo di *eventi*: per esempio, la percentuale dei decessi nella popolazione colpita da un'epidemia di peste.
- (ii) *Probabilità epistemica*. Si parla di probabilità epistemica con riferimento al *grado di credenza* di un individuo nella verità di determinati *enunciati*: per esempio, il suo grado di credenza nella verità della supposizione che domenica prossima piovverà o dell'ipotesi che esistano forme di vita intelligente su altri pianeti.

LA TEORIA MATEMATICA DELLE PROBABILITÀ. Mentre il concetto intuitivo di probabilità è piuttosto antico, i principi che dovrebbero essere soddisfatti da un'adeguata nozione di probabilità sono stati identificati relativamente tardi. Infatti, fu soltanto attorno alla metà del Seicento che – per opera di alcuni grandi matematici, come i francesi Blaise Pascal (1623-1662) e Pierre de Fermat (1601-1665) –, venne sviluppata la *teoria (matematica) delle probabilità*, detta anche *calcolo delle probabilità*. In un tempo relativamente breve, la teoria conobbe enormi progressi fino a che, agli inizi dell'Ottocento, Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) fornì un'organica sistemazione dei maggiori risultati ottenuti fino ad allora. Per la *fondazione assiomatica* della teoria delle probabilità occorre invece attendere gli anni trenta del secolo scorso, quando il matematico russo Andrej Nikolaevič Kolmogorov (1903-1987) dimostrò che tutti i teoremi del calcolo delle probabilità potevano essere dedotti da un ristretto numero di assiomi.

La teoria assiomatica di Kolmogorov non presuppone l'adozione di nessuna particolare interpretazione del concetto di probabilità. Si tratta, infatti, di una teoria astratta, formulata in termini insiemistici, che risulta compatibile con *tutte* le interpretazioni del concetto di probabilità, a partire dalle due interpretazioni sopra menzionate, cioè la probabilità statistica e la probabilità epistemica. Tuttavia, per motivi di semplicità espositiva, la nostra presentazione degli assiomi di Kolmogorov e di alcuni teoremi che ne derivano verrà formulata nei termini della probabilità epistemica degli enunciati.

Più precisamente, qui sotto ci occuperemo della probabilità definita sugli enunciati di un linguaggio enunciativo **L** i cui enunciati sono indicati dalle variabili enunciative *a, b, ...* e dalle espressioni ottenute combinando tali variabili con i connettivi “ \neg ”, “ \wedge ” e “ \vee ”, nel modo illustrato nel Capitolo 9

GLI ASSIOMI DI KOLMOGOROV. Sia $p(\cdot)$ una funzione che attribuisce un numero reale $p(a)$ a ciascun enunciato a di \mathbf{L} . Diremo allora che $p(\cdot)$ è una *funzione di probabilità* nel caso in cui soddisfa i seguenti assiomi, noti come *assiomi di Kolmogorov*:

- | | | |
|----|---|---|
| A1 | $p(a) \geq 0$. | <i>Probabilità minima</i> |
| A2 | Se a è una verità logica, allora $p(a) = 1$. | <i>Probabilità di una verità logica</i> |
| A3 | Se a e b sono incompatibili, allora $p(a \vee b) = p(a) + p(b)$. | <i>Additività</i> |

A1 va inteso come una formulazione ellittica dell'assioma "Per qualsiasi a , $p(a) \geq 0$ ", il quale asserisce che la probabilità $p(a)$ di *qualsiasi* enunciato a è non negativa. Allo stesso modo A2 va inteso come una formulazione ellittica dell'assioma "Per qualsiasi a , se a è una verità logica, allora $p(a) = 1$ ", il quale asserisce che *qualsiasi* verità logica ha una probabilità pari a 1. Infine, A3 asserisce, sempre in forma ellittica, che la probabilità della disgiunzione di una *qualsiasi coppia ordinata* (a, b) di enunciati incompatibili è uguale alla somma delle loro probabilità. Per esempio, se attribuisco la probabilità 0,2 – cioè la probabilità del 20% –, all'ipotesi a che una certa corsa di cavalli sarà vinta da Tartaruga e una probabilità 0,3 (= 30%) all'ipotesi b che la corsa sarà vinta da Lumaca, allora dovrò attribuire la probabilità 0,5 (= 50%) all'ipotesi $a \vee b$ che la corsa sarà vinta da Tartaruga oppure da Lumaca.

La probabilità $p(a)$ di un enunciato a viene abitualmente chiamata **probabilità assoluta** di a e, analogamente, la funzione $p(\cdot)$ viene abitualmente chiamata *funzione di probabilità assoluta*. Con il quarto assioma di Kolmogorov viene definita la nozione di **probabilità relativa** $p(a|b)$, che si legge "probabilità di a dato b ":

A4 *Definizione della probabilità relativa*

$$p(a|b) \equiv \frac{p(a \wedge b)}{p(b)}$$

Come si vede la probabilità relativa $p(a|b)$ viene identificata con il rapporto tra le probabilità assolute $p(a \wedge b)$ e $p(b)$.¹⁵ L'assioma A4 ci consente di attribuire un determinato numero reale $p(a|b)$ a qualunque coppia ordinata (a, b) di enunciati tale che $p(b) \neq 0$, mentre per $p(b) = 0$ il valore di $p(a|b)$ risulta indeterminato. Possiamo quindi affermare che A4 fornisce una definizione della *funzione di probabilità relativa* $p(\cdot|\cdot)$ nei termini della funzione di probabilità assoluta $p(\cdot)$.

L'enunciato b posto alla destra del simbolo "|" nel termine " $p(a|b)$ " va spesso sotto il nome di "*condizione b*", cosicché " $p(a|b)$ " può essere letto come "probabilità di a data la *condizione b*". Per questa ragione le probabilità relative sono anche note come **probabilità condizionali**. In quasi tutti i teoremi formulati nel prossimo paragrafo occorrono una o più probabilità condizionali: si dovrà quindi presupporre che *tutte* le probabilità relative che occorrono in ciascuno di questi teoremi abbiano un valore determinato, cioè che le probabilità assolute di tutte le condizioni che occorrono nel teorema siano diverse da 0.

¹⁵ Poiché A4 offre una *definizione* delle probabilità relative, sarebbe appropriato parlare di definizione A4. Tuttavia, sacrificando la precisione all'uso corrente, parleremo di assioma A4.

10.2 Alcuni teoremi della teoria della probabilità

TEOREMI SULLE PROBABILITÀ ASSOLUTE. Alcune semplici e fondamentali proprietà delle probabilità assolute sono formulate nei seguenti teoremi:

- (10.1) $p(\neg a) = 1 - p(a)$. *Probabilità della negazione*
- (10.2) $p(a) \leq 1$. *Probabilità massima*
- (10.3) Se a è una falsità logica, allora $p(a) = 0$. *Probabilità di una falsità logica*
- (10.4) Se $a \Leftrightarrow b$, allora $p(a) = p(b)$. *Probabilità di enunciati equivalenti*
- (10.5) Se $a \Rightarrow b$, allora $p(a) \leq p(b)$. *Probabilità di conseguenze logiche*
- (10.6) *Regola di moltiplicazione*
(i) $p(a \wedge b) = p(a) p(b|a)$;
(ii) $p(a \wedge b) = p(b) p(a|b)$.
- (10.7) *Principio della probabilità totale*
(i) $p(a) = p(a \wedge b) + p(a \wedge \neg b)$;
(ii) $p(a) = p(b) p(a|b) + p(\neg b) p(a|\neg b)$.
- (10.8) $p(a \wedge b) \leq p(a), p(b)$. *Valore massimo della probabilità delle congiunzioni*
- (10.9) *Relazioni tra probabilità delle disgiunzioni e delle congiunzioni*
(i) $p(a \vee b) = p(a) + p(b) - p(a \wedge b)$;
(ii) $p(a \wedge b) = p(a) + p(b) - p(a \vee b)$.

TEOREMI SULLE PROBABILITÀ RELATIVE. Nei seguenti tre teoremi si afferma che la funzione di probabilità relativa $p(\cdot|\cdot)$, definita in A4, soddisfa le versioni relativizzate degli assiomi A1-A3:

- (10.10) $p(a|b) \geq 0$. *Probabilità relativa minima*
- (10.11) Se a è una verità logica, allora $p(a|b) = 1$. *Probabilità relativa di una verità logica*
- (10.12) *Additività delle probabilità relative*
Se a e b sono incompatibili, allora $p(a \vee b|c) = p(a|c) + p(b|c)$.

Inoltre, $p(\cdot|\cdot)$ soddisfa le versioni relativizzate dei teoremi (10.1)-(10.9) per le probabilità assolute. Per esempio, si può dimostrare che le probabilità relative godono delle seguenti proprietà:

- (10.13) $p(\neg a|b) = 1 - p(a|b)$. *Probabilità relativa della negazione*

$$(10.14) \quad p(a|b) \leq 1.$$

Probabilità relativa massima

Oltre alla versioni relativizzate dei teoremi per le probabilità assolute, possiamo formulare svariati teoremi che riguardano esclusivamente le probabilità relative, come i seguenti:

$$(10.15) \quad \text{Se } a \Rightarrow b \text{ allora } p(b|a) = 1.$$

Probabilità relativa di conseguenze logiche

$$(10.16) \quad p(a|a) = 1.$$

Probabilità di un enunciato dato se stesso

(10.17) *Probabilità relative di enunciati con probabilità iniziale estrema*

(i) Se $p(a) = 0$, allora $p(a|b) = 0$;

(ii) Se $p(a) = 1$, allora $p(a|b) = 1$.

Infine, le probabilità relative godono di un gruppo di interessanti proprietà descritte nel cosiddetto *teorema di Bayes*.¹⁶ Qui sotto vediamo due semplici versioni di questo teorema:

(10.18) (i)

$$p(a|b) = \frac{p(a)p(b|a)}{p(b)}$$

(ii)

$$p(a|b) = \frac{p(b|a)p(a)}{p(a)p(b|a) + p(\neg a)p(b|\neg a)}$$

¹⁶ Il teorema di Bayes viene così chiamato in onore del reverendo e matematico inglese Thomas Bayes (1702-1761) al quale ne viene tradizionalmente attribuita, forse erroneamente, la scoperta.

Lanci di dadi fra la terra e il cielo

Perché la probabilità dovrebbe essere la nostra guida nella vita

Fin dagli albori dell'umanità abbiamo lanciato i dadi. Li abbiamo lanciati sulla terra, per domare il caso e orientarci in un mondo incerto, e verso il cielo, per farci un'idea su Dio e sulla nostra sorte. Da questa sterminata serie di lanci sono emerse, dapprima, le nostre intuizioni sulla probabilità, poi il nostro concetto di probabilità e, infine, la teoria matematica delle probabilità, che è stata applicata in svariati ambiti e persino nel tentativo di determinare la probabilità di Dio. Getteremo qui uno sguardo su alcuni istanti dell'avventurosa storia dei nostri lanci di dadi fra la terra e il cielo.

11. 1 Astragali. Probabilità preistoriche

La lunga marcia della probabilità comincia nella preistoria. Nelle antiche società pastorali, infatti, gli uomini disponevano di sofisticate intuizioni probabilistiche che venivano applicate nel lancio degli astragali. L'astragalo è un piccolo osso di forma cuboide situato nell'articolazione del piede dell'uomo e negli arti posteriori dei quadrupedi. Negli ovini l'astragalo ha proporzioni particolarmente regolari e può cadere solo su quattro delle sei facce, poiché i due lati estremi non offrono una stabile base di appoggio. Le quattro facce che fungono da basi di appoggio sono di forma molto diversa e, quindi, facilmente distinguibili. Per queste sue caratteristiche, fin dalla preistoria l'astragalo è stato usato come una sorta di dado a quattro facce, per giocare d'azzardo. Gli scavi archeologici hanno consentito di recuperare migliaia di antichi esemplari di astragali, come quelli scoperti a Varna, in Bulgaria, che risalgono al quarto millennio avanti Cristo. I nostri antenati erano soliti attribuire valori numerici alle quattro facce dell'astragalo: 1 e 6 per le facce strette e 3 e 4 per quelle larghe. Grazie al matematico svizzero Robert Ineichen, che ha eseguito centinaia di lanci con un astragalo ottenuto da una pecora "moderna", conosciamo le probabilità di uscita delle diverse facce: ciascuna delle facce strette esce con una probabilità del 10% circa e ciascuna delle facce larghe con una probabilità del 40% circa. È ragionevole supporre che i nostri antenati fossero consapevoli di queste probabilità e ne tenessero conto quando scommettevano sull'esito del lancio degli astragali. Questa supposizione è avvalorata dal fatto che i giochi con gli astragali erano, di solito, molto complessi. Per esempio, nella *pleistobolinda*, che era il gioco più diffuso, venivano lanciati contemporaneamente quattro astragali e il risultato del lancio era dato dalla combinazione delle facce che uscivano. Ciascuna delle 35 possibili combinazioni aveva un particolare punteggio, presumibilmente basato sulla probabilità di uscita dei quattro tipi di faccia. Si deve ipotizzare che i giocatori più esperti conoscessero queste quattro probabilità e fossero anche in grado di determinare, almeno approssimativamente, la probabilità di ciascuna delle 35 combinazioni. Ciò significa che, fin dall'inizio del suo cammino, l'umanità ha potuto contare su un ricco bagaglio di intuizioni probabilistiche.

11. 2 Trafficare con l'incertezza. Probabilità e decisioni

Il concetto di probabilità fa la sua comparsa nel pensiero occidentale a partire dall'età classica. Se ne trovano, infatti, molte tracce nella filosofia greca e romana. Fin dal suo apparire, questo concetto appare

come un Giano bifronte, con due significati: la probabilità oggettiva, che si riferisce agli stati del mondo, e la probabilità soggettiva, che rappresenta gli stati della mente.

PROBABILITÀ OGGETTIVE. Le probabilità oggettive si riferiscono allo stato del mondo, cioè a determinati aspetti della realtà esterna. Per esempio, la probabilità menzionata nell'enunciato "La probabilità di morte nella peste di Londra del 1665-66 fu pari al 20%" è una probabilità oggettiva che indica la frequenza relativa dei londinesi deceduti in quella peste. Diversi studiosi hanno sostenuto che le frequenze relative non sono l'unica specie di probabilità oggettive. Supponiamo di apprestarci a lanciare un dado da gioco che non è mai stato lanciato prima d'ora. Allora la probabilità oggettiva di cui si parla nell'enunciato "La probabilità di uscita del 4 nel prossimo lancio è pari a $1/6$ " non può indicare la frequenza relativa di uscita del 4. Essa indicherà, invece, la propensità dell'uscita del 4, cioè l'intensità della tendenza del dado a uscire con il 4 nel prossimo lancio e in qualsiasi lancio successivo.

PROBABILITÀ SOGGETTIVE. Le probabilità soggettive si riferiscono allo stato della mente di un determinato individuo e, più precisamente, a certi aspetti delle sue opinioni. Per esempio, la probabilità menzionata nell'enunciato "Tizio pensa che la probabilità che domani a Milano pioverà sia il 50%" è una probabilità soggettiva che indica il grado di credenza di Tizio nella verità dell'ipotesi che domani a Milano pioverà. Le probabilità soggettive possono rappresentare le nostre opinioni su ipotesi di qualunque genere, comprese le ipotesi scientifiche e teologiche, e possono variare notevolmente da un individuo all'altro. Potremmo così affermare che, secondo Tizio, la probabilità che Dio esista è pari al 100% mentre, secondo Caio, è pari allo 0%. Ciò significa che Tizio è certo che Dio esiste, mentre Caio è certo che non esiste.

RELAZIONI TRA PROBABILITÀ SOGGETTIVE E OGGETTIVE. La variabilità individuale delle probabilità soggettive non è illimitata. Vi sono, infatti, molti casi in cui diversi individui attribuiscono le stesse probabilità soggettive a una determinata ipotesi. Ciò accade quando essi condividono le stesse convinzioni circa le probabilità oggettive che governano il comportamento degli eventi descritti da quell'ipotesi. Per esempio, molti individui sono certi che la propensità dell'uscita del 4 in qualsiasi lancio di un dado da gioco dall'apparenza regolare sia $1/6$. Allora essi concorderanno anche nell'attribuire una probabilità soggettiva pari a $1/6$ all'ipotesi che al prossimo lancio del dado esca il 4. Così facendo essi si attengono, sia pure inconsapevolmente, al cosiddetto *principio principale*, formulato dal filosofo statunitense David Lewis, secondo il quale le probabilità soggettive di un individuo dovrebbero riflettere le sue opinioni sulle probabilità oggettive. Nel caso in cui le probabilità soggettive di Tizio sono identiche, o quasi, alle corrispondenti probabilità oggettive – cioè alle frequenze relative e alle propensità che caratterizzano l'ambiente di quell'individuo –, diremo che esse sono cognitivamente adeguate. Affinché Tizio possa agire con successo nel suo ambiente non deve solo disporre di probabilità soggettive cognitivamente adeguate, ma deve anche farne un uso appropriato, nel senso che verrà ora illustrato.

LA PROBABILITÀ È LA NOSTRA VERA GUIDA NELLA VITA. Il vescovo e teologo inglese Joseph Butler (1692-1752) sosteneva che la nostra conoscenza della natura e di Dio non è mai certa ma, nel migliore dei casi, è solo probabile. Negli ultimi cinquant'anni la fama di Butler si è diffusa grazie al suo citatissimo motto che, per noi esseri umani, "la probabilità è la vera guida della vita" (*The Analogy of Religion*, 1736). Questo motto suggerisce che le probabilità sono uno strumento indispensabile per trafficare con l'incertezza, cioè per decidere come agire in un mondo incerto. Un esempio tratto dalla vita quotidiana permetterà di comprendere in che modo le decisioni sono guidate dalle probabilità soggettive. Supponiamo che Tizio si appresti a fare una passeggiata nel parco e che debba decidere se uscire con l'ombrello oppure no. Dopo avere scrutato il cielo, Tizio attribuisce una probabilità del 30% all'ipotesi che nel corso della passeggiata

pioverà e una probabilità del 70% all'ipotesi che non pioverà. In simboli, $p(\text{Piove}) = 0,3$ e $p(\text{Non piove}) = 0,7$. Queste probabilità hanno un ruolo fondamentale per la decisione di Tizio, ma non bastano a determinarla. Infatti, per valutare la bontà delle sue azioni, Tizio dovrà tener conto anche della desiderabilità dei loro possibili risultati. Qui ci basterà considerare la bontà dell'azione di uscire con l'ombrello. Se Tizio esce con l'ombrello, potranno verificarsi due risultati:

- 1) pioverà e Tizio passerà riparandosi con l'ombrello;
- 2) non pioverà e l'ombrello sarà solo d'impiccio.

Nella moderna teoria delle decisioni la desiderabilità di questi due risultati viene rappresentata con appropriate misure di utilità. Per esempio, l'utilità di passeggiare con l'ombrello sotto la pioggia potrebbe essere 25 e quella di passeggiare con l'ombrello quando non piove 10. In simboli, $U(\text{Ombrello, Piove}) = 25$ e $U(\text{Ombrello, Non piove}) = 10$. La bontà dell'azione di uscire con l'ombrello è misurata dalla sua utilità attesa – in simboli, $U(\text{Ombrello})$ –, definita come la media ponderata delle utilità $U(\text{Ombrello, Piove})$ e $U(\text{Ombrello, Non piove})$:

$$U(\text{Ombrello}) = p(\text{Piove}) \times U(\text{Ombrello, Piove}) + p(\text{Non piove}) \times U(\text{Ombrello, Non piove}).$$

Come si vede, i pesi di $U(\text{Ombrello, Piove})$ e $U(\text{Ombrello, Non piove})$ sono dati dalle probabilità $p(\text{Piove})$ e $p(\text{Non piove})$. Se sostituiamo le utilità e le probabilità che compaiono nella definizione con i loro valori numerici, troviamo che $U(\text{Ombrello}) = 0,3 \times 25 + 0,7 \times 10 = 14,5$. Con il procedimento appena illustrato, Tizio può determinare anche l'utilità attesa $U(\text{Non ombrello})$ di uscire senza l'ombrello. Se Tizio è razionale, sceglierà l'azione con la maggiore utilità attesa. Questo criterio di razionalità pratica, noto come regola di massimizzazione dell'utilità attesa, è il principio fondamentale della moderna teoria delle decisioni. Alla luce di questa teoria possiamo così riformulare il motto di Butler: "la massimizzazione dell'utilità attesa è la nostra vera guida nella vita".

11.3 Concepita fra terra e cielo. La genesi della teoria delle probabilità

Mentre il concetto di probabilità emerge, come si è visto, nell'età classica, fu soltanto attorno alla metà del Seicento che – per opera di matematici e filosofi, come i francesi Blaise Pascal (1623-1662) e Pierre de Fermat (1601-1665) –, vennero poste le basi della teoria delle probabilità.

TRA ZOLFO E INCENSO. LE DUE SCOMMESSE DI PASCAL. I primi rudimenti della teoria delle probabilità si possono rintracciare nell'opera di Blaise Pascal. Lo spunto delle sue riflessioni sull'argomento fu offerto da due scommesse. La prima odorava di zolfo, poiché riguardava le pratiche peccaminose e, secondo alcuni, quasi demoniache, del gioco d'azzardo; la seconda, invece, odorava d'incenso, poiché consisteva nella decisione se credere in Dio oppure no.

Tra il 1652 e il 1654, Pascal partecipò intensamente alla vita mondana e frequentò diversi amici libertini con i quali si dedicava al gioco d'azzardo. Uno di questi amici era Antoine Gombaud, cavaliere de Méré. Turbato da un periodo di scarsa fortuna al gioco, nel 1654 de Méré pose a Pascal alcuni difficili quesiti sul gioco d'azzardo, tra i quali il più famoso è il seguente. La probabilità che esca almeno un 6 su 4 tiri, lanciando un dado alla volta, è identica, oppure no, alla probabilità che escano almeno due 6 su 24 tiri, lanciando due dadi alla volta? Pascal discusse di questo problema in un carteggio con Fermat, giungendo

alla conclusione che il primo evento è più probabile del secondo. I risultati esposti in questo carteggio sono il punto di partenza della moderna teoria delle probabilità.

Terminato il periodo mondano, Pascal si dedicò alla stesura di quelle riflessioni sul cristianesimo che sarebbero state pubblicate postume nei *Pensieri* (1670). In alcune pagine di quest'opera viene illustrata la scommessa consistente nella decisione se credere in Dio, oppure no. La credenza in Dio deve esser qui intesa in senso pragmatico, come l'adozione di una condotta di vita cristiana. Pascal intende dimostrare, attraverso un argomento probabilistico, che la scelta più conveniente è quella di vivere come se Dio esistesse. Nella terminologia della moderna teoria delle decisioni, di cui l'argomento di Pascal costituisce l'atto di nascita, la conclusione pascaliana può essere riformulata dicendo che l'utilità attesa di credere in Dio è maggiore di quella di non crederci. Per illustrare il modo in cui si raggiunge questa conclusione, supporremo che Tizio debba decidere se credere, oppure no, in Dio. Se Tizio crede in Dio, potranno verificarsi due risultati:

- 1) Dio esiste e Tizio guadagna un'eterna beatitudine;
- 2) Dio non esiste e Tizio, poiché ha vissuto cristianamente, rinunciando ai piaceri del libertinaggio, guadagna solo scarse soddisfazioni materiali.

L'utilità di questi due risultati può venire rappresentata dalle uguaglianze $U(\text{Crede, Dio}) = \infty$ e $U(\text{Crede, Non Dio}) = 10$: la prima significa che l'utilità di credere nel caso in cui Dio esiste è infinita, la seconda che l'utilità di credere nel caso in cui Dio non esiste ha un valore piuttosto piccolo. L'utilità attesa $U(\text{Crede})$ di credere in Dio è così definita:

$$U(\text{Crede}) = p(\text{Dio}) \times U(\text{Crede, Dio}) + p(\text{Non Dio}) \times U(\text{Crede, Non Dio}).$$

Per determinare l'esatto valore di $U(\text{Crede})$, Tizio dovrà stabilire le probabilità soggettive $p(\text{Dio})$ e $p(\text{Non Dio})$ da attribuire, rispettivamente, all'ipotesi che Dio esiste e all'ipotesi che non esiste. Pascal suppone che il valore ε di $p(\text{Dio})$ stabilito da Tizio sia piccolissimo, ma diverso da zero. Sostituendo le utilità e le probabilità che compaiono nella definizione con i loro valori numerici, troviamo che

$$U(\text{Crede}) = \varepsilon \times \infty + (1 - \varepsilon) \times 10 = \infty.$$

Ciò significa che l'utilità attesa di credere in Dio è infinita. Con un ragionamento analogo, Tizio potrà determinare anche l'utilità attesa di non credere in Dio, che avrà un valore finito. Ne segue che, se Tizio è razionale allora, in accordo con la regola di massimizzazione dell'utilità attesa, deciderà di credere in Dio.

IL REVERENDO THOMAS BAYES E L'EPISTEMOLOGIA BAYESIANA. Ai nostri giorni la concezione empiristica della conoscenza, secondo la quale dovremmo essere sempre disposti a imparare dall'esperienza, viene spesso riformulata in termini probabilistici. Supponiamo che Tizio attribuisca una probabilità iniziale $p(H)$ all'ipotesi H e che, successivamente, acquisisca l'evidenza empirica E . Allora, secondo la concezione empiristica, egli dovrebbe aggiornare $p(H)$ sostituendola con la probabilità finale $p(H|E)$, che si legge "probabilità di H , data la condizione E . Il valore di $p(H|E)$ può essere determinato mediante il teorema di Bayes, dimostrato dal reverendo e matematico inglese Thomas Bayes (1702-1761) in uno scritto pubblicato postumo nel 1763. Nella sua versione più semplice il teorema afferma che $p(H|E) = p(H) \times (p(E|H)/p(E))$. Il fattore $p(E|H)/p(E)$, che compare sul lato destro dell'uguaglianza, è una misura del *potere esplicativo* di H nei riguardi di E , cioè della capacità dell'ipotesi H di spiegare l'evidenza E ,

rendendola più probabile. Possiamo esprimere il contenuto intuitivo del teorema di Bayes in questo modo: la probabilità finale di un'ipotesi H, alla luce dell'evidenza E, è direttamente proporzionale alla probabilità iniziale di H e al potere esplicativo di H nei riguardi di E. Può quindi accadere che a un'ipotesi inizialmente poco probabile sia attribuita un'elevata probabilità finale grazie al suo elevato potere esplicativo nei riguardi dell'evidenza. La grande fama del teorema di Bayes è in gran parte dovuta all'importanza e alla varietà delle sue applicazioni filosofiche. Infatti, a partire dai primi decenni del secolo scorso, si è sviluppata un'importante corrente epistemologica, nota come epistemologia bayesiana, basata sull'idea che, applicando in maniera appropriata il teorema di Bayes, si possa far luce sulla formazione e il cambiamento delle opinioni nei più disparati campi. Gli epistemologi bayesiani si sono occupati della determinazione della probabilità di diverse specie di ipotesi come, per esempio, le ipotesi scientifiche, le ipotesi diagnostiche formulate dal medico, le ipotesi di colpevolezza esaminate nei tribunali e, *last but not least*, l'ipotesi che esista Dio.

11.4 La probabilità di Dio

I filosofi hanno elaborato diversi argomenti per dimostrare l'esistenza di Dio sulla base dell'esperienza. Per esempio, sono stati proposti svariati argomenti teleologici (dal greco *télos*, che significa fine o scopo) con i quali si pretende di dedurre la conclusione che Dio esiste da alcune premesse che descrivono la nostra evidenza empirica sull'ordine dell'universo. Tali argomenti sono volti a mostrare che l'ordine dell'universo non può essere apparso casualmente, ma deve essere stato progettato con qualche scopo da un essere intelligente. Tra i sostenitori dell'argomento teleologico vanno annoverati Tommaso d'Aquino, che ne propose una celebre versione nella *Summa Theologiae* (1265–1274), e Isaac Newton il quale, nell'appendice alla seconda edizione dei suoi *Principia* (1713), afferma che "l'elegantissimo sistema del sole, dei pianeti e delle comete non avrebbe mai potuto sorgere senza il progetto e il dominio di un essere intelligente e potente". Gli argomenti teleologici proposti fino ai primi anni del Settecento sono accomunati dalla pretesa che l'ipotesi dell'esistenza di Dio sia deducibile con certezza dall'evidenza empirica. Tuttavia, lo sviluppo e la diffusione della teoria della probabilità condusse ben presto a profondi cambiamenti nel dibattito filosofico sull'esistenza di Dio. Infatti, a partire dal secondo decennio del Settecento, vennero elaborate diverse versioni probabilistiche dell'argomento teleologico, con le quali si intendeva mostrare che è improbabile che l'ordine della natura sia apparso casualmente e che, quindi, è probabile che esso sia stato progettato da un essere intelligente.

JOHN ARBUTHNOT, IL RAPPORTO TRA I SESSI E LA DIVINA PROVVIDENZA. La prima versione probabilistica dell'argomento teleologico si deve al medico e scrittore scozzese John Arbuthnot (1667-1735) il quale cercò di dimostrare l'esistenza di Dio a partire da considerazioni di carattere statistico sulle frequenze relative delle nascite di maschi e femmine. Esaminando i registri delle nascite di Londra per ciascuno degli 82 anni dal 1629 al 1710 egli fece due scoperte:

- 1) vi era un equilibrio quasi perfetto tra i sessi poiché, in ognuno di questi anni, la frequenza relativa dei due sessi tra i neonati era vicinissima al 50%;
- 2) tuttavia, vi era anche un lievissimo eccesso dei maschi sulle femmine poiché, in ognuno di questi anni, la frequenza relativa dei maschi superava leggermente il 50%.

Oggi sappiamo che le scoperte di Arbuthnot hanno una validità generale e che quasi sempre e quasi ovunque il rapporto tra i sessi alla nascita è leggermente squilibrato a favore dei maschi. Nel 1930 il

biologo e statistico inglese Ronald Fisher offrì una convincente spiegazione evolucionistica del quasi perfetto equilibrio tra maschi e femmine in tutti gli animali sessuati, uomo compreso, mentre non disponiamo ancora di alcuna spiegazione del lievissimo eccesso dei maschi. Arbuthnot descrisse le proprie scoperte nel breve scritto *An argument for Divine Providence, taken from the constant regularity observed in the births of both sexes*, stampato nel 1711. Secondo l'autore era estremamente improbabile che i due tipi di ordine dell'universo da lui scoperti, cioè l'equilibrio quasi perfetto tra i sessi e il lievissimo eccesso dei maschi, potessero essere attribuiti al caso. Era quindi molto probabile che fossero dovuti all'intervento della divina provvidenza. Arbuthnot fu anche abbastanza temerario da ipotizzare le ragioni del duplice intervento divino. Attraverso l'equilibrio quasi perfetto tra i sessi il buon Dio si proponeva di conservare la specie umana garantendo a ogni maschio la sua femmina, mentre il lieve eccesso dei maschi era motivato dall'intenzione divina di compensare la maggiore mortalità giovanile dei maschi rispetto alle femmine, dovuta alla guerra, ai viaggi in mare e alla pericolosità dei lavori maschili. A dispetto dei diversi errori matematici che gli studiosi hanno identificato nello scritto di Arbuthnot e delle sue fantasiose ipotesi sulle intenzioni divine, non si può negare allo scrittore inglese il grande merito di avere introdotto la probabilità nelle indagini sull'esistenza di Dio.

RICHARD SWINBURNE E L'EPISTEMOLOGIA BAYESIANA DELLA RELIGIONE. A tre secoli di distanza dal pionieristico scritto di Arbuthnot, la ricerca di argomenti probabilistici per l'esistenza di Dio ha ricevuto un potente impulso dalle ricerche del filosofo inglese Richard Swinburne (1934-vivente), che può essere considerato il fondatore della moderna epistemologia bayesiana della religione. In particolare, nel libro *The Existence of God* (1979/2004), Swinburne elabora una sofisticata versione bayesiana dell'argomento teleologico.

Supponiamo di avere attribuito la probabilità iniziale $p(\text{Dio})$ all'ipotesi che esiste Dio. Alla luce dell'evidenza empirica che l'universo è ordinato in un determinato modo – evidenza che indicheremo con “Ordine” –, dovremo aggiornare $p(\text{Dio})$ sostituendola con la probabilità finale $p(\text{Dio}|\text{Ordine})$. Questa probabilità può essere determinata con il teorema di Bayes, cioè con la formula

$$p(\text{Dio}|\text{Ordine}) = p(\text{Dio}) \times (p(\text{Ordine}|\text{Dio})/p(\text{Ordine})).$$

Anche se $p(\text{Dio})$ è molto piccola, la probabilità finale $p(\text{Dio}|\text{Ordine})$ potrebbe essere elevata, a condizione che il potere esplicativo $p(\text{Ordine}|\text{Dio})/p(\text{Ordine})$ dell'ipotesi dell'esistenza di Dio nei riguardi dell'ordine dell'universo sia molto grande. Secondo Swinburne tale condizione si realizza se consideriamo quel particolare tipo di ordine costituito dal cosiddetto *fine tuning* dell'universo. Questa espressione, spesso tradotta con “sintonizzazione fine”, si riferisce alla circostanza, messa in luce dalle scoperte fisiche dell'ultimo secolo, che solo una gamma molto ristretta di leggi fisiche e condizioni iniziali dell'universo permette la nascita e la sopravvivenza della vita sul nostro pianeta e, quindi, anche l'esistenza degli esseri umani. Per esempio, i fisici John D. Barrow e Frank J. Tipler, nella loro opera *Il principio antropico* (1986), osservano che “se le intensità relative delle interazioni nucleare ed elettromagnetica fossero anche leggermente diverse da quelle osservate, in natura non esisterebbero atomi di carbonio e l'evoluzione di osservatori umani non sarebbe stata possibile”. Indicando con “FT” l'evidenza empirica del *fine tuning*, possiamo determinare la probabilità di Dio alla luce di FT con la formula $p(\text{Dio}|\text{FT}) = p(\text{Dio}) \times (p(\text{FT}|\text{Dio})/p(\text{FT}))$. Secondo Swinburne (1979/2004, p. 172), il *fine tuning*, cioè “il fatto che le leggi e le condizioni iniziali siano state tali da condurre all'evoluzione dei corpi umani, è molto improbabile a priori, ma molto probabile se c'è un Dio. Nella nostra terminologia, ciò significa che la probabilità $p(\text{FT}|\text{Dio})$ del *fine tuning*, data l'esistenza di Dio, è molto vicina a 1, mentre la probabilità $p(\text{FT})$ che il *fine tuning* sia stato determinato dal caso è molto vicina a 0. Ne segue che il potere esplicativo $p(\text{FT}|\text{Dio})/p(\text{FT})$ è molto grande e, quindi, che $p(\text{Dio}|\text{FT})$, cioè la probabilità di Dio alla luce del *fine tuning*, è elevata.

Elementi di epistemologia bayesiana

L'*epistemologia bayesiana* trae il suo nome dal teorema di Bayes, che ne costituisce il fondamentale strumento concettuale. Ai nostri giorni, essa ha molti sostenitori non solo nell'ambito dell'epistemologia generale, ma anche in quello delle epistemologie speciali, a partire dall'epistemologia della scienza. L'epistemologia bayesiana si occupa soprattutto della *statica* e della *cinematica dell'opinione*, cioè della *formazione e del cambiamento delle opinioni*, o *credenze*. In questo Capitolo illustreremo gli elementi fondamentali dell'epistemologia bayesiana. Anzitutto prenderemo in esame il principio di rappresentazione probabilistica delle credenze, che governa la statica dell'opinione, e il principio di condizionalizzazione, che governa la cinematica dell'opinione (*primo* paragrafo). Successivamente, faremo qualche considerazione sulla plausibilità del principio di condizionalizzazione (*secondo* paragrafo). Infine, nel *terzo* paragrafo, forniremo un esempio dell'applicazione del principio di condizionalizzazione nella pratica clinica.

12.1 Statica e cinematica dell'opinione nell'epistemologia bayesiana

INTENTI NORMATIVI E PRESCRITTIVI DELL'EPISTEMOLOGIA BAYESIANA. Gli intenti dell'epistemologia bayesiana non sono descrittivi, bensì *normativi*. Infatti, gli epistemologi bayesiani non mirano tanto a descrivere il modo in cui gli uomini in carne e ossa formano le loro credenze e le cambiano in risposta alle informazioni via via acquisite, quanto a identificare i principi generali in base ai quali un *soggetto idealmente razionale* – in breve: un *soggetto razionale* –, forma e cambia le proprie credenze. È naturale chiedersi quale valore possa avere per noi esseri umani una teoria epistemologica che si occupa in maniera diretta solo del soggetto razionale, cioè di un tipo ideale di cui presumibilmente non esiste alcun esempio nel mondo reale. Possiamo rispondere a questo interrogativo affermando che, anche se noi uomini in carne e ossa non siamo idealmente razionali, non siamo neppure totalmente irrazionali. Al contrario, le nostre capacità cognitive ci consentono di applicare – in maniera più o meno adeguata, a seconda delle persone e delle circostanze –, i principi dell'epistemologia bayesiana. Possiamo quindi affermare che *l'epistemologia bayesiana ha valore prescrittivo*, nel senso che le sue norme, elaborate pensando al tipo ideale del soggetto razionale, valgono anche come *prescrizioni* per gli esseri umani in carne e ossa.

DUE IDEE CHIAVE DELL'EPISTEMOLOGIA BAYESIANA. L'epistemologia bayesiana si fonda su due idee chiave:

- (1) le *credenze di un soggetto razionale* possono avere diversi *gradi di intensità*, i quali possono venire espressi mediante appropriate *probabilità*;
- (2) in risposta alle informazioni via via acquisite, un soggetto razionale cambia le proprie probabilità sulla base di appropriati *principi cinematici*.

STATICA DELL'OPINIONE. Immaginiamo che, in un dato istante, un soggetto si formi determinate opinioni circa gli enunciati espressi in un certo linguaggio. Quali sono i principi generali che egli dovrebbe seguire nella formazione delle proprie opinioni? Il compito di rispondere a questo interrogativo è affidato alla cosiddetta *statica dell'opinione*. Nell'ambito dell'epistemologia contemporanea sono stati sviluppati diversi approcci alla statica dell'opinione e non mancano serie divergenze neppure nel più ristretto circolo

degli epistemologi bayesiani. Tuttavia, questi ultimi sono quasi tutti d'accordo nel ritenere che i gradi di credenza di un soggetto razionale dovrebbero soddisfare il **principio di rappresentazione probabilistica dei gradi di credenza** – in breve, *RPr* –, che può essere così formulato:

RPr I gradi di credenza di un soggetto razionale devono essere rappresentati, in qualunque istante, da una funzione di probabilità $p(\cdot)$ definita su un appropriato linguaggio.

In termini più semplici, RPr afferma che le opinioni di un soggetto razionale devono venire identificate con le probabilità che egli attribuisce a determinati enunciati.

CINEMATICA DELL'OPINIONE. Supponiamo ora che, dopo avere formato, in un determinato istante, le proprie opinioni circa gli enunciati di un certo linguaggio, un soggetto acquisisca nuove informazioni – non importa se attraverso l'osservazione, l'esperimento, la testimonianza, o altre fonti. È presumibile che, in risposta a tali informazioni, il soggetto debba quasi sempre cambiare le proprie opinioni. In modo del tutto analogo a quanto si è visto sopra, parlando della statica dell'opinione, ci si può chiedere quali siano i principi generali che il soggetto dovrebbe seguire nel cambiamento delle proprie opinioni. Il compito di rispondere a questo interrogativo è affidato alla cosiddetta **cinematica dell'opinione**.

L'epistemologia contemporanea ha elaborato sofisticate teorie sulla cinematica dell'opinione. In particolare, le teorie proposte dagli epistemologi bayesiani condividono il presupposto che un soggetto dovrebbe cambiare le proprie opinioni in accordo con il cosiddetto **principio di condizionalizzazione** – in breve, *Cond*. Nella formulazione di Cond, useremo le espressioni “ipotesi *H*” ed “evidenza *E*” ove, parlando di **ipotesi *H*** ci riferiamo a un qualsiasi enunciato *H* sul quale, per qualche motivo teorico o pratico, abbiamo fissato la nostra attenzione, mentre parlando di **evidenza *E*** ci riferiamo alla **certezza** che l'enunciato *E* è vero. Possiamo ora formulare Cond nel seguente modo:

Cond In risposta all'acquisizione di un'evidenza *E*, un soggetto razionale aggiorna la *probabilità iniziale* $p(H)$ attribuita all'ipotesi *H*, sostituendola con la *probabilità finale* $p(H|E)$.

Cond richiede che un soggetto razionale aggiorni le sue vecchie probabilità *per condizionalizzazione*, cioè che, in risposta a qualsiasi evidenza *E*, egli sostituisca la sua “vecchia” probabilità $p(H)$ con la “nuova” *probabilità condizionale* $p(H|E)$. La vecchia probabilità $p(H)$ viene abitualmente chiamata **probabilità iniziale** di *H* poiché essa rappresenta l'opinione iniziale del soggetto, cioè la sua opinione in un istante *t* considerato come il momento *iniziale* di un'indagine. La probabilità iniziale riflette le *informazioni iniziali*, o *conoscenza di sfondo*, a disposizione del soggetto in *t*. In maniera analoga, la nuova probabilità $p(H|E)$ viene abitualmente denominata **probabilità finale** di *H* poiché essa rappresenta l'opinione finale del soggetto, cioè la sua opinione *dopo* avere acquisito l'evidenza *E*.

GIUSTIFICAZIONE DELLA STATICA E DELLA CINEMATICA BAYESIANA. Negli ultimi due secoli i principi RPr e Cond sono stati ampiamente, anche se quasi sempre tacitamente, applicati in svariati ambiti di attività, dalla statistica alla pratica giudiziaria, dal ragionamento scientifico alla strategia militare. È quindi sorprendente che solo da qualche decennio ci si sia posti seriamente il problema della **giustificazione di RPr e Cond**. Perché mai, dopo tutto, un soggetto dovrebbe avere gradi di credenza che obbediscono ai principi della teoria delle probabilità e dovrebbe poi cambiarli per condizionalizzazione, come richiesto da RPr e Cond? La formulazione di una soddisfacente risposta a questi interrogativi è uno dei compiti più importanti sull'agenda degli epistemologi bayesiani. In questa *Brevissima*, tuttavia, non possiamo neppure accennare ai recenti risultati ottenuti in quest'area di ricerca. Tuttavia, lasciando da parte RPr e

limitandoci a considerare Cond, possiamo suggerire, come faremo nel prossimo paragrafo, che tale principio è intuitivamente molto plausibile.

12.2. Plausibilità del principio di condizionalizzazione

Qualche riflessione sull'uso del teorema di Bayes nella determinazione della probabilità condizionale $p(H|E)$ faciliterà la nostra comprensione della plausibilità intuitiva del principio cinematico Cond.

COME RIFORMULARE COND NEI TERMINI DEL TEOREMA DI BAYES. Cond richiede che, in risposta alla nuova evidenza E , un soggetto razionale aggiorni la sua probabilità iniziale $p(H)$ sostituendola con la probabilità finale $p(H|E)$. Quest'ultima probabilità può essere determinata applicando la versione (10.18)(i) del teorema di Bayes, versione che converrà riformulare nel seguente modo:

(12.1)

$$p(H|E) = p(H) \times p(E|H) \times \frac{1}{p(E)}$$

Qui sotto illustriamo il significato intuitivo dei fattori $p(E|H)$ e $1/p(E)$ sul lato destro di (12.1):

- (i) La probabilità $p(E|H)$, nota come **verosimiglianza** di H rispetto a E , rappresenta il grado di **prevedibilità relativa** di E alla luce della supposizione che H sia vera. In altre parole, $p(E|H)$ può essere intesa come una misura del **successo predittivo**¹⁷ di H nei riguardi di E .
- (ii) Poiché la probabilità $p(E)$ rappresenta il grado di **prevedibilità iniziale** di E – cioè il suo grado prevedibilità sulla base della conoscenza di sfondo del soggetto –, è del tutto naturale intendere $1/p(E)$ come una misura del grado di **imprevedibilità iniziale** di E . In altre parole, la quantità $1/p(E)$ può essere intesa come una misura di quanto *sorprendente*, o *inaspettata*, era l'evidenza E prima di essere acquisita dal soggetto.

L'uguaglianza (12.1) ci permette di riformulare Cond nel seguente modo:

Cond* In risposta all'acquisizione di un'evidenza E , un soggetto razionale aggiorna *probabilità iniziale* $p(H)$ sostituendola con una *probabilità finale* pari a $p(H) \times p(E|H) \times (1/p(E))$.

UN ARGOMENTO A FAVORE DELLA PLAUSIBILITÀ DI COND. Gli epistemologi bayesiani hanno elaborato diverse sofisticate argomentazioni volte a dimostrare che un soggetto dovrebbe seguire le prescrizioni di Cond – o, equivalentemente, di Cond* –, cioè che egli dovrebbe attribuire all'ipotesi H una probabilità finale *esattamente uguale* a $p(H|E)$, vale a dire al *prodotto dei fattori* $p(H)$, $p(E|H)$ e $1/p(E)$. Tuttavia, in questa *Brevissima*, dobbiamo limitarci a formulare alcune considerazioni che inducono a ritenere del tutto plausibile che la probabilità finale di H cresca al crescere di *ciascuno* dei tre fattori sopra menzionati. Più

¹⁷ Questa interpretazione di $p(E|H)$, si basa sul presupposto che l'evento descritto da E non si sia ancora verificato o, almeno, che il soggetto non abbia ancora acquisito l'evidenza E . Nel caso, invece, in cui il soggetto ha già acquisito E , allora l'evento descritto da E va considerato come un dato da spiegare; in questo caso, la probabilità $p(E|H)$ può essere intesa come una misura del **successo esplicativo** di H nei riguardi di E .

precisamente, suggeriamo che un essere umano non totalmente irrazionale – come l'investigatore Sempronio di cui ci occuperemo qui sotto –, determina la probabilità finale di un'ipotesi in accordo con questi principi:

- (I) la probabilità finale di un'ipotesi si accresce al crescere della sua probabilità iniziale;
- (II) la probabilità finale di un'ipotesi si accresce al crescere del suo successo predittivo nei riguardi dell'evidenza;
- (III) la probabilità finale di un'ipotesi si accresce al crescere dell'imprevedibilità iniziale dell'evidenza.

Esempio 1. Un'applicazione del principio (I): le probabilità finali attribuite alle ipotesi dall'investigatore Sempronio si accrescono al crescere delle loro probabilità iniziali. Indagando su un efferato omicidio, l'investigatore Sempronio concentra l'attenzione sulle ipotesi $T \equiv$ "Il colpevole è Tizio" e $C \equiv$ "Il colpevole è Caio". Gli indizi contro i due sospettati sono dati dall'evidenza E , ove l'evento descritto da E consiste nel fatto che sulla scena del crimine sono state trovate numerose impronte lasciate da scarpe taglia 43. Sfortunatamente, negli appartamenti di entrambi gli indagati sono state trovate solo scarpe taglia 43. Ciò significa che le ipotesi T e C hanno lo stesso successo predittivo nei riguardi di E . Sempronio dovrà quindi attribuire uguale verosimiglianza a T e C sulla base di E ; in simboli, $p(E|T) = p(E|C)$. Per sua fortuna, Sempronio dispone anche di alcune conoscenze di sfondo che riguardano la biografia dei due indagati: Tizio ha riportato tre condanne per delitti di sangue, mentre Caio è incensurato. Queste conoscenze di sfondo gli permettono di discriminare tra T e C , attribuendo all'ipotesi T una probabilità iniziale molto maggiore di quella attribuita a C ; in simboli, $p(T) \gg p(C)$. Data l'uguaglianza tra le verosimiglianze di T e C , le probabilità finali delle due ipotesi dipenderanno *solo* dalle loro probabilità iniziali: più precisamente, le probabilità finali di T e C si accresceranno al crescere delle loro probabilità iniziali. Quindi Sempronio attribuirà a T una probabilità finale di gran lunga maggiore di quella attribuita a C .

Esempio 2. Un'applicazione del principio (II): le probabilità finali attribuite alle ipotesi dall'investigatore Sempronio si accrescono al crescere del loro successo predittivo rispetto all'evidenza. Ancora una volta l'investigatore Sempronio è alle prese con un efferato omicidio. I suoi sospetti si concentrano su due persone che anche questa volta, per una strana coincidenza, si chiamano Tizio e Caio. Questa volta, però, entrambi gli indagati sono incensurati. Quindi le conoscenze di sfondo a disposizione di Sempronio non gli consentono di discriminare tra le ipotesi $T \equiv$ "Il colpevole è Tizio" e $C \equiv$ "Il colpevole è Caio", cosicché egli dovrà attribuire uguale probabilità iniziale alle due ipotesi; in simboli, $p(T) = p(C)$. Tuttavia, questa volta non vi è parità di indizi tra gli indagati. Infatti l'evidenza E a disposizione di Sempronio consiste nel ritrovamento, sulla scena del crimine, di numerose impronte lasciate da scarpe taglia 43, ma le perquisizioni operate negli appartamenti di Tizio e Caio hanno avuto esiti diversi: nell'appartamento di Tizio sono state trovate solo scarpe taglia 43, mentre nell'appartamento di Caio, che ha un piede leggermente più piccolo di quello di Sempronio, sono state trovate venti paia di scarpe taglia 42 e venti di taglia 43. Se il colpevole fosse Tizio allora le impronte sulla scena del crimine sarebbero state certamente lasciate da scarpe taglia 43, mentre se il colpevole fosse Caio vi sarebbe stata solo una possibilità su due di trovare impronte lasciate da scarpe taglia 43. Ciò significa che il successo predittivo dell'ipotesi T nei riguardi di E è molto maggiore di quello dell'ipotesi C . Sempronio dovrà quindi attribuire all'ipotesi T una verosimiglianza molto maggiore di quella attribuita a C ; in simboli, $p(E|T) \gg p(E|C)$. Data l'uguaglianza delle probabilità iniziali di T e C , le probabilità finali delle due ipotesi dipenderanno *solo* dalle loro verosimiglianze: più precisamente, le probabilità finali si accresceranno al crescere di tali verosimiglianze.

Quindi, anche questa volta, Sempronio dovrà attribuire a T una probabilità finale di gran lunga maggiore di quella attribuita a C .

Esempio 3. Un'applicazione del principio (III): le probabilità finali attribuite alle ipotesi dall'investigatore Sempronio si accrescono al crescere dell'imprevedibilità iniziale dell'evidenza. Questa volta il nostro infaticabile investigatore Sempronio sta indagando su due efferati omicidi, tra i quali non vi è alcun legame. Per una incredibile coincidenza, i suoi sospetti si orientano su Tizio per il primo omicidio e su Caio per il secondo. Le ipotesi sono quindi $T \equiv$ "Il colpevole del primo omicidio è Tizio" e $C \equiv$ "Il colpevole del secondo omicidio è Caio". Si comprende facilmente che, diversamente dai due casi considerati in precedenza, questa volta potrebbero essere vere entrambe le ipotesi. Sempronio sa che i due indagati sono incensurati: di conseguenza, attribuisce uguale probabilità iniziale alle ipotesi T e C ; in simboli, $p(T) = p(C)$. In entrambi gli omicidi, sulla scena del crimine sono state trovate tracce riconducibile agli indagati. Nel primo omicidio, l'evidenza E_1 è data dal ritrovamento di impronte lasciate da scarpe taglia 43; nel secondo omicidio, l'evidenza E_2 è data dal ritrovamento di tracce di sangue sicuramente lasciate dal colpevole. In entrambi i casi l'evidenza è perfettamente compatibile con gli indagati: infatti, nell'appartamento di Tizio sono state trovate solo scarpe taglia 43 e il DNA estratto dalle tracce di sangue è dello stesso tipo del DNA di Caio. Ciò significa che il successo predittivo dell'ipotesi T rispetto all'evidenza E_1 e quello dell'ipotesi C rispetto all'evidenza E_2 sono molto elevati e tra loro identici. La verosimiglianza di T sulla base di E_1 dovrà quindi essere uguale a quella di C sulla base di E_2 ; in simboli, $p(E_1|T) = p(E_2|C)$.

A dispetto della parità tra le probabilità iniziali e le verosimiglianze di T e C , Sempronio può operare una forte discriminazione tra le due ipotesi. Infatti, il 30% degli uomini indossa scarpe di taglia 43, mentre ci sono 10 milioni di tipi di DNA.¹⁸ Ciò significa che la prevedibilità iniziale $p(E_1)$ di E_1 è di gran lunga maggiore della prevedibilità iniziale $p(E_2)$ di E_2 , cioè che l'imprevedibilità iniziale $1/p(E_2)$ di E_2 è di gran lunga maggiore dell'imprevedibilità iniziale $1/p(E_1)$ di E_1 ; in simboli, $1/p(E_2) \gg 1/p(E_1)$. Data l'uguaglianza delle probabilità iniziali e delle verosimiglianze di T e C , le probabilità finali delle due ipotesi dipenderanno *solo* dai diversi gradi di imprevedibilità iniziale delle evidenze E_1 ed E_2 : più precisamente, le probabilità finali si accresceranno al crescere di tali gradi di imprevedibilità. Ancora una volta, Sempronio dovrà quindi attribuire a C una probabilità finale di gran lunga maggiore di quella attribuita a T .

12.3 L'applicazione del principio di condizionalizzazione nella pratica clinica

Il principio di condizionalizzazione Cond viene applicato, quasi sempre tacitamente, in svariate attività umane, a partire dalla pratica clinica. Nell'esempio illustrato qui sotto, ci imbattiamo in un medico che deve determinare la probabilità finale dell'ipotesi che la paziente abbia un cancro al seno. Per una bizzarra coincidenza, il medico si chiama Sempronio, come l'investigatore dei precedenti esempi.

Esempio 4. Il medico Sempronio determina la probabilità finale dell'ipotesi che la paziente abbia un cancro al seno. Dopo aver visitato una paziente che presenta un nodulo al seno, il medico Sempronio considera l'ipotesi Ca (cioè, il nodulo è un cancro) e l'ipotesi $\neg Ca$ (cioè, il nodulo non è un cancro, bensì una lesione benigna), attribuendo alla prima una probabilità pari a 0,01 e alla seconda una probabilità pari a 0,99. Le probabilità $p(Ca) = 0,01$ e $p(\neg Ca) = 1 - p(Ca) = 0,99$ rappresentano le *probabilità iniziali* che Sempronio

¹⁸ Si tratta, ovviamente, di dati inventati a tavolino, forniti a scopo puramente illustrativo. Tuttavia, suppongo che non si discostino troppo dal vero.

attribuisce a queste due ipotesi *prima* di effettuare ulteriori controlli diagnostici. Sempronio potrebbe però aggiornare le sue probabilità iniziali prescrivendo una mammografia alla paziente. Naturalmente egli è consapevole del fatto che la mammografia non è un controllo totalmente attendibile, poiché alcune lesioni maligne sono scorrettamente classificate dal radiologo come benigne e alcune lesioni benigne come maligne. Deve quindi tenere conto degli studi di epidemiologia clinica circa l'accuratezza dei risultati di una mammografia.

Indichiamo con “*Pos*” la previsione che il radiologo, dopo avere esaminato il risultato della mammografia, emetterà un referto positivo per il cancro e con “*Neg*” – ove $Neg \equiv \neg Pos$ –, la previsione che emetta un referto negativo. Supponiamo, inoltre, che Sempronio accetti la conclusione degli studi di epidemiologia clinica, secondo i quali il 79,2% delle lesioni maligne e il 90,4% delle lesioni benigne vengono diagnosticate correttamente. Allora egli dovrebbe assegnare alle probabilità relative $p(Pos|Ca)$ e $p(Neg|\neg Ca)$ i seguenti valori: $p(Pos|Ca) = 0,792$ e $p(Neg|\neg Ca) = 0,904$. Da quest'ultima uguaglianza e dalla definizione $Neg \equiv \neg Pos$, segue che $p(\neg Pos|\neg Ca) = 0,904$. Poiché, grazie al teorema (10.13) della teoria delle probabilità, vale l'uguaglianza $p(Pos|\neg Ca) = 1 - p(\neg Pos|\neg Ca)$, possiamo affermare che $p(Pos|\neg Ca) = 0,096$.¹⁹

Supponiamo ora che Sempronio riceva dal radiologo un referto positivo. In tal caso egli dovrebbe calcolare la probabilità finale dell'ipotesi *Ca* che la paziente abbia il cancro sulla base dell'evidenza data da *Pos*. Poiché Sempronio dispone, come si è visto, delle probabilità iniziali $p(Ca) = 0,01$ e $p(\neg Ca) = 0,99$ e delle verosimiglianze $p(Pos|Ca) = 0,792$ e $p(Pos|\neg Ca) = 0,096$, egli potrà calcolare la probabilità finale $p(Ca|Pos)$ applicando la versione (10.18)(ii) del teorema di Bayes:

(12.2)

$$p(Ca|Pos) = \frac{p(Pos|Ca)p(Ca)}{p(Pos|Ca)p(Ca) + p(Pos|\neg Ca)p(\neg Ca)} = \frac{0,792 \times 0,01}{0,792 \times 0,01 + 0,096 \times 0,99} \cong 0,077$$

ove il simbolo “ \cong ” si legge “è approssimativamente uguale a”. Dalle uguaglianze in (12.2) risulta che, sulla base all'esito positivo della mammografia, Sempronio dovrebbe attribuire all'ipotesi che la paziente abbia il cancro una probabilità finale leggermente inferiore a 0,08, cioè all'8%.

¹⁹ Questa uguaglianza viene dedotta dalla catena di uguaglianze $p(Pos|\neg Ca) = 1 - p(\neg Pos|\neg Ca) = 1 - 0,904 = 0,096$.

Terza parte

Temi avanzati di epistemologia della scienza trattati in modo elementare

Abduzione, metodo ipotetico-deduttivo e induzione eliminativa

Secondo una tesi sostenuta dai neoempiristi e da Popper, e ancora oggi largamente accettata, un compito fondamentale della filosofia della scienza è quello di delineare appropriati metodi per la valutazione delle ipotesi alla luce dei risultati delle osservazioni e degli esperimenti. Nel presente Capitolo forniremo un'illustrazione più dettagliata delle nozioni induttive di plausibilità e conferma, introdotte nel Capitolo 4 e, sulla scorta di queste nozioni, mostreremo in che modo la valutazione empirica delle ipotesi scientifiche può venire operata applicando tre fondamentali procedure induttive: l'abduzione, il metodo ipotetico-deduttivo e i metodi di induzione eliminativa di John Stuart Mill. L'applicazione di queste procedure nella ricerca scientifica verrà illustrata con l'aiuto di alcuni esempi tratti dalle scienze mediche.

13.1. Plausibilità e conferma delle ipotesi

LE NOZIONI INDUTTIVE DI PLAUSIBILITÀ E CONFERMA. Supponiamo che la valutazione di un'ipotesi scientifica H venga operata sulla base di una determinata evidenza empirica E . Dato che, normalmente, H non è deducibile da E , di solito la valutazione di H richiede l'impiego di diverse forme di inferenza induttiva. In particolare, tale valutazione richiede l'applicazione delle nozioni induttive di *plausibilità* e *conferma*, introdotte nel Capitolo 4. Infatti, per valutare H sulla base di E occorre rispondere alle seguenti domande:

- (1) H è *plausibile* alla luce di E ?
- (2) H è *confermata* da E ?

Come si ricorderà (vedi Capitolo 4.3), dicendo che E **conferma** H di solito intendiamo dire che E rafforza la nostra fiducia nella verità di H o, in termini sostanzialmente equivalenti, che E accresce la plausibilità iniziale di H . Possiamo quindi riformulare la domanda (2) nel seguente modo:

- (2*) La plausibilità iniziale di H viene accresciuta da E ?

Come si vede, le domande (1) e (2*) sono formulate facendo uso della nozione di **plausibilità**. Nella maggior parte delle inferenze induttive effettuate nella vita quotidiana e nella ricerca scientifica si impiega un concetto informale di plausibilità, al quale nel seguito ci atterremo. Di norma, diciamo semplicemente che H è plausibile – o, in modo spesso intercambiabile, che è probabile –, per dire che abbiamo una certa fiducia nella verità di H , senza specificare l'esatto grado di plausibilità di H . Una risposta affermativa alle domande (1) e (2*) può essere data sulla base di due tipi di inferenze induttive, che verranno ora descritti.

INFERENZE PLAUSIBILI E INFERENZE DI CONFERMA. Con il primo tipo di inferenze, che potremmo chiamare **inferenze plausibili**, asseriamo che, sulla base di E , l'ipotesi H va ritenuta plausibile – e, talvolta, molto plausibile. Un'inferenza plausibile può venire rappresentata dal seguente schema:

Premessa 1	E	
	\equiv	Quindi è (molto) plausibile che
Conclusione	H	

Con il secondo tipo di inferenze, che potremmo chiamare **inferenze di conferma**, asseriamo che E accresce la plausibilità iniziale di H , cioè che le informazioni veicolate da E rafforzano la nostra fiducia nella verità di H – e, talvolta, la rafforzano molto. Un’inferenza di conferma può venire rappresentata dal seguente schema:

Premessa 1	E	
	\equiv	Quindi si accresce (molto) la plausibilità iniziale di
Conclusione	H	

NOZIONI “RELATIVIZZATE” DI CONFERMA E PLAUSIBILITÀ. Abbiamo sopra illustrato le inferenze plausibili e di conferma con riferimento al caso ideale, molto semplice, in cui un’ipotesi H viene valutata sulla sola base di un’evidenza empirica E . Tuttavia, nella vita quotidiana e nella ricerca scientifica casi di questo genere si presentano molto raramente – per non dire mai. Di solito, infatti, la valutazione di un’ipotesi H alla luce di un’evidenza E viene operata nel contesto di una determinata **conoscenza di sfondo**, condivisa da una certa comunità di vita o di ricerca, e non sempre esplicitamente verbalizzata. In molti casi, comunque, possiamo formulare esplicitamente almeno una parte rilevante di tale conoscenza di sfondo, mediante un’appropriata congiunzione di enunciati, che indicheremo con S^{20} . Possiamo ora rendere esplicito il riferimento della plausibilità e della conferma di un’ipotesi alla conoscenza di sfondo S , introducendo le seguenti nozioni “relativizzate” di conferma e plausibilità.

Diremo che l’ipotesi H va ritenuta (molto) plausibile sulla base di E , *relativamente a S* , nel caso in cui H risulta (molto) plausibile alla luce di $S \wedge E$. Un’**inferenza di plausibilità relativizzata** può venire rappresentata dal seguente schema:

Premessa 1	$S \wedge E$	
	\equiv	Quindi è (molto) plausibile che
Conclusione	H	

Inoltre, diremo che E conferma H , *relativamente a S* , nel caso in cui la plausibilità di H alla luce di $S \wedge E$ è (molto) maggiore della plausibilità di H valutata alla luce di S soltanto. Un’**inferenza di conferma relativizzata** può venire rappresentata dal seguente schema:

²⁰ La conoscenza di sfondo S può includere enunciati di diverso genere, vale a dire: (1) *enunciati di carattere teorico* che esprimono tutte le leggi e teorie accettate, almeno provvisoriamente, da una determinata comunità di ricerca; (2) *enunciati di carattere empirico* che descrivono le particolari condizioni in cui vengono effettuate determinate osservazioni sperimentali; infine, (3) *enunciati di carattere logico* che specificano le relazioni deduttive che intercorrono tra altri enunciati (teorici ed empirici) ritenuti rilevanti nell’ambito di una certa indagine. Per esempio, S potrebbe includere l’enunciato di carattere logico “ $(T \wedge E_1)$ implica logicamente E_2 ” ove T è un enunciato teorico e E_1 ed E_2 sono enunciati empirici.

Premessa 1	S	
Premessa 2	E	
	\equiv	Quindi si accresce (molto) la plausibilità iniziale di
Conclusione	H	

Nelle indagini scientifiche accade piuttosto spesso che i ricercatori siano d'accordo sul fatto che E conferma H relativamente a S , ma che non condividano lo stesso giudizio sulla plausibilità di H alla luce di $S \wedge E$. Per questa ragione nel seguito concentreremo la nostra attenzione sulle inferenze di conferma, sulle quali si registra spesso un ampio consenso tra i ricercatori.

13.2. Abduzione e metodo ipotetico-deduttivo

SUCCESSO EMPIRICO, ESPLICATIVO E PREDITTIVO. Secondo un'opinione largamente condivisa un'ipotesi viene confermata dai suoi **successi empirici**, cioè dalla sua capacità di spiegare o prevedere determinati eventi osservativi o sperimentali. Più precisamente, si ritiene che un'ipotesi H venga confermata dalle seguenti *due specie di successo empirico*:

- un **successo esplicativo**, costituito dalla scoperta che H è in grado di spiegare un evento noto, ma sorprendente, che non può essere spiegato sulla sola base della conoscenza di sfondo S ;
- un **successo predittivo**, costituito dalla scoperta del verificarsi di un determinato evento, previsto sulla base di H , che risultava imprevedibile alla sola luce di S .

La cosiddetta abduzione ha a che fare con la prima specie di inferenza di conferma, mentre il metodo ipotetico-deduttivo riguarda la seconda. Illustreremo ora in termini generali queste due forme di inferenze di conferma e ci occuperemo poi della loro applicazione nelle scienze mediche.

INFERENZA ABDUTTIVA E CONFERMA ABDUTTIVA. I concetti, sostanzialmente equivalenti, di *abduzione*, *ragionamento abduttivo* e *inferenza abduttiva* furono introdotti dal filosofo statunitense Charles Sanders Peirce (1839-1914) al quale si devono anche le prime ricerche sistematiche sul ruolo dell'abduzione nell'indagine scientifica. L'idea intuitiva alla base della nozione di **inferenza abduttiva** può venire così espressa. Immaginiamo di trovarci di fronte a un *evento sorprendente* (descritto dall'enunciato) E , cioè a un evento E del quale la nostra conoscenza di sfondo S non offre alcuna spiegazione. Una mossa piuttosto naturale è quella di cercarne una spiegazione. Nei casi coronati da successo, si può giungere alla scoperta che, in presenza di S , una determinata ipotesi H è in grado di fornire una spiegazione deduttiva di E , nel senso che $S \wedge H$ implica (logicamente) E . Molti studiosi sono convinti che la scoperta delle potenzialità esplicative di un'ipotesi H rispetto a qualche sorprendente evento E accresca la plausibilità di H , cioè confermi H .

CONFERMA ABDUTTIVA E INFERENZA A UNA BUONA SPIEGAZIONE. Chi condivide questo punto di vista sarà pronto ad adottare il seguente schema di inferenza abduttiva:

Premessa 1A	S	
Premessa 1B	E	
Premessa 1C	S non spiega in alcun modo E	
Premessa 2	$S \wedge H$ implica E	
<hr/> <hr/>		
Conclusione	H	Quindi si accresce plausibilità iniziale di

Come si vede, questo schema rappresenta l'inferenza abduttiva come una particolare forma di inferenza di conferma relativizzata, alla quale potremmo riferirci come **conferma abduttiva**. Infatti l'enunciato di carattere logico " $S \wedge H$ implica E " (Premessa 2), conferma l'ipotesi H relativamente alle "informazioni iniziali" costituite dalla conoscenza di sfondo S (Premessa 1A), dal sorprendente evento E (Premessa 1B) e dall'impossibilità di spiegare E sulla sola base di S (Premessa 1C). Occorre notare che l'informazione confermate formulata nella Premessa 2 *non* rappresenta una nuova scoperta empirica, ma esprime la scoperta di determinate *relazioni logiche* intercorrenti fra S , H ed E ²¹.

Poiché la conclusione di un'inferenza abduttiva è costituita da un'ipotesi esplicativa che fornisce una buona spiegazione di qualche fatto sorprendente, le inferenze abduttive vengono anche chiamate **inferenze a una buona spiegazione**.

ABDUZIONE E STORIA DELLA SCIENZA. Nella storia della scienza, il ragionamento abduttivo è stato ampiamente utilizzato, anche molto prima dell'introduzione del termine "abduzione". Infatti, spesso gli scienziati argomentano a favore di un'ipotesi sulla base del suo successo esplicativo, cioè della sua capacità di rendere conto di fenomeni già noti, ma altrimenti privi di spiegazione. Per esempio, due fra i maggiori successi della meccanica newtoniana furono di carattere esplicativo: consistevano, infatti, nella capacità di fornire una spiegazione deduttiva del moto dei pianeti (approssimativamente conforme alle leggi precedentemente formulate da Keplero) e del moto dei gravi (approssimativamente conforme alla legge galileiana).

METODO IPOTETICO-DEDUTTIVO. Come si ricorderà (vedi Capitolo 3.2), il metodo ipotetico-deduttivo si basa sull'idea intuitiva che possiamo valutare l'attendibilità di un'ipotesi deducendone alcune previsioni di carattere osservativo o sperimentale, e controllando poi se si realizzano oppure no. Se una determinata previsione dedotta dall'ipotesi si realizza, allora l'ipotesi verrà confermata; in caso contrario verrà falsificata. Sulla scorta della nozione di conferma relativizzata, sopra introdotta, possiamo ora fornire un'illustrazione più dettagliata del metodo ipotetico-deduttivo.

Supponiamo che la nostra conoscenza di sfondo S non consenta di prevedere un determinato evento E ma che, in presenza di S , l'ipotesi H sia in grado di fornire una **previsione deduttiva** di E , nel senso che S

²¹ Si noti che, mentre in molti casi l'ipotesi esplicativa H viene concepita proprio nel tentativo di spiegare un sorprendente fatto E , in altri casi la scoperta di una nuova spiegazione riguarda una "vecchia" ipotesi, cioè un'ipotesi formulata in precedenza. In altre parole, la scoperta della circostanza che un'ipotesi H spiega un sorprendente fatto E non presuppone necessariamente la scoperta di H .

$\wedge H$ implica E . In molti casi siamo in grado di controllare tale previsione, cioè di realizzare un'osservazione o esperimento che può avere uno dei seguenti esiti:

- E non si realizza o, equivalentemente, si verifica $\text{Non } E$;
- E si realizza.

Il metodo ipotetico-deduttivo include due tipi di inferenze corrispondenti a questi due possibili esiti del controllo di E .

FALSIFICAZIONE IPOTETICO-DEDUTTIVA. Nel caso in cui i controlli attestano che E non si verifica, cioè nel caso in cui si osserva $\text{Non } E$, possiamo operare un'inferenza deduttiva, che chiameremo **falsificazione ipotetico-deduttiva**, rappresentata dal seguente schema:

<i>Premessa 1A</i>	S	
<i>Premessa 1B</i>	S non implica E	
<i>Premessa 1C</i>	$S \wedge H$ implica E	
<i>Premessa 2</i>	$\text{Non } E$	
	—————	<i>Quindi</i>
<i>Conclusione</i>	$\text{Non } H$	

Si può facilmente dimostrare che l'inferenza qui rappresentata ha carattere deduttivo, cioè che dalla verità delle premesse consegue necessariamente la verità della conclusione, la quale asserisce che H è falsa²².

CONFERMA IPOTETICO-DEDUTTIVA. L'ampia schiera dei sostenitori del metodo ipotetico-deduttivo è accomunata dalla convinzione che un successo predittivo di un'ipotesi H – cioè il fatto che H consente la previsione deduttiva di un evento E che non può essere previsto sulla sola base della conoscenza di sfondo S –, confermi H . Ciò significa che, nel caso in cui l'osservazione attesta che E si verifica, possiamo operare la seguente forma di conferma relativizzata, che chiameremo **conferma ipotetico-deduttiva**:

<i>Premessa 1A</i>	S	
<i>Premessa 1B</i>	S non implica E	
<i>Premessa 1C</i>	$S \wedge H$ implica E	
<i>Premessa 2</i>	E	
	=====	<i>Quindi si accresce la plausibilità iniziale di</i>
<i>Conclusione</i>	H	

²² Infatti, applicando il *modus tollendo tollens* (vedi Capitolo 3.2) alle Premesse 1C e 2 concludiamo che $\text{Non } (S \wedge H)$, cioè che la congiunzione $S \wedge H$ è falsa. Dalla falsità di $S \wedge H$ e dalla verità di S (afferzata nella Premessa 1A) concludiamo che H è falsa, cioè che $\text{Non } H$.

PRINCIPIO DELLA PREVISIONE SOPRENDENTE. Nelle analisi filosofiche e nella pratica della scienza è ampiamente diffusa la convinzione che lo schema di conferma ipotetico-deduttiva debba essere integrato con un principio comparativo, formulato nei termini della seguente nozione di **previsione sorprendente**: una previsione E è tanto più sorprendente, in relazione alla conoscenza di sfondo S , quanto meno essa appare plausibile sulla base di S .

Il principio comparativo sopra menzionato – che potremmo chiamare **principio della previsione sorprendente** –, può venire così formulato: la conferma che il verificarsi della previsione E fornisce ad H è tanto più forte quanto più E è sorprendente, in relazione a S . Chi accetta questo principio sarà pronto ad adottare la seguente versione dello schema conferma ipotetico-deduttiva:

<i>Premessa 1A</i>	S	
<i>Premessa 1B</i>	E è sorprendente in relazione a S	
<i>Premessa 1C</i>	$S \wedge H$ implica E	
<i>Premessa 2</i>	E	
<i>Conclusione</i>	H	<i>Quindi si accresce molto la plausibilità iniziale di</i>

Come si può vedere, questo schema si differenzia dal precedente in due punti: (1) la Premessa 1B non si limita ad affermare che S non implica E , ma aggiunge che E è sorprendente in relazione a S ; (2) l'espressione "si accresce", a fianco della doppia linea orizzontale, viene sostituita da "si accresce molto".

CONFERMA IPOTETICO-DEDUTTIVA E STORIA DELLA SCIENZA. Nella storia della scienza la conferma ipotetico-deduttiva delle ipotesi e il connesso principio dell'evidenza sorprendente sono stati ampiamente applicati. Infatti, spesso gli scienziati argomentano a favore di un'ipotesi sulla base del suo *successo predittivo*, cioè della sua capacità di fare previsioni sorprendenti che si sono poi realizzate. Per esempio, un grande successo della meccanica newtoniana fu costituito dalla sua capacità di prevedere con notevole precisione il ritorno della cometa di Halley (vedi Capitolo 4.3). Allo stesso modo, un grande successo della teoria einsteiniana della relatività fu rappresentato dalla sua capacità di prevedere l'esatta deviazione della luce che passava vicina al Sole durante l'eclisse del 1919

RELAZIONI TRA CONFERMA ABDUTTIVA E CONFERMA IPOTETICO-DEDUTTIVA. La maggior parte degli studiosi concordano sul fatto che conferma abduttiva e conferma ipotetico-deduttiva sono entrambe forme genuine di conferma. Tuttavia permangono molte controversie circa le relazioni tra queste due forme di conferma: infatti, alcuni ritengono che la conferma abduttiva ottenuta da un'ipotesi in base alla spiegazione di un evento sorprendente, ma già noto, sia meno forte di quella ottenuta mediante la previsione riuscita di un evento ugualmente sorprendente, mentre altri ritengono che le due specie di conferma siano ugualmente forti. Qui viene prudentemente accettato il primo punto di vista, come si vede dal fatto che, nello schema di conferma abduttiva, l'espressione a fianco della doppia linea orizzontale non comprende l'espressione "si accresce molto", ma solo "si accresce".

INFERENZE ABDUTTIVE NELLE SCIENZE MEDICHE. Alcuni famosi esempi di applicazione dell'abduzione e del metodo ipotetico-deduttivo vengono offerti dalle scienze mediche. In primo luogo, illustriamo un esempio di inferenza abduttiva tratto dagli albori della medicina scientifica.

Esempio 1. L'ipotesi della contaminazione nell'eziologia della febbre puerperale (prima parte). Il medico ungherese Ignaz Semmelweis (1818-1865) condusse le sue ricerche sull'eziologia della febbre puerperale tra il 1844 e il 1848, mentre lavorava al primo reparto di maternità dell'Ospedale Generale di Vienna. Il punto di partenza delle sue indagini era costituito dalla sorprendente osservazione (E) che un'alta percentuale delle donne che partorivano nel suo reparto contraevano una malattia grave e spesso fatale, nota appunto come febbre puerperale, e che tale percentuale era ampiamente maggiore di quella riscontrata nel secondo reparto di maternità dello stesso ospedale. Semmelweis considerò diverse ipotesi sull'origine della febbre puerperale, fra le quali almeno tre sembravano in grado di fornire una possibile spiegazione dello strano fenomeno E , vale a dire:

- *L'ipotesi iatrogena H_1* che suggeriva di spiegare E come una conseguenza di visite maldestre condotte dagli studenti di medicina, alla luce della circostanza che questi ultimi esercitavano il loro tirocinio esclusivamente nel primo reparto.
- *L'ipotesi psicosomatica H_2* secondo la quale le pazienti del primo reparto erano maggiormente vulnerabili alla malattia per il fatto che nel primo reparto, a differenza del secondo, il prete che somministrava l'estrema unzione, preceduto da un inserviente che suonava una campanella, doveva attraversare le corsie per raggiungere la morente, terrificando così le pazienti al punto da debilitarle.
- *L'ipotesi della contaminazione H_3* secondo la quale a provocare la morte delle partorienti era la contaminazione da particelle di materia cadaverica trasportate da professori, assistenti e studenti che – nella prima clinica soltanto –, passavano direttamente dalla dissezione di cadaveri all'esame fisico delle pazienti²³.

Poiché ciascuna delle ipotesi H_1 - H_3 forniva una spiegazione del fenomeno E , tutte e tre risultavano confermate – sulla base di inferenze abduttive –, da questo specifico, e comune, successo esplicativo. Tuttavia, nel 1847, Semmelweis venne a conoscenza del tragico evento (E^*) della morte di un suo collega, il professor Kolletschka, il quale si era ferito accidentalmente nel corso di un'autopsia e poco dopo era deceduto, manifestando sintomi molto simili a quelli della febbre puerperale. L'ipotesi H_3 offriva una spiegazione anche di E^* , mentre H_1 e H_2 non erano ovviamente in grado di farlo. In considerazione di questo e altri successi esplicativi di H_3 , non condivisi da H_1 e H_2 , Semmelweis concentrò sempre più la sua attenzione sull'ipotesi della contaminazione. Come vedremo più avanti, inoltre, le inferenze abduttive appena descritte furono accompagnate e seguite da diversi controlli empirici appositamente escogitati, che condussero infine Semmelweis alla risoluzione del suo problema proprio in favore dell'ipotesi H_3 (si veda l'Esempio 2)²⁴.

²³ Si osservi che H_3 postulava una circostanza all'epoca tutt'altro che pacifica, vale a dire che la pratica comunemente adottata – e seguita anche nella prima clinica –, di lavarsi le mani con acqua e sapone fosse insufficiente a rimuovere completamente le particelle cadaveriche.

²⁴ La scoperta di Semmelweis è uno degli episodi più noti e romanzeschi della storia della ricerca medica. Per un verso, il pionieristico lavoro di Semmelweis è stato considerato un luminoso esempio dell'inventiva e dell'audacia di un ricercatore osteggiato dal suo ambiente. Per altro verso, le indagini di Semmelweis sono state viste come un caso paradigmatico di scrupolosa applicazione del metodo scientifico nella ricerca medica.

IL METODO IPOTETICO-DEDUTTIVO NELLE SCIENZE MEDICHE. Il metodo ipotetico-deduttivo è stato ampiamente usato anche nelle scienze mediche fin dai loro esordi, almeno a partire dalle ricerche di William Harvey (1578-1657) sul movimento del cuore e la circolazione del sangue negli animali. Considereremo ora un esempio dell'applicazione di questo metodo che sviluppa la precedente esposizione delle ricerche di Semmelweis.

Esempio 2. L'ipotesi della contaminazione nell'eziologia della febbre puerperale (seconda parte). Avendo concentrato la sua attenzione sulle ipotesi H_1 - H_3 , Semmelweis le sottopose a svariati controlli sperimentali che condussero alla falsificazione di H_1 e H_2 e alla conferma dell'ipotesi della contaminazione H_3 . Consideriamo, per esempio, la *falsificazione dell'ipotesi psicosomatica H_2* . Semmelweis si chiese se vi fossero effetti osservabili deducibili da H_2 che si potessero mettere alla prova dell'osservazione. Supponendo che l'arrivo del sacerdote non venisse rilevato dalle pazienti, l'ipotesi H_2 avrebbe fornito una ben precisa predizione (E): una pronta e significativa diminuzione della mortalità da febbre puerperale nella prima clinica, in cui Semmelweis operava, a livelli simili a quelli della seconda. Egli decise quindi di persuadere il sacerdote a raggiungere le pazienti morenti silenziosamente e senza farsi notare. Poiché ciononostante non si registrò alcuna diminuzione della mortalità (Non E), l'ipotesi psicosomatica H_2 risultò falsificata.

Successivamente, Semmelweis sottopose a controllo empirico anche l'ipotesi della contaminazione H_3 . Anche in questo caso, si chiese quali predizioni osservabili conseguissero dall'ipotesi. Pensò così che, se la contaminazione da particelle cadaveriche fosse stata all'origine della febbre puerperale (H_3) allora, in presenza di opportune misure antisettiche in grado di eliminare chimicamente il materiale infettivo dalle mani di medici e studenti, l'incidenza della malattia nel primo reparto sarebbe dovuta scendere ai livelli del secondo (E). Emise perciò una direttiva che, a partire dal maggio del 1847, faceva obbligo di lavarsi le mani con una soluzione di ipoclorito di calcio prima di procedere alla visita delle pazienti. La mortalità per febbre puerperale nel suo reparto cominciò ben presto a diminuire, e per il 1848 calò fino all'1,27%, a fronte dell'1,33% nel secondo reparto. In tal modo, *l'ipotesi della contaminazione risultava confermata dall'esito dell'esperimento*, cioè dalla verifica di E . Tale conferma appariva inoltre molto forte, per il fatto che l'effetto osservato a seguito del lavaggio delle mani sarebbe apparso altamente sorprendente alla luce della sola conoscenza di sfondo.

13.3. L'induzione eliminativa

Le ipotesi formulate nella ricerca scientifica spesso riguardano relazioni *causali*. Un'ipotesi di questo genere, vale a dire un'*ipotesi causale*, asserisce che eventi di un determinato tipo causano eventi di un altro tipo o, in altri termini, che una determinata *condizione* o *circostanza* è causa di un certo *fenomeno*. Come ogni altro genere di ipotesi, le ipotesi causali possono figurare come conclusioni di inferenze induttive. L'induzione di ipotesi causali può essere utilmente guidata da *metodi di induzione eliminativa*, così chiamati perché mirano all'eliminazione di tutte le ipotesi causali considerate all'inizio di un'indagine ad eccezione di una, che viene così inferita induttivamente in base alle informazioni disponibili. Questi metodi sono generalmente noti come **metodi di Mill**: infatti, dopo essere stati introdotti dal filosofo

inglese Francis Bacon (1561-1626) – ancora oggi comunemente italianizzato in Francesco Bacone –, i metodi di induzione eliminativa sono stati sviluppati da John F.W. Herschel (1792-1871) e, soprattutto, da John Stuart Mill (1806-1873), anch’essi inglesi. Come vedremo a breve, i metodi di Mill forniscono una buona rappresentazione di certe forme di ragionamento induttivo spontaneamente adottate da coloro che – nella vita quotidiana e nella scienza –, si propongono di valutare ipotesi che specificano i rapporti causali fra determinati aspetti, proprietà o fattori qualitativi.

Nel seguito di questo paragrafo illustreremo la natura delle ipotesi causali, forniremo alcuni ragguagli sull’origine dell’induzione eliminativa nell’opera di Francesco Bacone e introdurremo i metodi milliani della concordanza e della differenza. Infine, considereremo due esempi dell’applicazione di tali metodi nella valutazione delle ipotesi mediche.

IPOTESI CAUSALI, IPOTESI DI CONDIZIONE SUFFICIENTE E IPOTESI DI CONDIZIONE NECESSARIA. Come si è detto, ipotesi causali della forma $H \equiv$ “La condizione C è causa del fenomeno F ” sono comuni nelle scienze empiriche, ma il loro significato non è affatto privo di ambiguità. Vi sono infatti almeno due modi diversi in cui H può essere interpretata.

- H viene spesso ritenuta equivalente all’affermazione $H_N \equiv$ “ C è **condizione necessaria** per il verificarsi di F ”, cioè all’asserzione che, in assenza di C , F non può accadere. Per esempio, affermando che il bacillo di Koch – cioè il *Mycobacterium tuberculosis* –, causa la tubercolosi si intende che la tubercolosi non può insorgere senza il bacillo.
- D’altra parte, H può anche essere intesa come l’affermazione $H_S \equiv$ “ C è **condizione sufficiente** del verificarsi di F ”, cioè come l’asserzione che, in presenza di C , F non può non accadere. Per esempio, si può dire che la decapitazione è causa sufficiente della morte.

La conoscenza delle cause delle malattie – che nei manuali di medicina sono solitamente discusse sotto i titoli di “eziologia”, “patogenesi” e simili –, costituisce un essenziale contributo delle scienze mediche alla pratica clinica. Tale conoscenza guida infatti i medici nel loro approccio a fondamentali compiti clinici quali la prevenzione, la diagnosi e il trattamento. Le notevoli implicazioni cliniche della conoscenza delle cause delle malattie stanno alla base del forte interesse per le ipotesi causali che è da sempre un tratto distintivo delle scienze mediche. Si pensi, per esempio, alla scoperta che C è condizione necessaria della malattia F , cioè alla scoperta che F non può presentarsi in assenza di C . Tale scoperta dà fondamento, tra l’altro, alla ricerca terapeutica: infatti, l’eliminazione della malattia F sarebbe garantita dall’identificazione di interventi opportuni in grado di rimuovere la sua condizione necessaria C . Molti successi nel contrasto delle malattie infettive si sono basati precisamente su ricerche di questo genere: si è dapprima scoperto che un certo tipo di germe era condizione necessaria di una malattia, per poi individuare sostanze o strumenti in grado di debellare quel germe così da evitare anche l’insorgenza della malattia.

IPOTESI DI REGOLARITÀ. A partire dalle riflessioni di David Hume, i filosofi si sono cimentati in aspre discussioni sul modo migliore di interpretare le ipotesi causali. Senza entrare in questa disputa, concentreremo la nostra attenzione sulle due specie di ipotesi causali sopra illustrate, vale a dire le *ipotesi di condizione sufficiente* e le *ipotesi di condizione necessaria*. In particolare, adotteremo i seguenti **presupposti di regolarità**, largamente accettati dalla maggior parte degli studiosi:

- (R.1) Un'ipotesi di condizione necessaria, del tipo $H_N \equiv "C \text{ è condizione necessaria di } F"$, implica la corrispondente ipotesi di regolarità $RH_N \equiv "In \text{ tutti i casi in cui non si presenta } C \text{ non si presenta neppure } F"$.
- (R.2) Un'ipotesi di condizione sufficiente, del tipo $H_S \equiv "C \text{ è condizione sufficiente di } F"$, implica la corrispondente ipotesi di regolarità $RH_S \equiv "In \text{ tutti i casi in cui si presenta } C \text{ si presenta anche } F"$.

Si noti che i presupposti (R.1) e (R.2) *non* affermano che le ipotesi causali equivalgono alle corrispondenti **ipotesi di regolarità** – come potrebbe suggerire un seguace di Hume –, ma si limitano all'asserzione, meno forte e impegnativa, che un'ipotesi causale implica la corrispondente ipotesi di regolarità²⁵.

FALSIFICAZIONE DELLE IPOTESI CAUSALI . A dispetto della loro relativa debolezza, (R.1) e (R.2) rendono possibile la falsificazione delle ipotesi causali H_N e H_S . Infatti, le ipotesi di regolarità RH_N e RH_S sono ipotesi universali che possono venire falsificate dall'osservazione di controesempi. Per esempio, l'ipotesi di regolarità RH_S può essere falsificata dall'osservazione di un qualsiasi evento caratterizzato dalla presenza di C e dall'assenza di F . A sua volta, la falsificazione di RH_S conduce alla falsificazione dell'ipotesi causale H_S . Infatti, le premesse " H_S implica RH_S " (vedi R.2) e Non RH_S (ottenuta mediante la falsificazione di RH_S) implicano logicamente Non RH_S – in accordo con il *modus tollendo tollens* (vedi Capitolo 4). Ciò significa che qualunque controesempio di RH_S falsifica anche l'ipotesi causale H_S .

Come vedremo tra breve, questa semplice considerazione apre la strada all'applicazione dei metodi di Mill nella valutazione di ipotesi causali. Per questo motivo, e per semplicità di esposizione, parleremo d'ora in poi liberamente di ipotesi causali anche con riferimento alle corrispondenti ipotesi di regolarità.

L'ORIGINE DELL'INDUZIONE ELIMINATIVA NELL'OPERA DI FRANCESCO BACONE. Il *Novum Organum* (1620) di Francesco Bacone (1561-1626) può venire considerato come il primo trattato di logica induttiva mai scritto. In quest'opera Bacone, oltre a mettere in rilievo la funzione del ragionamento induttivo nella crescita della conoscenza scientifica, analizza i metodi da utilizzare nelle induzioni circa le cause dei fenomeni. Supponiamo, ad esempio, di voler determinare la causa del calore. A tale scopo Bacone suggerisce di classificare i dati osservativi in tre diverse tavole.

Nella prima tavola, detta *tavola di presenza (tabula presentiae)*, si dovranno registrare tutti i casi di oggetti, eventi e situazioni nei quali il calore si presenta. In questa tavola troveremo, per esempio, i raggi solari, i fulmini, le fiamme, gli animali, la calce viva cosparsa d'acqua, i vegetali in corso di fermentazione, i bagni caldi naturali, e così via.

²⁵ A tale riguardo occorre notare che ai nostri giorni molti studiosi ritengono che un'ipotesi causale sia di gran lunga più forte della corrispondente ipotesi di regolarità. Secondo i sostenitori di questo punto di vista, una genuina ipotesi causale non può limitarsi ad affermare che un determinato fenomeno F si presenta tutte le volte che si presenta la condizione C , ma deve anche dire qualcosa sul "meccanismo" o "processo" attraverso il quale C determina il verificarsi di F .

Nella seconda tavola, detta *tavola dell'assenza* (*tabula declinationis, sive absentiae in proximo*), andranno registrati tutti quei casi di oggetti e fenomeni 'prossimi', o 'affini', a quelli inclusi nella prima tavola dove però il calore risulta assente. La tavola dell'assenza include i raggi lunari (che, pur essendo luminosi come quelli solari, non sono caldi), la cenere mescolata con l'acqua, i fuochi fatui, e così via.

Infine nella terza tavola, detta *tavola dei gradi* (*tabula graduum*), si registreranno tutti quei fenomeni nei quali il calore si presenta con diversi gradi di intensità. In quest'ultima tavola includeremo le variazioni quotidiane della temperatura, i pezzi di ferro che si surriscaldano quando vengono percossi con un martello, diversi tipi di fiamme, lo sterco (che può essere più o meno caldo), e così via.

A questo punto può cominciare una complessa procedura di interpretazione dei dati disponibili che è stata denominata *induzione per eliminazione*, poiché essa mira all'eliminazione, o esclusione, di tutte le ipotesi circa il calore ad eccezione, beninteso, di quella vera. Più precisamente, l'esame delle tre tavole ci porta a escludere, tra le possibili cause del calore, tutte quelle qualità che non sono presenti in alcuni casi nei quali è presente il calore, tutte quelle che sono presenti in alcuni casi nei quali il calore è assente e, infine, tutte quelle il cui grado resta invariato – o si accresce – quando l'intensità del calore diminuisce. Così, per esempio, possiamo escludere che la luce sia la causa del calore, poiché essa è presente anche nei raggi lunari che sono freddi. In tal modo, attraverso la ripetuta eliminazione di ipotesi, si arriva a quella che Bacon chiama *prima vendemmia*, cioè a una prima provvisoria ipotesi circa la causa del calore.

Tuttavia questa prima ipotesi, per poter essere definitivamente accettata, dovrà venire sottoposta ad un complesso insieme di controlli. Tra questi una particolare importanza va attribuita alle cosiddette *instantiae crucis*, così chiamate a ricordare le croci posti ai bivi delle strade, davanti alle quali ci troviamo nella condizione di dover decidere quale strada imboccare e quale abbandonare. Le *instantiae crucis* corrispondono a quelli che oggi vengono chiamati **esperimenti cruciali**, cioè a quegli esperimenti dal cui risultato dipende l'accettazione o, viceversa, il rifiuto di una certa ipotesi compatibile con i dati fino a quel momento disponibili.

IL METODO DELLA CONCORDANZA DI MILL. Come si è accennato all'inizio di questo paragrafo, i metodi baconiani di induzione eliminativa vennero poi sviluppati da Herschel e da Mill. Nel suo *Sistema di logica deduttiva e induttiva* (1843), Mill delinea cinque metodi induttivi. Qui ci occuperemo solo dei primi due, noti come metodo della concordanza e della differenza, che si applicano, rispettivamente, alle condizioni necessarie e alle condizioni sufficienti di un determinato fenomeno. Come vedremo, ciascuno dei due metodi consente di selezionare – come conclusione di un'appropriata inferenza induttiva –, una specifica ipotesi causale fra tutte quelle inizialmente considerate.

Supponiamo di ritenere piuttosto plausibile, sulla base della nostra conoscenza di sfondo S , che la condizione necessaria del fenomeno F sia una fra le condizioni C_1, \dots, C_5 . Possiamo denotare tale ipotesi come la disgiunzione $D \equiv "H_{N1} \vee \dots \vee H_{N5}"$ ²⁶, dove H_{Ni} è l'ipotesi che C_i è condizione necessaria di F . Il metodo della concordanza viene impiegato per eliminare dalla lista C_1, \dots, C_5 delle possibilità ammesse da D almeno alcune tra le condizioni non necessarie di F – cioè per falsificare almeno alcuni fra i disgiunti H_{N1}, \dots, H_{N5} di D . Eliminare una condizione C_i dal novero delle possibili condizioni necessarie di F significa mostrare che in qualche caso F si presenta anche in assenza di C_i . Di conseguenza, il metodo della concordanza richiede di esaminare casi in cui si presenta F e di controllare, per ciascuna condizione C_i , se

²⁶ " \vee " è il simbolo logico della disgiunzione e va letto come "oppure".

essa è presente oppure no. Possiamo illustrare l'applicazione del metodo della concordanza considerando l'esempio rappresentato nella *Tavola 1*, dove l'evidenza empirica E acquisita dai ricercatori consiste nell'osservazione di tre casi in cui viene registrata, per ciascun caso, la presenza (+) o assenza (-) delle condizioni C_1, \dots, C_5 .

Tavola 1

		<i>Possibili condizioni necessarie</i>					<i>Fenomeno</i>
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	F
	1	+	+	+	-	-	+
<i>Casi</i>	2	+	+	-	-	+	+
	3	+	-	-	+	+	+

Vediamo che le condizioni C_2, \dots, C_5 si presentano in alcuni casi, ma non in tutti: ciò significa che nessuna di esse è condizione necessaria di F . Possiamo quindi concludere deduttivamente, sulla base dell'evidenza E , che le corrispondenti ipotesi causali H_{N2}, \dots, H_{N5} sono false. L'unica condizione che non viene eliminata da E è C_1 , poiché essa si presenta in tutti e tre i casi considerati. La circostanza per cui tali casi concordano nella presenza di una sola specifica condizione, eliminando in tal modo tutte le altre, è ciò che suggerisce di denominare il primo metodo milliano come "metodo della concordanza".

METODO DELLA CONCORDANZA E CONFERMA DELLE IPOTESI DI CONDIZIONE NECESSARIA. Si noti che, anche se E esclude tutte le ipotesi considerate in D tranne la sola H_{N1} , non è possibile concludere che E verifica H_{N1} , nel senso di implicarla logicamente. Infatti, resta logicamente possibile che H_{N1} sia falsa anche se E è vera, dal momento che i tre casi descritti da E non ci permettono in alcun modo di escludere che prima o poi ci imatteremo in un ulteriore caso in cui la concordanza viene meno, cioè in un caso in cui F è presente, ma C_1 è assente. Se ciò accadesse, significherebbe evidentemente che le vere condizioni necessarie di F non erano incluse nella lista contemplata dall'ipotesi iniziale D , per quanto essa potesse apparire inizialmente plausibile. Ciò significa che non è possibile *dedurre* H_{N1} dall'evidenza empirica E , e quindi che – diversamente da quanto talora suggerito in alcune esposizioni divulgative dei metodi di Mill –, il metodo della concordanza *non* consente di raggiungere, sulla base dell'evidenza empirica, la certezza che una determinata ipotesi causale è vera.

Si può, invece, ragionevolmente sostenere che il metodo della concordanza consente di operare la seguente inferenza di conferma relativizzata:

Premessa 1	S	
Premessa 2	E	
	=====	Quindi si accresce molto la plausibilità iniziale di ²⁷
Conclusione	H_{N1}	

Ciò significa che il metodo della concordanza ci permette di concludere che E conferma fortemente H_{N1} alla luce della conoscenza di sfondo S .

Inoltre, nel caso in cui D è (molto) plausibile alla luce di $S \wedge E$, possiamo operare anche questa inferenza di plausibilità relativizzata:

Premessa 1	$S \wedge E$	
	=====	Quindi è (molto) plausibile che ²⁸
Conclusione	H_{N1}	

IL METODO DELLA DIFFERENZA DI MILL. Supponiamo di ritenere piuttosto plausibile, sulla base della nostra conoscenza di sfondo S , che la condizione sufficiente del fenomeno F sia una fra le condizioni C_1, \dots, C_5 . Possiamo denotare tale ipotesi come la disgiunzione $D \equiv "H_{S1} \vee \dots \vee H_{S5}"$, dove H_{Si} è l'ipotesi che C_i è condizione sufficiente di F . Il metodo della differenza viene impiegato per eliminare dalla lista C_1, \dots, C_5 delle possibilità ammesse da D almeno alcune tra le condizioni non sufficienti di F – cioè per falsificare almeno alcuni fra i disgiunti H_{S1}, \dots, H_{S5} di D . Eliminare una condizione C_i dal novero delle possibili condizioni sufficienti di F significa mostrare che in qualche caso, pur in presenza di C_i , il fenomeno F non si

²⁷ Si noti, infatti, che E non falsifica l'ipotesi $D \equiv "H_{N1} \vee \dots \vee H_{N5}"$ e non fornisce neppure ragioni per ritenerla meno plausibile. Ciò significa che la plausibilità di D alla luce $S \wedge E$ è identica alla plausibilità di D alla luce di S . Tuttavia, mentre prima dell'acquisizione di E la plausibilità di D viene, per così dire, ripartita tra tutti i suoi disgiunti e, quindi, supera di gran lunga la plausibilità di ciascuno di essi, dopo l'acquisizione di E , e la conseguente falsificazione dei disgiunti $H_{N2}-H_{N5}$, tale plausibilità si concentra sul solo disgiunto sfuggito alla falsificazione, cioè su H_{N1} . Ciò significa che la plausibilità di H_{N1} alla luce di $S \wedge E$ è pari alla plausibilità di D alla luce di $S \wedge E$. Dato che, come si è detto, la plausibilità di D alla luce di $S \wedge E$ è identica alla plausibilità iniziale di D alla luce di S e che quest'ultima supera di gran lunga la plausibilità iniziale di H_{N1} e degli altri disgiunti, dobbiamo concludere che la plausibilità di H_{N1} alla luce $S \wedge E$ supera di gran lunga la plausibilità iniziale di H_{N1} alla luce di S . In altre parole, dobbiamo concludere che E accresce notevolmente la plausibilità di H_{N1} , cioè che E conferma fortemente H_{N1} , relativamente a S .

²⁸ Infatti, come si è visto nella nota precedente, la plausibilità di H_{N1} alla luce di $S \wedge E$ è identica alla plausibilità iniziale di D alla luce di S . Ne segue che H_{N1} è (molto) plausibile alla luce di $S \wedge E$ se e solo se D è (molto) plausibile alla luce di S .

presenta. Di conseguenza, il metodo della differenza richiede di esaminare casi in cui *non* si presenta *F* e di controllare, per ciascuna condizione C_i , se essa è presente oppure no. L'applicazione del metodo della differenza è illustrata dall'acquisizione dell'evidenza *E* relativa dall'osservazione dei tre casi rappresentati nella *Tavola 2*.

Tavola 2

		<i>Possibili condizioni sufficienti</i>					<i>Fenomeno</i>
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	F
	1	-	-	-	+	+	-
<i>Casi</i>	2	-	-	+	+	-	-
	3	-	+	+	-	-	-

Si può vedere che la *Tavola 2* è stata ottenuta dalla *Tavola 1* sostituendo, in ogni occorrenza, “+” con “-”, e viceversa. Avremmo, naturalmente, potuto considerare una tavola diversa. Il riferimento a due tavole speculari, tuttavia, sottolinea la somiglianza strutturale fra il metodo della concordanza e quello della differenza. Esso permette altresì di riprodurre immediatamente, *mutatis mutandis*, le osservazioni fatte a proposito della *Tavola 1*, con le seguenti conclusioni:

- (i) l'evidenza *E* rappresentata nella *Tavola 2* conduce alla *falsificazione* delle ipotesi H_{S2}, \dots, H_{S5} , cioè all'eliminazione di tutte le possibili condizioni sufficienti considerate dall'ipotesi disgiuntiva $D \equiv "H_{S1} \vee \dots \vee H_{S5}"$, tranne C_1 ;
- (ii) l'ipotesi causale H_{S1} – secondo la quale C_1 è condizione sufficiente di F –, è induttivamente *confermata* da *E*, relativamente alla conoscenza di sfondo *S*;
- (iii) infine, nel caso in cui *D* è (molto) plausibile alla luce di $S \wedge E$, possiamo concludere che H_{S1} è (molto) *plausibile* alla luce di $S \wedge E$.

Nell'esempio della *Tavola 2*, C_1 è assente in tutti e tre i casi considerati. Ciò significa che i tre casi concordano tra di loro per l'assenza di C_1 . Non risulta quindi per nulla evidente il significato dell'espressione “metodo della differenza”, coniata da Mill. Tale espressione è invece suggerita dal particolare tipo di esempi – rappresentato nella *Tavola 3* –, che Mill impiega per illustrare il suo metodo per la ricerca di cause sufficienti.

Tavola 3

		Possibili condizioni sufficienti					Fenomeno
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	F
Casi	1	+	+	+	+	+	+
	2	-	+	+	+	+	-

Vediamo qui che la sola *differenza* tra il caso in cui il fenomeno F si verifica (caso 1) e quello in cui non si verifica (caso 2) è costituita dalla presenza di C_1 nel primo e dalla sua assenza nel secondo. Con riferimento a esempi del tipo illustrato nella *Tavola 3*, Mill formula il metodo della differenza in questi termini:

se abbiamo osservato un caso in cui si verifica il fenomeno F e un altro in cui non si verifica, e se la sola differenza è la presenza di una determinata condizione C_i nel primo soltanto dei due casi considerati, allora possiamo indurre la corrispondente ipotesi causale H_i , secondo la quale C_i è condizione sufficiente di F .

Come si vede, Mill delinea il metodo della differenza con riferimento a un particolare genere di evidenza, caratterizzata dall'osservazione di due soli casi. Occorre comunque notare che tale formulazione è pienamente compatibile con quella da noi presentata in precedenza. L'osservazione del caso 2, infatti, conduce alla falsificazione delle ipotesi H_{S2}, \dots, H_{S5} ²⁹ e, di conseguenza, alla conferma di H_{S1} .

L'INDUZIONE ELIMINATIVA NELLE SCIENZE MEDICHE. Illustreremo ora due esempi che illustrano l'applicazione dei metodi milliani nella ricerca medica; in particolare, l'esempio 3 illustra l'applicazione del metodo della concordanza, mentre l'esempio 4 illustra l'applicazione del metodo della differenza.

Esempio 3. Le cause genetiche del morbo di Alzheimer. Dopo avere esaminato centinaia di famiglie colpite dal morbo di Alzheimer, un gruppo di ricerca dell'Università di Washington è riuscito a eliminare una dopo l'altra tutte le possibili cause genetiche del morbo inizialmente ipotizzate – in base alla considerazione che ciascuna di esse era assente in alcuni pazienti –, con l'eccezione di una, costituita dalla

²⁹ Si noti che il caso 1 risulta logicamente ridondante, nel senso che non conduce all'eliminazione di alcuna delle possibili condizioni sufficienti considerate nella Tavola 3. Tuttavia, la considerazione del caso 1 permette di sottolineare che l'ipotesi iniziale è, appunto, $D \equiv "H_{S1} \vee \dots \vee H_{S5}"$ e che tale ipotesi è compatibile con le osservazioni rappresentate nella Tavola 3.

presenza di una piccola zona con caratteristiche peculiari sul cromosoma 14. Risulta in tal modo confermato il ruolo causale di questa anomalia, presente solo negli ammalati, come condizione necessaria del morbo.

Esempio 4. Il metodo degli interventi simulati. Nelle scienze biomediche un procedimento tradizionalmente impiegato per comprendere le funzioni fisiologiche di un organo consiste nella sua rimozione chirurgica effettuata in animali da laboratorio e nell'attenta osservazione degli effetti che ne conseguono. La rimozione chirurgica, tuttavia, è normalmente accompagnata da alcune circostanze collaterali, quali la concomitante lesione o asportazione di altri organi durante l'intervento e lo stress post-operatorio. Di conseguenza, è difficile stabilire se gli effetti osservati dipendano dall'una o dall'altra fra le possibili condizioni sufficienti che si sono determinate con l'intervento, vale a dire dalla rimozione dell'organo in questione o da qualcuna delle circostanze concomitanti. Per far fronte a questo problema, lo scienziato francese Claude Bernard (1813-1878), uno dei fondatori della medicina moderna, propose il suo metodo degli *interventi simulati*. Per stabilire se la scomparsa o l'attenuazione di un certo processo fisiologico riscontrato in un animale dovesse essere attribuita alla rimozione di un determinato organo o a qualcuna delle altre circostanze collaterali associate all'intervento chirurgico, Bernard suggerì di prendere un animale del tutto simile sul quale effettuare un intervento diverso dal primo per la mancata rimozione dell'organo, ma identico ad esso per tutti gli altri aspetti rilevanti, quali modalità di incisione, durata, e così via. Indichiamo quindi con F la scomparsa o attenuazione di un certo processo fisiologico, con R la rimozione dell'organo e con C_1-C_3 le circostanze collaterali associate all'intervento chirurgico. Supponiamo poi che i risultati ottenuti nell'intervento di rimozione e in quello simulato siano compendati nella *Tavola 4*.

Tavola 4

	<i>Possibili condizioni sufficienti</i>				<i>Effetti fisiologici</i>
	R	C_1	C_2	C_3	F
1. Intervento di rimozione	+	+	+	+	+
<i>Casi</i>					
2. Intervento simulato	-	+	+	+	-

Secondo il metodo milliano della differenza, i dati della Tavola 4 conducono all'eliminazione di C_1-C_3 come possibili condizioni sufficienti di F , confermando in tal modo l'ipotesi causale che tale effetto vada attribuito a R , cioè alla rimozione dell'organo.

Paul Karl Feyerabend e la rivolta contro il metodo³⁰

Paul Karl Feyerabend (1924-1994), nato a Vienna, intraprende gli studi universitari alla fine della Seconda guerra mondiale, nel corso della quale aveva combattuto nelle file della Wehrmacht. Si dedica inizialmente alla storia e alla sociologia, poi alla fisica e infine alla filosofia, conseguendo nel 1951 il dottorato di ricerca sotto la guida di Victor Kraft, che era stato uno dei membri del Circolo di Vienna. Nel 1952-53 lavora presso la *London School of Economics* come assistente di Karl Popper. Nel 1959 si trasferisce in California, all'Università di Berkeley, dove trascorre gran parte di una carriera nel corso della quale, tuttavia, l'irrequietudine di cui racconta diffusamente nell'autobiografia postuma, *Ammazzando il tempo* (1994), lo spinge a cercare sempre nuovi incarichi in atenei di tutto il mondo.

Nella prima fase della sua riflessione, fra gli anni cinquanta e la prima metà degli anni sessanta, muove da posizioni vicine a quelle di Karl Popper per condurre una vigorosa polemica contro la cosiddetta **received view**, cioè la concezione riconducibile all'empirismo logico dei membri del Circolo di Vienna, che in quel momento domina la filosofia della scienza di lingua inglese. Diviene famoso grazie a *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza* (1975). In quest'opera, rivolgendosi con particolare virulenza contro l'antico maestro Popper, attacca l'idea – da lui stesso sostenuta in precedenza – che la metodologia sia una disciplina di carattere normativo e si propone di confutare il **monismo metodologico**, cioè la tesi secondo cui esisterebbe un insieme di norme immutabili e vincolanti che governano il lavoro degli scienziati, il cosiddetto “metodo scientifico”. Il suo provocatorio auspicio che la filosofia della scienza – disciplina che avanza l'infondata pretesa di enunciare regole di condotta per gli scienziati –, venga lasciata morire tagliandole i fondi contribuisce ad alienargli le simpatie di molti colleghi. A vent'anni dalla morte, l'interesse per il suo lavoro non accenna però a diminuire, alimentato dalla pubblicazione di inediti come l'incompiuto *Conquista dell'abbondanza* (1999).

Sebbene Feyerabend abbia dedicato la propria attenzione ai temi più disparati, la sua opera può essere intesa, nel complesso, come una pervicace **difesa del pluralismo**. Feyerabend propugna, innanzitutto, il **pluralismo teorico**, cioè la proliferazione di alternative alla teoria che, in un certo momento, viene accettata dalla comunità scientifica (paragrafo 1). La sua difesa del pluralismo teorico si svolge, inizialmente, nel quadro di una concezione normativa della metodologia vicina a quella proposta da Popper e Kraft (paragrafo 2); in seguito, però, Feyerabend si persuade, soprattutto alla luce dei suoi ampi studi di storia della scienza, che al pluralismo teorico debba affiancarsi il **pluralismo metodologico** (paragrafo 3). Il pluralismo, ripete instancabilmente Feyerabend, è un ingrediente essenziale di qualunque conoscenza che voglia proclamarsi oggettiva, e fin dagli anni sessanta elabora una concezione della **conoscenza come oceano in continua crescita di alternative tra loro incompatibili** che, come vedremo, è tanto radicalmente pluralista quanto problematica (paragrafo 4). Nell'ultima fase della sua riflessione, la cui testimonianza più vivida è costituita da *Conquista dell'abbondanza* (1999), si propone l'elaborazione di una posizione che, pur senza rinunciare alla difesa del pluralismo, gli consenta di prendere le distanze dal relativismo insistendo sulla resistenza che il mondo oppone ad alcuni tentativi di descriverlo (paragrafo 5).

³⁰ Scritto in collaborazione con Luca Tambolo.

14.1 Buon empirismo e pluralismo teorico

CONTRO L'EMPIRISMO CLASSICO E LA *RECEIVED VIEW*. Il primo fronte della lotta di Feyerabend a difesa del pluralismo è costituito da un'aspra polemica contro l'empirismo. Tale polemica si rivolge, innanzitutto, contro una teoria della conoscenza scientifica che chiama "empirismo classico". Il fondamento dell'**empirismo classico**, alla cui storia hanno contribuito – secondo la ricostruzione invero piuttosto ideologica di Feyerabend – figure illustri quali Bacone, Galilei e Newton, è l'idea secondo cui l'esperienza costituisce "la base salda, irrevocabile e in graduale espansione del ragionamento scientifico".

Feyerabend, da parte sua, è persuaso che una componente essenziale del lavoro degli scienziati sia costituita dalla continua reinterpretazione dell'esperienza attraverso le teorie: l'esperienza non interpretata con l'aiuto di una teoria è "muta", e il principale motore del progresso scientifico non è l'accumulazione di sempre nuove esperienze, ma il succedersi di interpretazioni diverse dell'esperienza, la quale non possiede la saldezza e l'irrevocabilità attribuitele dagli empiristi classici.

Alla luce di questa persuasione, Feyerabend legge quella dell'empirismo classico come una storia segnata dalla chiara contraddizione fra la pratica rivoluzionaria dei migliori scienziati, che non riconoscono alcun limite alla propria libertà teorica, e la propaganda conservatrice in cui questi si cimentano sistematicamente, ripetendo in ogni occasione che un'entità immutabile, l'esperienza appunto, è il giudice imparziale al quale fare ricorso per decidere la sorte delle teorie. La precisa identità di tale giudice viene però deliberatamente lasciata indeterminata dagli empiristi classici, che in tal modo possono chiamare "esperienza" molte cose diverse, a seconda delle idee che vogliono sostenere.

Sfortunatamente, sostiene Feyerabend, l'ideologia dell'empirismo classico è tutt'altro che un nemico del passato. Infatti la *received view* delle teorie scientifiche, che come si è ricordato domina la filosofia della scienza di lingua inglese grossomodo fino alla fine degli anni cinquanta, è caratterizzata dalla medesima propaganda conservatrice. Secondo Feyerabend, la filosofia della scienza dell'empirismo logico non è altro che una versione tecnicamente più sofisticata dell'empirismo classico, caratterizzata dal ricorso agli strumenti formali elaborati da Frege, Russell e Whitehead: a esser cambiato è, dunque, solamente "il nome dei nemici".

Il credo empirista, sia nella versione classica sia in quella contemporanea, costituisce secondo Feyerabend un nemico molto temibile del progresso. La decisione di passare sotto silenzio che l'esperienza è "muta" se non viene interpretata attraverso una teoria può infatti condurre a esiti rovinosi: prima o poi, una teoria *T*, introdotta quale semplice congettura volta a spiegare i fatti osservati, potrebbe trasformarsi, agli occhi dei suoi fautori, in un irrinunciabile articolo di fede, tanto che questi potrebbero rifiutare anche solo di prendere in considerazione alternative a *T* facendo appello al "colossale sostegno empirico" che questa riceve dall'esperienza, presunto giudice imparziale dei suoi meriti. *T* finirebbe dunque per godere di un consenso unanime; tuttavia, quando la comunità scientifica decide di aderire fermamente a una determinata teoria, il risultato non può che essere il trionfo di questa teoria, che evidentemente "non è nient'altro che il risultato di un assoluto conformismo".

UNA VERSIONE "CRITICA" DELL'EMPIRISMO. Quale antidoto contro queste tendenze dogmatiche, Feyerabend propugna una versione "critica" dell'empirismo che, fondata sull'esplicito riconoscimento del *ruolo fondamentale delle teorie nella crescita della conoscenza*, consenta la concreta attuazione del **principio basilare dell'empirismo**, che prescrive di "aumentare il contenuto empirico di qualsiasi conoscenza afferriamo di possedere".

Per chiarire il significato di questo principio, occorre soffermarsi brevemente su un aspetto della metodologia delle congetture e confutazioni proposta da Popper nella *Logica della scoperta scientifica*. Come è noto, Popper difende il criterio di falsificabilità, secondo il quale una teoria è scientifica solo se è

falsificabile. Le tesi popperiane circa la falsificabilità delle teorie possono venire formulate nei seguenti termini.

Si definisce anzitutto un'**asserzione base** come un'asserzione che descrive un fatto singolare (per esempio, il fatto che un certo cigno è di colore nero). La nozione di asserzione base viene poi usata per introdurre il seguente criterio di falsificabilità: una teoria *T* è scientifica se e solo se esistono asserzioni base con cui *T* è incompatibile e che, se fossero vere, la falsificherebbero. Così, per esempio, la teoria secondo cui tutti i cigni sono bianchi è scientifica poiché può venire falsificata dall'asserzione base che un certo cigno è nero. Le asserzioni base incompatibili con *T* vengono chiamate da Popper "falsificatori potenziali" di *T*; l'insieme dei **falsificatori potenziali** di *T* ne costituisce il cosiddetto **contenuto empirico**. Maggiore è il contenuto empirico di una teoria, maggiore è, secondo Popper, l'interesse che questa presenta: una teoria incompatibile con molte asserzioni base si espone, infatti, a un forte rischio di essere falsificata, e dunque costituisce una congettura audace.

PLURALISMO TEORICO. Nella prima fase della sua riflessione Feyerabend segue Popper nell'identificazione di scientificità delle teorie e falsificabilità; tuttavia, la sua concezione del contenuto empirico si distingue da quella popperiana in quanto, secondo Feyerabend, il contenuto empirico di una determinata teoria non è un dato immutabile, bensì una variabile che dipende dalle alternative a tale teoria che vengono prese in considerazione dalla comunità scientifica. Pertanto Feyerabend auspica la **proliferazione di alternative teoriche**, a favore della quale propone l'argomentazione che subito discuteremo.

Un grave difetto delle dottrine empiriste del controllo empirico delle teorie è costituito, secondo Feyerabend, dall'implicita adozione del *principio di autonomia dei fatti*. Secondo tale principio, "i fatti che appartengono al contenuto empirico di una teoria sono disponibili, sia che vengano considerate le alternative a *questa* teoria oppure no". Feyerabend, da parte sua, afferma che il controllo di una teoria non può essere effettuato semplicemente mettendola a confronto con i fatti, presunti autonomi, poiché fatti e teorie sono "molto più intimamente connessi di quanto il principio di autonomia non ammetta": "non solo la descrizione di ogni singolo fatto dipende da *qualche* teoria [...] ma esistono anche dei fatti che non possono essere scoperti se non con l'aiuto di alternative alle teorie in questione e che non sono più disponibili non appena tali alternative vengono eliminate". In altre parole, Feyerabend, sostiene che per controllare severamente una teoria *T*, bisogna inventare alternative a *T*: se si usa almeno un'alternativa *T'*, è possibile portare alla luce alcuni fatti che potrebbero confutare *T*, ma che senza l'aiuto di *T'* nessuno potrebbe mai scoprire. Un buon empirista, dunque, non può accontentarsi di controllare la teoria al centro dell'attenzione confrontandola con i fatti.

Quello che abbiamo illustrato è l'argomento tecnico di Feyerabend a favore del pluralismo teorico. Si può tuttavia difendere la proliferazione delle alternative ricorrendo anche a considerazioni di carattere psicologico, come fa lo stesso Feyerabend quando, a partire dalla metà degli anni sessanta, cita ripetutamente il *Saggio sulla libertà* (1859) di John Stuart Mill e si sofferma a decantare i benefici effetti di una cultura che promuove il fiorire di innumerevoli punti di vista.

14.2 In difesa del metodo

CARATTERE NORMATIVO DELLA METODOLOGIA. Considerato che Feyerabend è divenuto famoso grazie a un libro intitolato *Contro il metodo* può forse sorprendere che, grossomodo fino alla metà degli anni sessanta, abbia difeso con grande vigore la tesi secondo cui *la metodologia è una disciplina di carattere normativo*, il cui scopo è enunciare regole di condotta per gli scienziati. Inoltre, sebbene in *Contro il metodo* e in quasi tutti i suoi scritti a partire dalla fine degli anni sessanta Feyerabend elegga Popper quale suo idolo

polemico, l'influenza di Popper sulle sue concezioni metodologiche della prima metà degli anni sessanta appare molto forte.

RUOLO CRITICO DELLA METODOLOGIA. Feyerabend è consapevole che il gioco della scienza può essere giocato secondo insiemi di regole diverse: sulla scia di Popper, ammette che la scelta del metodo dipende dallo scopo in vista del quale questo viene impiegato. Nei primi anni sessanta, Feyerabend segue Popper e Kraft nel sostenere il carattere essenzialmente normativo della metodologia, il cui scopo principale è l'enunciazione di norme utili in vista del conseguimento del progresso: proprio in virtù del suo carattere normativo, la metodologia può essere "la base per la critica e la riforma dell'esistente". La circostanza che la pratica concreta della ricerca non sempre corrisponda all'immagine proposta dal metodologo non preoccupa Feyerabend, il quale dichiara che "nello scontro fra ideale e realtà, l'ideale deve sempre avere la meglio", e rimprovera ai suoi contemporanei una eccessiva timidezza.

L'auspicio che la ricerca proceda attraverso cambiamenti concettuali continui, e possibilmente radicali, costituisce un *desideratum* di importanza cruciale per Feyerabend, e caratterizza la sua filosofia anche dopo il ripudio della concezione della metodologia come disciplina normativa.

14.3 Contro il metodo

ANARCHISMO EPISTEMOLOGICO E PLURALISMO METODOLOGICO. Come è noto, negli anni settanta e ottanta Feyerabend diviene il critico più pugnace del progetto di enunciare un insieme di norme immutabili e vincolanti per la ricerca scientifica: *Contro il metodo* è, essenzialmente, un tentativo di difendere il **pluralismo metodologico** oltre che teorico. Non è del tutto chiaro che cosa induca Feyerabend ad abbandonare la concezione della metodologia come disciplina normativa, né quale sia l'esatto momento in cui giunge a persuadersi che è opportuno abbracciare quello che ama definire "**anarchismo epistemologico**"; di certo, però, verso la fine degli anni sessanta, giunge a una nuova valutazione dell'importanza metodologica delle lezioni che si possono apprendere dalla storia della scienza.

Considerata la complessità delle condizioni in cui concretamente si svolge l'indagine scientifica, le teorie normative del metodo si rivelano del tutto inadeguate al compito di indirizzare il lavoro dei ricercatori. L'analisi delle vicende che hanno segnato lo sviluppo della scienza mostra infatti che, se questi si attenessero in modo scrupoloso alle regole di condotta escogitate a tavolino dai filosofi, il progresso ne verrebbe ostacolato: tutte le norme metodologiche, anche quelle apparentemente più ragionevoli e plausibili, presentano limiti di validità, e pretendere di applicarle senza riguardo per le specifiche situazioni problematiche in cui gli scienziati operano significherebbe imporre restrizioni arbitrarie al libero sviluppo della ricerca. Le violazioni dei precetti cari ai teorici del metodo sono dunque "necessarie per il progresso scientifico", poiché "la scienza è un'impresa essenzialmente anarchica".

LA STORIA DELLA SCIENZA INSEGNA CHE "TUTTO VA BENE!". Chi guarda alla storia sperando di potervi rinvenire norme valide in ogni occasione si vede costretto a concludere che l'unico principio applicabile in qualsiasi circostanza è: "**tutto va bene**". Pertanto, un metodologo che voglia tenere nella debita considerazione le lezioni della storia della scienza deve assumere un atteggiamento improntato alla modestia: ogni norma deve essere intesa come "una regola empirica approssimativa e può essere superata o sostituita dal suo opposto come risultato di un esame di casi concreti". Ciò è illustrato con particolare efficacia, secondo Feyerabend, dalla storia della rivoluzione copernicana, alla quale dedica un lungo *case study* del quale qui esporremo alcuni aspetti centrali.

RIVOLUZIONE COPERNICANA E PLURALISMO METODOLOGICO. Nel momento in cui viene proposta, la teoria copernicana è un'ipotesi cosmologica promettente, ma priva di adeguato sostegno empirico, poiché deve scontrarsi con l'evidenza accumulata sulla base della cosmologia accettata, cioè quella aristotelico-tolemaica. Con ogni probabilità, un metodologo novecentesco che venisse catapultato nel vivo della controversia dalla quale i copernicani uscirono trionfatori prenderebbe le parti degli sconfitti, poiché pretenderebbe di giudicare la nuova cosmologia sulla base dell'evidenza disponibile nel momento in cui questa viene introdotta. Un metodologo attento alle lezioni che si possono trarre dalla storia della scienza avrebbe probabilmente miglior fortuna, poiché sarebbe guidato dalla consapevolezza che nel controllo di un'ipotesi di portata così ampia entra in gioco un grande numero di presupposti – a cui Feyerabend fa riferimento con l'espressione “scienze ausiliarie” – concernenti il processo stesso della conoscenza, gli strumenti di osservazione adeguati e così via. Una nuova cosmologia, infatti, può ricevere sostegno empirico solo grazie a scienze ausiliarie – nel caso del copernicanesimo, una meteorologia, una dinamica e un'ottica fisiologica completamente nuove –, in grado di soppiantare quelle collegate alla vecchia cosmologia. Tuttavia, nulla garantisce che tali scienze siano subito disponibili: tale eventualità appare anzi molto improbabile, e possono servire secoli “prima che appaiano le prime ipotesi ausiliarie ragionevoli”.

In simili circostanze, il fautore della nuova cosmologia non deve abbandonarla, bensì mantenervisi fedele, cercando di elaborarla nei più minuti dettagli. In particolare, se vuole scongiurare la possibilità che l'interesse nei confronti della nuova ipotesi, inequivocabilmente contraddetta dall'evidenza disponibile, venga meno, il filosofo naturale si vede costretto a “*sviluppare dei metodi che gli permettano di conservare le sue teorie di fronte ai semplici e non ambigui fatti confutanti*”. Per Feyerabend, che con queste affermazioni giunge a un autentico capovolgimento delle tesi che aveva sostenuto in precedenza, “ciò significa evidentemente che la nuova teoria viene intenzionalmente allontanata da alcuni dati che corroboravano la teoria precedente; viene resa più metafisica e l'unica comprova che le viene fornita è ottenuta tramite ipotesi *ad hoc*”.

CRITICI DELL'ANARCHISMO EPISTEMOLOGICO. *Contro il metodo* ha suscitato un amplissimo dibattito, nel corso del quale si sono formate due fazioni nettamente contrapposte. Di norma, i detrattori di Feyerabend lo attaccano adottando un'interpretazione letterale dello slogan “Qualsiasi cosa può andar bene”. Secondo tale interpretazione, Feyerabend difenderebbe la tesi radicale che qualunque metodo può promuovere il progresso della conoscenza scientifica. Per esempio, uno scienziato che deve valutare i meriti di una certa teoria potrebbe lasciarsi utilmente guidare dai propri gusti estetici o dai propri pregiudizi ideologici, facendo prevalere questi criteri di giudizio soggettivi su criteri oggettivi come la conferma delle previsioni derivate dalla teoria; in effetti, se è vero che “Qualsiasi cosa può andar bene”, non si può nemmeno escludere che possa rivelarsi saggio decidere della sorte di un'ipotesi affidandosi all'esito del lancio di una moneta.

DIFENSORI DELL'ANARCHISMO EPISTEMOLOGICO. I fautori di Feyerabend, d'altro canto, adottano un'interpretazione non letterale del suo celebre slogan – da lui a più riprese indicata come quella autentica –, secondo cui “Qualsiasi cosa può andar bene” è semplicemente “un riassunto canzonatorio della situazione del razionalista” incapace di rassegnarsi a vivere senza regole universalmente valide. L'anarchismo epistemologico, dunque, non è altro che una *reductio ad absurdum* di quella famiglia di teorie del metodo che Feyerabend è solito etichettare come “razionaliste”. L'assunto fondamentale di tali teorie – tra i cui fautori Feyerabend annovera, per esempio, gli empiristi logici e Popper –, è la tesi che un agente può dirsi razionale solo se, nel momento in cui affronta un certo problema cognitivo, tenta di risolverlo ricorrendo a un algoritmo che si presume dotato di validità universale e atemporale. Nel caso della ricerca scientifica, dove il problema cognitivo più importante è la valutazione dei meriti delle teorie

sulla base dell'evidenza disponibile, l'algoritmo appropriato viene chiamato "metodo scientifico". Feyerabend, come si è visto, nega che sia possibile costruire un algoritmo in grado di ripetere tutte le scelte progressive compiute dai ricercatori nel corso della storia della scienza, e pertanto auspica l'adozione del pluralismo non solo teorico, ma anche metodologico. Tuttavia, ciò non fa di lui l'irrazionalista dipinto dai suoi critici.

ANARCHISMO EPISTEMOLOGICO E PROGRESSO SCIENTIFICO. Sebbene Feyerabend si scagli violentemente contro la pretesa di imporre regole che vincolano la pratica della scienza, egli non si accontenta di fornire una semplice descrizione della ricerca scientifica. Afferma, infatti, che *"l'anarchismo aiuta a conseguire il progresso in qualsiasi senso si voglia intendere questa parola"*, e che *"la conoscenza viene ottenuta da una proliferazione di opinioni"*. L'anarchismo epistemologico di Feyerabend dovrebbe dunque promuovere il progresso scientifico, cioè l'avvicinamento ai fini cognitivi della scienza. Qui di seguito vedremo che posizione di Feyerabend circa la natura dei fini della scienza e del progresso scientifico è assai peculiare.

14.4 Una concezione "oceanica" della conoscenza

UN OCEANO DI ALTERNATIVE TEORICHE INCOMPATIBILI E INCOMMENSURABILI. La caratteristica più originale della filosofia della scienza di Feyerabend è costituita dalla peculiare concezione dello scopo della scienza che questi difende sin dall'inizio degli anni sessanta. Mentre Popper, al quale pure Feyerabend è vicino nella prima parte di quel decennio, introduce la tesi che il principale scopo cognitivo della scienza è la scelta di teorie dotate di un elevato grado di verosimilitudine o approssimazione alla verità, Feyerabend afferma che la pluralità di teorie con la quale raccomanda agli scienziati di lavorare *"non deve essere considerata come uno stadio preliminare della conoscenza da sostituirsi nel futuro con l'Unica Vera Teoria"*, poiché il pluralismo teorico è un *"fattore essenziale di ogni conoscenza che si proclami oggettiva"*. E in *Contro il metodo*, dichiara: *"l'unanimità di opinione può essere adatta per una chiesa, per le vittime atterrite o bramosi di qualche mito (antico o moderno), e per i seguaci deboli e pronti di un tiranno. Per una conoscenza oggettiva è necessaria la varietà di opinione"*. Secondo Feyerabend:

La conoscenza [...] non è una serie di teorie in sé coerenti che convergono verso una concezione ideale, non è un approccio ideale, non è un approccio graduale alla verità. È piuttosto un *oceano*, sempre crescente, di *alternative reciprocamente incompatibili (e forse anche incommensurabili)*: ogni singola teoria, ogni favola, ogni mito che fanno parte di questa collezione costringono le altre a una maggiore articolazione, e tutte contribuiscono, attraverso questo processo di competizione, allo sviluppo della nostra conoscenza.

Numerosi commentatori hanno dichiarato le proprie perplessità circa questa concezione della conoscenza: Feyerabend, infatti, dipinge la scienza come una sorta di arena nella quale si scontrano senza sosta, e senza mai una vincitrice, concezioni alternative sempre più numerose.

IL PRINCIPIO DI TENACIA. Nei primi anni sessanta Feyerabend raccomanda di prendere sul serio le confutazioni, di fare ricorso solo a teorie controllabili e di non ammettere asserzioni non rivedibili nel corpo della nostra conoscenza; tuttavia, *nei suoi scritti non si ritrova un principio di eliminazione o di selezione, che specifichi a quali condizioni una teoria deve essere esclusa dal gioco della scienza*. Un principio siffatto potrebbe raccomandare, per esempio, di sbarazzarsi di una teoria della quale il controllo, effettuato attraverso teorie rivali, ha smascherato gravi difetti. Feyerabend si mostra però vigorosamente contrario all'adozione di misure di questo genere, e dichiara anzi che il principio di proliferazione, oltre a prescrivere l'introduzione di alternative, ha anche un secondo effetto: *"impedisce [...] l'eliminazione di*

teorie anteriori che sono state confutate". Il principio di proliferazione implica dunque il **principio di tenacia**, che "invita il ricercatore a non recepire immediatamente le istanze confutanti come ragioni per *abbandonare* una teoria, ma piuttosto come stimoli per un'ulteriore *analisi* e un suo più dettagliato *sviluppo*".

Il principio di tenacia non pone limiti alla perseveranza del ricercatore: non specifica a quali condizioni la difesa di un'idea o di una teoria diventa irragionevole, e la tenacia dello scienziato testardaggine. Ciò dipende dal fatto che, secondo Feyerabend, non ci si dovrebbe mai arrendere di fronte alle difficoltà incontrate da una teoria, qualunque sia la natura e la portata di tali difficoltà. Feyerabend, infatti, rifiuta di considerare le teorie confutate semplici curiosità da relegare nei libri di storia, poiché sostiene che queste "contribuiscono al contenuto delle loro vittoriose rivali". L'imposizione di un criterio che stabilisca quali teorie possono essere ammesse nella discussione scientifica è dunque inaccettabile: anche se una teoria è stata confutata da lungo tempo, conserva il suo potere critico nei confronti di quella attualmente in auge presso la comunità scientifica.

Certo, Feyerabend ammette che ogni disputa si conclude con il prevalere di una certa teoria sulle sue rivali, ma ribadisce che la critica più efficace della concezione dominante in un certo momento può ben essere quella "attinta al passato", esercitata grazie a una teoria nella quale ormai nessuno ripone più la propria fiducia: gli esempi dell'eliocentrismo e dell'atomismo dimostrano che "idee antidiluviane e assurde [...] possono ancora essere rivolte contro concezioni "moderne", e *possono anche riuscire a soppiantarle*"; pertanto, sostiene, "non c'è motivo perché oggi non si debba reintrodurre l'aristotelismo e sperare per il meglio".

UN OCEANO DI CRITERI METODOLOGICI . Sulla scorta di tali considerazioni, Feyerabend sostiene che al pluralismo teorico deve affiancarsi il pluralismo metodologico:

I criteri [di scelta fra le teorie] sono in competizione tra loro esattamente come le teorie, e noi scegliamo i criteri più appropriati alla situazione in cui ha luogo la scelta. Le soluzioni rifiutate (teorie, criteri, "fatti") non sono eliminate [una volta per tutte]. [...] La conoscenza così concepita è un oceano di possibilità alternative *incanalate e suddivise con l'ausilio di un oceano di criteri*.

IL PROBLEMA DELL'OGGETTIVITÀ DELLA CONOSCENZA. Non è però chiaro in quale senso la conoscenza come Feyerabend la concepisce potrebbe definirsi "oggettiva". Di norma, si dice che qualcosa è oggettivo in quanto concerne, o ha per fondamento, la realtà per se stessa. Tuttavia, non è questo il senso in cui Feyerabend usa la parola "oggettività" quando parla della "conoscenza oggettiva" che il pluralismo consente di conseguire, giacché come si è ricordato, a suo parere non esistono fatti intesi come arbitri delle contese teoriche: quello che si è soliti chiamare un "fatto" non è che il risultato della preliminare adozione di una certa prospettiva teorica. Così, quella che Feyerabend difende si rivela una forma di pluralismo tanto radicale quanto problematica – come forse lui stesso sospetta, visto che nell'ultima fase della sua riflessione tenta di elaborare una posizione che, pur senza abbandonare il pluralismo, gli consenta di prendere le distanze dal relativismo, insistendo sulla resistenza che il mondo oppone ad alcuni tentativi di descriverlo.

14.5 Conquista dell'abbondanza

UN'ALTERNATIVA AL REALISMO INGENUO E AL RELATIVISMO. Il volume postumo *Conquista dell'abbondanza* costituisce la testimonianza più vivida dell'ultima fase della riflessione di Feyerabend, svoltasi tra la fine degli anni ottanta e i primi anni novanta. Questa è caratterizzata dal tentativo di trovare un'"alternativa ragionevole" sia al realismo scientifico, che Feyerabend attacca ripetutamente, sia al relativismo, al quale si era avvicinato in particolare in *La scienza in una società libera* (1978) – volume di cui è tanto insoddisfatto da decidere di non permetterne ristampe.

Alla luce di quanto si è detto sopra sulla sua concezione della conoscenza, non può certo sorprendere che Feyerabend attacchi il realismo. Tuttavia, occorre rilevare che quando Feyerabend usa la parola "realismo", pensa alla dottrina secondo cui lo scopo della ricerca è scoprire l'Unica Vera Teoria, capace di fornire la descrizione completa e corretta della realtà, e la scienza è il solo modo per raggiungere questo obiettivo. Feyerabend, dunque, attacca una versione estremamente forte del realismo, che si può definire "realismo metafisico", o "realismo ingenuo".

L'ABBONDANZA DEL MONDO E LA SUA CONQUISTA SCIENTIFICA. Nelle pagine di apertura di *Conquista dell'abbondanza*, Feyerabend muove dalla constatazione che il mondo in cui viviamo "è abbondante al di là della nostra più audace immaginazione", in quanto contiene cose fra loro diversissime come "alberi, sogni, tramonti; temporali, ombre, fiumi; guerre, punture di zanzara, relazioni amorose; ci vivono persone, dei, intere galassie". Le nostre menti sono influenzate solo da una minuscola frazione di tale abbondanza, e questa è un'autentica fortuna, poiché sarebbe impossibile, sia a livello pratico sia a livello teorico, affrontare tale enorme varietà. Affinché gli esseri umani possano dare un senso al mondo in cui vivono, alcune parti di tale mondo – in effetti, la grande maggioranza di tali parti – devono essere "tagliate fuori". Facendo ricorso ad astrazioni, le quali "rimuovono i particolari che distinguono un oggetto dall'altro", ed esperimenti, che creano un ambiente "artificiale, in qualche modo impoverito, esplorando poi le sue peculiarità", l'abbondanza del mondo viene ridotta. Quel che ne rimane viene poi usato quale punto di partenza per costruire una versione impoverita del mondo, alla quale si fa riferimento con la parola "realtà" – le cui immutabili regolarità, chiamate "leggi di natura", la scienza ha il compito di scoprire.

Anche se tale procedura presenta ovvi vantaggi pratici e cognitivi essa suscita la tentazione di fingere che solamente quella parte del mondo che viene chiamata "realtà" esista davvero. Secondo Feyerabend, l'intera storia della civiltà occidentale può esser vista come il trionfo dell'idea che il mondo consta di due parti: "una realtà solida, genuina e affidabile da un lato e apparenze ingannatrici dall'altro". Contro questa dicotomia, che costituisce il fondamento del realismo e del prestigio della scienza, muove essenzialmente due critiche.

NON ESISTE ALCUNA VISIONE SCIENTIFICA DEL MONDO. In primo luogo Feyerabend nega l'unità della scienza. A suo modo di vedere, non solo l'esistenza di un unico metodo scientifico, ma anche la stessa idea di "*un coerente corpo di conoscenza scientifica*" non è che una chimera: quello che i fautori del realismo chiamano "scienza" non è un monolite, bensì una sorta di patchwork di tradizioni di ricerca e approcci diversi. Un esame della storia e della pratica corrente delle scienze mostra che non esiste una singola "visione scientifica del mondo" e che dietro la proclamata unità della scienza si nasconde la giustapposizione di diverse tendenze e filosofie di ricerca.

LA SCIENZA È SOLO UNO DEI MODI PER ENTRARE IN RAPPORTO CON LA REALTÀ. In secondo luogo Feyerabend mette in discussione le conseguenze che i fautori del realismo traggono dal successo empirico della scienza. Infatti, i risultati sperimentali possono sembrare una prova della superiorità della scienza solo se si trascura il fatto che, mentre alcuni tipi di oggetti si prestano a precise misurazioni, altri vi si sottraggono: "Gli dei non possono essere catturati con l'esperimento, la materia sì". Pertanto l'argomentazione secondo

cui il successo empirico delle teorie scientifiche mostra che la scienza è il modo migliore per studiare la cosiddetta "realtà" nascosta dietro apparenze ingannevoli è tutt'altro che cogente. Se il successo empirico non può essere considerato una prova dell'eccellenza di quell'impresa dichiarata unitaria e chiamata "scienza", allora "non vi è ragione alcuna per trascurare ciò che accade al suo esterno". Usando un metro di giudizio diverso, secondo il quale una certa tradizione di ricerca ha successo se permette a coloro che vi aderiscono di "vivere una vita moderatamente ricca e soddisfacente", non è difficile comprendere che "pure le idee non scientifiche ricevono una risposta dalla Natura", e che il mondo è molto più complesso di quanto vorrebbero i fautori del realismo.

LA TESI DELL'ELASTICITÀ. All'immagine della ricerca scientifica propagandata dai fautori del realismo Feyerabend contrappone l'idea che gli scienziati sono "scultori della realtà": non diversamente dagli artisti, che plasmano la loro materia guidati dall'ispirazione e dalla loro visione del mondo, gli scienziati agiscono sul mondo con gli esperimenti, guidati dalle loro teorie. Talvolta il successo di queste teorie è così clamoroso che si genera l'impressione che la descrizione del mondo abbracciata da una certa comunità scientifica sia l'unica possibile, ma contrariamente a quel che vorrebbero i fautori del realismo, le cose non stanno mai così. Infatti, la storia della scienza, caratterizzata da diversi episodi rivoluzionari, mostra che il materiale maneggiato dagli scienziati "è più elastico di quanto comunemente si creda". Subito dopo aver enunciato questa tesi, che possiamo chiamare "**tesi dell'elasticità**", la tesi dell'elasticità, Feyerabend dà l'impressione di ritenere che non ci siano limiti alle costruzioni che gli scienziati possono edificare con il materiale che hanno a disposizione: "Modellandolo in un certo modo [...] otteniamo particelle elementari; procedendo in altro modo, otteniamo una natura viva e piena di dei".

LA TESI DELLA RESISTENZA. Gli studiosi sono in disaccordo sulla corretta caratterizzazione della posizione metafisica alla base della tesi feyerabendiana dell'elasticità. In ogni modo, qui vorremmo attirare l'attenzione sulla circostanza che la posizione che Feyerabend vuole contrapporre al realismo e al relativismo include, oltre alla tesi dell'elasticità, una seconda tesi, che chiameremo "**tesi della resistenza**". Secondo la tesi della resistenza, non tutti i sistemi concettuali che si possono usare per descrivere il mondo sono destinati ad avere il medesimo successo: l'elasticità del materiale che gli scienziati maneggiano non è illimitata. Questo materiale, afferma Feyerabend, "deve essere affrontato nel modo corretto", poiché "*offre resistenza*", e alcuni sistemi concettuali semplicemente non riescono a entrare in contatto con il mondo: "non vi trovano alcun appiglio, e collassano".

Non è immediatamente chiaro in che modo Feyerabend potrebbe conciliare la tesi della resistenza con la concezione della conoscenza come un oceano in continua crescita di alternative, e in particolare con il principio di tenacia. Sfortunatamente, la direzione nella quale Feyerabend, se fosse vissuto abbastanza a lungo da completare il manoscritto di *Conquista dell'abbondanza*, avrebbe sviluppato le sue riflessioni sulla limitata elasticità del mondo, è destinata a rimanere materia di congetture.

Progresso e cambiamento razionale nella scienza

15.1 Progresso teorico e cambiamento razionale

CAMBIAMENTO GRADUALE E RIVOLUZIONI NELLA SCIENZA. Di solito i cambiamenti culturali sono lenti e gradualmente. Talvolta, però, assumono tratti rivoluzionari, dando luogo a violente rotture con la tradizione. Il cambiamento scientifico non fa eccezione. Infatti, a partire dalla rivoluzione astronomica avviata da Copernico (*De revolutionibus orbium coelestium*, 1543), la scienza si è sviluppata attraverso una serie di cambiamenti gradualmente inframmezzati da forti accelerazioni, fino alle rivoluzioni scientifiche degli ultimi due secoli, come la rivoluzione darwiniana nella biologia dell'Ottocento, le rivoluzioni quantistica e relativistica nella fisica del primo Novecento e i mutamenti rivoluzionari della genetica a partire dalla scoperta del DNA.

CARATTERE PROGRESSIVO DEL CAMBIAMENTO SCIENTIFICO. La maggior parte degli studiosi sono convinti che il cambiamento scientifico abbia un *carattere progressivo*. La peculiarità di questo tratto dovrebbe risultare ovvia confrontando, per esempio, la scienza con la moda. Sarebbe infatti difficile sostenere che l'introduzione dei pantaloni a zampa d'elefante, negli anni settanta del secolo scorso, sia stata un progresso rispetto alle fogge precedenti. Al contrario, non vi è dubbio che il passaggio dal sistema tolemaico a quello copernicano sia stato un progresso della scienza astronomica. È per questa ragione, cioè per il carattere progressivo della scienza, che il fenomeno del *vintage*, molto frequente nella moda, è piuttosto raro nella scienza: di tanto in tanto tornano in auge i pantaloni a zampa d'elefante, ma possiamo ragionevolmente escludere che gli astronomi tornino al sistema tolemaico.

SCIENZA PURA E SCIENZA APPLICATA. Nella riflessione sul progresso scientifico occorre distinguere tra scienza pura e scienza applicata. Parlando di *scienza pura*, o *ricerca fondamentale*, ci si riferisce all'insieme delle indagini volte alla *scoperta* delle regolarità del mondo. Come è noto, la scienza pura è solo una parte dell'impresa scientifica. L'altra parte è costituita dalla *scienza applicata*, o *ricerca tecnologica*, cioè dalle indagini che mirano all'*invenzione* di nuove tecnologie, progettate applicando le scoperte della scienza pura. L'utilità della scienza per la vita umana è determinata soprattutto dai successi della scienza applicata. Basti pensare alla varietà di tecnologie inventate in quest'ultimo secolo, dalla TAC agli acceleratori di particelle, dal laser al web. La dimensione del progresso non caratterizza solo la scienza pura, ma anche la scienza applicata. Parlando di *progresso tecnologico* ci si riferisce, appunto, al progresso della scienza applicata, cioè ai suoi crescenti successi nel raggiungimento degli *obiettivi pratici* degli esseri umani. Nel seguito di questo Capitolo, tuttavia, ci occuperemo soprattutto del progresso della scienza pura, cioè del crescente successo della scienza pura nel raggiungimento degli *obiettivi cognitivi* degli esseri umani.

CAMBIAMENTO TEORICO. Supponiamo che una comunità scientifica C accetti la teoria T_1 e che, successivamente, abbandoni T_1 per sostituirla con una nuova teoria T_2 , cioè che C passi dall'accettazione di T_1 a quella di T_2 . Diremo allora che C ha operato il *cambiamento teorico* $c(T_1 \rightarrow T_2)$. Ci si può chiedere a quali condizioni questo cambiamento sia *progressivo*, cioè a quali condizioni $c(T_1 \rightarrow T_2)$ rappresenti un

progresso teorico. Qui sotto mostreremo che la nozione di progresso teorico può essere definita nei termini del *fine cognitivo della scienza*, cioè degli obiettivi cognitivi della scienza pura.

PROGRESSO TEORICO. I filosofi della scienza si sono impegnati in accese dispute sull'esatta natura del fine cognitivo della scienza. Secondo le tradizionali concezioni dell'assiologia della scienza, tale fine consiste nella ricerca della verità, cioè nell'accettazione di teorie vere. Questa concezione, tuttavia, non è condivisa da tutti. Per esempio, Karl Popper (vedi Cap. 4.4) ritiene che la scienza pura miri alla verosimilitudine, cioè all'accettazione di teorie con un alto grado di verosimilitudine, mentre altri studiosi hanno suggerito, sulla scia di Bas van Fraassen (vedi Cap. 6.3), che il fine cognitivo della scienza è l'adeguatezza empirica.

Senza entrare in questa discussione, ci preme notare che l'idea che una teoria scientifica sia *migliore* di un'altra può essere definita sulla base di *qualunque* nozione di fine cognitivo della scienza. Infatti, date due teorie T_1 e T_2 , possiamo dire che T_2 è una *teoria migliore* di T_1 nel caso in cui T_2 consente di conseguire il fine cognitivo della scienza in più ampia misura rispetto a T_1 . Servendoci della nozione di teoria migliore, possiamo precisare a quali condizioni il cambiamento $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un *progresso teorico*:

Pro $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un progresso teorico $\equiv T_2$ è migliore di T_1 , nel senso che T_2 consente di conseguire il fine cognitivo della scienza in più ampia misura rispetto a T_1 .

I sostenitori di una determinata concezione assiologica potranno riformulare Pro sulla base della *specific* nozione di fine cognitivo della scienza da loro adottata. Per esempio, chi pensa che il fine cognitivo della scienza sia la verità potrà riformulare Pro nel seguente modo:

Pro_v $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un progresso teorico $\equiv T_1$ è falsa e T_2 è vera.³¹

Pro_v afferma che ci troviamo di fronte a un progresso teorico ogni volta che sostituiamo una teoria falsa con una teoria vera. In maniera simile, chi ritiene che il fine cognitivo della scienza sia la verosimilitudine potrà così riformulare Pro:

Pro_{vs} $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un progresso teorico $\equiv T_2$ è più verosimile di T_1 .³²

Pro_{vs} afferma che ci troviamo di fronte a un progresso teorico ogni volta che sostituiamo una teoria con un'altra teoria più verosimile. Si noti che Pro_{vs} ammette la possibilità che $c(T_1 \rightarrow T_2)$ sia un progresso teorico anche nel caso in cui T_1 e T_2 sono entrambe false. Questa concezione del progresso scientifico si accorda con la concezione di Karl Popper, secondo il quale il progresso scientifico è normalmente rappresentato da una successione di teorie false sempre più verosimili. Ciò significa che il progresso scientifico consiste, di norma, nel passaggio da teorie false a teorie false ove, tuttavia, le nuove falsità sono "migliori" delle vecchie. Così, per esempio, la teoria geocentrica di Tolomeo e le teorie eliocentriche di Copernico e Keplero sono tutte, strettamente parlando, teorie false: tuttavia il passaggio dalla teoria di Tolomeo a quella di Copernico e quello dalla teoria di Copernico a quella di Keplero sono entrambi progressi teorici poiché ciascuno di essi porta a sostituire una teoria falsa con un'altra teoria, parimenti falsa ma più verosimile.

³¹ Il pedice "v" in Pro_v sta per "verità".

³² Il pedice "vs" in Pro_{vs} sta per "verosimilitudine".

FINI COGNITIVI DELLA SCIENZA E PROPRIETÀ ONTOLOGICHE DELLE TEORIE. La circostanza che una teoria sia vera o falsa dipende da quello che la teoria dice sul mondo e da come è fatto il mondo. Ciò significa che il valore di verità di una teoria è una sua *proprietà ontologica*, cioè una proprietà che concerne le *relazioni fra la teoria e il mondo*. Anche il grado di verosimilitudine di una teoria è una sua proprietà ontologica, poiché anch'esso dipende dalle relazioni fra la teoria e il mondo. Si può mostrare, anche se non lo faremo in questa sede, che quanto si è appena detto per la verità e la verosimilitudine vale anche per l'adeguatezza empirica e gli altri fini cognitivi della scienza suggeriti nell'ambito del dibattito assiologico. Ciò significa che questi fini possono essere identificati con determinate proprietà ontologiche delle teorie.

INACCERTABILITÀ DEL PROGRESSO TEORICO. Come è stato sottolineato da Karl Popper (vedi Cap. 4.4), la verità delle teorie scientifiche è *inaccertabile*, nel senso che non si può stabilire con certezza che una determinata teoria è vera. Tale inaccertabilità dipende dal fatto che il mondo di cui parlano le teorie è, per così dire, un *oggetto infinito*, cioè una totalità che comprende un numero enorme, quasi sempre indeterminato e potenzialmente infinito, di individui. Ciò significa che nessun essere umano, e neppure l'umanità intera, potrà mai osservare come è fatto il mondo in tutti i suoi dettagli e, di conseguenza, nessuno potrà mai stabilire con certezza che una determinata teoria è vera. Osservazioni simili valgono anche per la verosimilitudine, poiché anche il grado di verosimilitudine di una teoria dipende da come è fatto il mondo ed è, quindi, inaccertabile. Alla pari della verità e della verosimilitudine, tutte le proprietà ontologiche corrispondenti ai diversi fini cognitivi della scienza suggeriti nella riflessione epistemologica sono inaccertabili. Ne segue che, date due teorie T_1 e T_2 , non è possibile *accertare* che T_2 consente di conseguire il fine cognitivo della scienza in più ampia misura rispetto a T_1 . Ciò significa che, in generale, non è possibile *accertare* che T_2 è migliore di T_1 , cioè che il cambiamento $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un progresso teorico.

CAMBIAMENTO RAZIONALE. Mentre è impossibile accertare che una determinata teoria T_2 è migliore di un'altra teoria T_1 , possono esserci *forti ragioni per supporre* che T_2 sia migliore di T_1 . Con riferimento a queste ragioni possiamo così definire la nozione di *cambiamento razionale*:

Raz $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un cambiamento razionale $\equiv \forall i$ sono forti ragioni per supporre che $c(T_1 \rightarrow T_2)$ sia un progresso teorico, cioè che T_2 sia migliore di T_1 .

In maniera simile a quella illustrata con riferimento a Pro, i sostenitori di una determinata concezione assiologica potranno riformulare Raz sulla base della *specificata* nozione di fine cognitivo della scienza da loro adottata. Per esempio, chi pensa che il fine cognitivo della scienza sia la verità potrà riformulare Raz nel seguente modo:

Raz_v $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un cambiamento razionale $\equiv \forall i$ sono forti ragioni per supporre che T_1 sia falsa e T_2 sia vera.

Analogamente, chi ritiene che il fine cognitivo della scienza sia la verosimilitudine potrà così riformulare Raz:

Raz_{vs} $c(T_1 \rightarrow T_2)$ è un cambiamento razionale $\equiv \forall i$ sono forti ragioni i per supporre che T_1 sia più verosimile di T_2 .

INDICATORI DELLA VERITÀ DELLE TEORIE. Abbiamo sopra suggerito che la razionalità del cambiamento $c(T_1 \rightarrow T_2)$ consiste nella presenza di forti ragioni per supporre che T_2 sia migliore di T_1 . Dobbiamo ora chiederci quale sia l'esatta natura di queste forti ragioni. Più in generale, dobbiamo chiederci quali siano le ragioni per supporre che una determinata teoria sia *buona*, cioè che possenga la proprietà ontologica corrispondente al fine cognitivo della scienza.

Diversi studiosi hanno sostenuto che le ragioni per supporre che una determinata teoria T sia una buona teoria sono costituite, in genere, da alcune proprietà di T che fungono da *indicatori* della sua bontà. Per esempio, il filosofo statunitense Peter Kosso (1955-) paragona la valutazione della bontà delle teorie scientifiche alla valutazione della bontà delle mele che operiamo quando andiamo a fare la spesa:

Le teorie sono come le mele: ce ne sono di buone e non buone. Una buona mela è saporita e nutriente. Le mele possono avere tutti gli aspetti indicativi della bontà, che sono quelli che si usano al mercato per fare scelte intelligenti. Il colore di una mela, la sua brillantezza, la sua forma e la sua compattezza sono correlati al suo sapore e al suo valore nutrizionale. Analogamente *le teorie posseggono aspetti correlati alla loro verità, e il fine della giustificazione è identificarli e usarli come guida alla scelta di quali teorie credere*. Da questo punto di vista, scegliere responsabilmente tra teorie non è dissimile da fare responsabilmente spesa. (*Leggere il libro della natura*, 1992; *corsivo nostro*.)

Kosso identifica la bontà delle teorie con la loro verità e afferma che vi sono aspetti delle teorie "correlati alla loro verità", che occorre identificare e usare come criteri di scelta fra teorie. Nel seguito ci riferiremo a tali aspetti delle teorie con l'espressione "*indicatori di verità*" e, più in generale, parleremo di *virtù cognitive* di una teoria con riferimento a quegli aspetti della teoria che fungono da indicatori della sua bontà, cioè del fatto che la teoria consente di conseguire in ampia misura il fine cognitivo della scienza. Qui sotto ci occuperemo di due virtù cognitive delle teorie, cioè il successo esplicativo e la semplicità, che vengono comunemente ritenute indicatori della verità della teoria.

15.2 Il ruolo del successo esplicativo nella scelta tra teorie

IL PRINCIPIO DI SUCCESSO ESPLICATIVO. Il successo esplicativo di una teoria, cioè la sua *capacità di spiegare i fenomeni* ritenuti rilevanti entro un determinato campo d'indagine, viene generalmente considerato un fattore decisivo nella scelta tra teorie rivali. Questa intuizione sta alla base di quello che potremmo chiamare *principio di successo esplicativo*:

SE Fra due teorie, *ceteris paribus*, scegli quella con maggiore successo esplicativo!

La locuzione latina "*ceteris paribus*" che compare in SE può tradursi con "a parità di tutte le altre circostanze" oppure "ferme restando le altre condizioni". Le altre circostanze, o condizioni, alle quali ci si riferisce in SE sono costituite da tutti gli indicatori di verità diversi dal successo esplicativo. Per comodità espositiva, supporremo che, oltre al successo esplicativo, l'unico indicatore di verità sia la *semplicità* di una teoria. Tale supposizione ci consente di riformulare SE nel seguente modo:

SE Fra due teorie di uguale semplicità, scegli quella con maggiore successo esplicativo!

L'esito dell'applicazione di SE dipenderà, ovviamente, dalla specifica nozione comparativa di successo esplicativo che viene adottata. Molti autori identificano il successo esplicativo di una teoria con la sua *capacità di spiegare i fenomeni rilevanti*, cioè l'evidenza empirica E accertata nell'ambito di un determinato

campo di indagine. Date due teorie T_1 e T_2 , sembra plausibile affermare che T_2 spiega i fenomeni E meglio di quanto li spieghi T_1 nel caso in cui $p(E|T_2) > p(E|T_1)$, cioè nel caso in cui il verificarsi di E è più probabile sulla base di T_2 di quanto lo sia sulla base di T_1 .

GIUSTIFICAZIONI COGNITIVE DEL PRINCIPIO DI SUCCESSO ESPLICATIVO. Negli ultimi cinquant'anni diversi filosofi della scienza hanno sostenuto la tesi che *il successo esplicativo di una teoria è un indicatore della sua verità*. Questa tesi viene spesso formulata nella seguente versione probabilistica:

SE-IV Fra due teorie di uguale semplicità, quella con maggiore successo esplicativo è quella più probabilmente vera.

SE-IV afferma che il successo esplicativo è funzionale alla ricerca della verità, cioè che la probabilità che la teoria sia vera si accresce al crescere del successo esplicativo. Possiamo riformulare SE-IV con esplicito riferimento alle probabilità finali delle teorie:

SE-IV Date le teorie T_1 e T_2 e l'evidenza empirica E , se T_1 e T_2 hanno uguale semplicità e il successo esplicativo di T_2 rispetto a E è maggiore di quello di T_1 , allora $p(T_2|E) > p(T_1|E)$.

Il principio di successo esplicativo SE può fondarsi su SE-IV. Infatti, se il successo esplicativo è funzionale alla ricerca della verità, come affermato da SE-IV, e se il fine cognitivo della scienza è la verità, allora è ragionevole scegliere la teoria con maggiore successo esplicativo, cioè operare le nostre scelte teoriche in accordo con SE.

15.3 Il ruolo della semplicità nella scelta tra teorie

IL PRINCIPIO DI SEMPLICITÀ. Un criterio metodologico ampiamente adottato nella scelta fra teorie rivali è il *principio di semplicità* che può essere così formulato:

S Fra due teorie, *ceteris paribus*, scegli quella più semplice!

Si noterà che S ha una forma simile al principio di successo esplicativo SE. Qui, tuttavia, la locuzione "*ceteris paribus*" si riferisce a tutti gli indicatori di verità diversi dalla semplicità. Per comodità espositiva, manterremo la supposizione, introdotta sotto SE, che la semplicità e il successo esplicativo siano gli unici indicatori della verità di una teoria. Tale supposizione ci consente di riformulare S nel seguente modo:

S Fra due teorie di uguale successo esplicativo, scegli quella più semplice!

LA PRIMA VERSIONE DEL RASOIO DI OCKHAM. A partire da Aristotele (384 a.C. - 322 a.C.) sono state proposte numerose versioni di S. Tuttavia la paternità di S viene tradizionalmente attribuita al filosofo e frate francescano inglese William of Ockham (ca. 1285-1347), noto in italiano come Guglielmo di Ockham, o Guglielmo di Occam. Anche se, come vedremo sotto, tale attribuzione è erronea, non è del tutto inappropriata, poiché Ockham rese popolare S, applicandolo nell'analisi di vari problemi filosofici.

Con il termine "rasoio di Ockham", introdotto nel 1836, circa mezzo millennio dopo la morte di Ockham, dallo scienziato inglese William Hamilton (1805-1865), si indicano due versioni di S

comunemente attribuite a Ockham. La versione più famosa del rasoio di Ockham – che denoteremo con l’acronimo RO.1 –, è espressa dalla formula latina

RO.1 *Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*,³³

che si può tradurre con “Non si devono moltiplicare gli enti al di là del necessario”. L’immagine del rasoio raffigura l’idea, espressa da RO.1, che occorre rimuovere dalle nostre teorie – per così dire, a colpi di rasoio –, gli enti che non sono necessari per spiegare i fenomeni.

RO.1 sembra presupporre la seguente nozione comparativa di *semplicità ontologica* applicabile a qualsiasi coppia di teorie T_1 e T_2 :

SO Se gli enti postulati da T_2 sono meno numerosi di quelli postulati da T_1 , allora T_2 è *ontologicamente più semplice* di T_1 .

Sulla scorta della nozione di semplicità ontologica definita in SO, possiamo riformulare RO.1 come un *principio di semplicità ontologica*:

SO Fra due teorie, *ceteris paribus*, scegli quella ontologicamente più semplice!

La nozione di semplicità ontologica definita in SO e il corrispondente principio SO possono essere interpretati in due diversi modi. Nella prima interpretazione, la semplicità ontologica viene intesa come *semplicità quantitativa*. Ciò significa che T_2 è ontologicamente più semplice di T_1 se il numero dei *particolari enti* postulati da T_2 è minore di quello dei particolari enti postulati da T_1 : per esempio, la teoria T_2 secondo la quale il sistema solare comprende sette pianeti è quantitativamente più semplice della teoria T_1 secondo la quale ne comprende otto. Nella seconda interpretazione, la semplicità ontologica viene intesa come *semplicità qualitativa*. Ciò significa che T_2 è ontologicamente più semplice di T_1 se il numero di *tipi di enti* postulati da T_2 è minore di quello dei tipi di enti postulati da T_1 : per esempio, la teoria T_2 secondo la quale vi sono tre tipi di *quark* è qualitativamente più semplice della teoria T_1 secondo la quale ve ne sono cinque.

LA SECONDA VERSIONE DEL RASOIO DI OCKHAM. La seconda versione del rasoio di Ockham – che denoteremo con l’acronimo RO.2 –, è espressa dalla seguente formula latina:

RO.2 *Frustra fit per plura quod potest fieri per pauciora*,

che potremmo tradurre con “È inutile fare con più ciò che si può fare con meno”. RO.2 si presta a diverse interpretazioni, a seconda di come si intendano le espressioni “fare con più” e “fare con meno”. Per esempio, esse possano essere intese come forme ellittiche delle espressioni “spiegare i fenomeni mediante più principi” e “spiegare i fenomeni mediante meno principi”. Sulla scorta di questa interpretazione, RO.2 può essere riformulato come segue:

³³ Oggi sappiamo che questa formula *non* è reperibile negli scritti di Ockham. A quanto pare, essa fu coniata dal filosofo francescano irlandese John Punch nel 1639, circa tre secoli dopo la morte di Ockham. Negli scritti di Ockham compare, tuttavia, una formula essenzialmente equivalente, cioè “*Numquam ponenda est pluralitas sine necessitate*”, che potremmo tradurre con “Non si deve ipotizzare una pluralità di enti senza necessità”.

RO.2 È inutile postulare più principi di quelli necessari a spiegare i fenomeni.

RO.2 sembra presupporre una nozione comparativa di *semplicità logica* applicabile a qualsiasi coppia di teorie T_1 e T_2 :

SL Se il numero dei principi di T_2 è inferiore a quello dei principi di T_1 , allora T_2 è *logicamente più semplice* di T_1 .

Il termine “principi” che compare in RO.2 e SL va inteso in senso ampio, così da indicare tutti i postulati, assiomi e leggi fondamentali di una determinata teoria. Sulla scorta della nozione di semplicità logica definita in SL, possiamo riformulare RO.2 come un *principio di semplicità logica*:

SL Fra due teorie, *ceteris paribus*, scegli quella logicamente più semplice!

SL può essere inteso come la versione metodologica dell’idea metafisica medievale di *semplicità della natura*. Infatti, come la natura impiega un esiguo numero di principi nella *produzione* dei fenomeni, così lo scienziato deve impiegare un esiguo numero di principi nella loro *spiegazione*.

CENNI STORICI SUL PRINCIPIO DI SEMPLICITÀ, DA ARISTOTELE A OGGI. Come si è detto, le prime formulazioni del principio di semplicità risalgono almeno ad Aristotele. Per esempio, nei suoi *Analitici Posteriori* possiamo trovare un precetto metodologico molto simile a RO.2:

Possiamo assumere la superiorità, a parità delle altre condizioni, della dimostrazione che deriva da un minor numero di postulati o ipotesi.

Qualche secolo dopo, in età ellenistica, l’astronomo greco Tolomeo (ca. 100 - ca. 175), padre della teoria geocentrica dell’universo, affermò che “sembra un buon principio spiegare i fenomeni con la più semplice ipotesi possibile”.

Nei testi della Scolastica medievale possiamo reperire svariate massime identiche, o molto simili, ai principi di semplicità RO.1 e RO.2. Per esempio, troviamo diverse versioni di questi principi negli scritti del teologo e scienziato inglese Roberto Grossatesta (1175–1253), del rabbino e filosofo spagnolo Mosè Maimònide (1138-1204) e del frate domenicano e filosofo italiano Tommaso d’Aquino (1225-1274), considerato uno dei maggiori teologi di tutti i tempi. In particolare, nella sua *Summa Theologiae*, Tommaso adotta una formula molto simile a RO.2:

È superfluo supporre che ciò che può essere spiegato con pochi principi sia stato prodotto da molti.

A conclusione di questi cenni sulla diffusione del principio di semplicità in epoca medievale, osserviamo che la paternità delle versioni RO.1 e RO.2 del rasoio, erroneamente attribuita a Ockham, spetta quasi certamente al filosofo e sacerdote francescano scozzese Giovanni Duns Scoto (1265-1308), di circa vent’anni più anziano di Ockham.³⁴

³⁴ Infatti, in alcuni scritti di Scoto risalenti al 1295 circa, ci imbattiamo sia nella formula “*Numquam est ponenda pluralitas sine necessitate*”, molto simile a RO.1, sia in “*Frustra fit per plura quod potest fieri per pauciora*”, identica a

In età moderna, al culmine della rivoluzione scientifica, nei *Principi matematici della filosofia naturale* (1687), Isaac Newton formula le sue famose quattro regole del filosofare, la prima delle quali non è altro che una versione del principio di semplicità:

REGOLA I. Delle cose naturali non devono essere ammesse cause più numerose di quelle che sono vere e bastano a spiegare i fenomeni. Come dicono i filosofi: La natura non fa nulla invano, e inutilmente viene fatto con molte cose ciò che può essere fatto con poche. La natura, infatti, è semplice e non sovrabbonda in cause superflue delle cose.

Si noti che la regola newtoniana condensa in un unico principio di semplicità le versioni RO.1 e RO.2 del rasoio di Ockham.

Nell'età contemporanea sono state formulate innumerevoli versioni del principio di semplicità. Per fare un esempio, il nume tutelare del Circolo di Vienna, il filosofo austriaco Ludwig Wittgenstein (1889-1951), nel suo *Tractatus Logico-Philosophicus* (1921), definisce in questi termini il procedimento dell'induzione, usato nella scienza e nella vita quotidiana per inferire ipotesi non deducibili dai dati empirici:

Il procedimento dell'induzione consiste nell'assumere la legge più semplice che possa esser accordata con le nostre esperienze.

Nella terminologia adottata nel presente Capitolo, possiamo così riformulare la definizione di Wittgenstein: la scelta fra teorie che si accordano con le nostre esperienze viene operata scegliendo quella più semplice.

Nell'ultimo secolo molti famosi scienziati hanno sottolineato l'importanza metodologica del principio di semplicità. Per esempio, ad Albert Einstein viene attribuita la seguente affermazione:

Il fine grandioso della scienza intera è quello di spiegare il più grande numero possibile di fatti empirici mediante deduzioni logiche a partire dal più piccolo numero possibile di ipotesi o assiomi.

La visione einsteiniana del fine della scienza presuppone l'adozione di un principio del genere di SL, nel senso che, fra le teorie in grado di spiegare tutti i fenomeni noti, dovremmo scegliere quella logicamente più semplice.

SEMPLICITÀ MATEMATICA. Abbiamo sopra osservato che le versioni RO.1 e RO.2 del rasoio di Ockham presuppongono due diverse forme di semplicità, cioè la semplicità ontologica e quella logica. Per una definizione *esplicita* della nozione di semplicità – o, per meglio dire, di svariate *forme di semplicità* –, occorre attendere il Novecento. Nel secolo scorso, infatti, numerosi logici, filosofi della scienza e studiosi di informatica hanno mostrato che, accanto alle due forme di semplicità sopra menzionate, ve ne sono diverse altre. Di grande interesse appare, in particolare, la nozione di *semplicità matematica*, che verrà ora brevemente illustrata.

Come è noto, molte teorie, specialmente nelle scienze naturali, sono costituite da una o più *leggi quantitative*, cioè da leggi che descrivono, mediante determinate funzioni matematiche, le relazioni sussistenti tra due o più grandezze fisiche. Si considerino, per esempio, le seguenti funzioni matematiche che potrebbero essere usate nella formulazione di leggi quantitative:

RO.2.

$$\begin{array}{ll}
T_1: & y = 7x^3 + x^2 + 10x; \\
T_2: & y = 3x + z; \\
T_3: & y = x^8; \\
T_4: & y = x^{3/4}; \\
Gr: & F = Gm_1m_2/r^2 \quad (= Gm_1m_2r^{-2}); \\
Gr^*: & F = Gm_1m_2/r^{2,0001} \quad (= Gm_1m_2r^{-2,0001}); \\
Gr^\circ: & F = Gm_1m_2/r^{1,9999} \quad (= Gm_1m_2r^{-1,9999}).
\end{array}$$

Si noti che, nelle funzioni sopra formulate, y e F sono variabili *dipendenti*, x , z , m_1 , m_2 e r sono variabili *indipendenti* e G è una *costante*. Mentre T_1 - T_4 , Gr^* e Gr° sono state introdotte a fini puramente illustrativi, la funzione Gr esprime la famosa *legge di gravitazione* della meccanica newtoniana, secondo la quale la forza gravitazionale F che agisce su due corpi è una funzione di tre grandezze, cioè delle masse m_1 e m_2 dei corpi e della loro distanza r .³⁵ Si osservi, infine, che le funzioni Gr^* e Gr° sono varianti di Gr ottenute sostituendo l'esponente 2 di r con gli esponenti 2,0001 e 1,9999

Supponiamo che lo scienziato Sempronio decida di scegliere fra due teorie fisiche T_1 e T_2 , ciascuna delle quali costituita da una singola legge quantitativa, in accordo con il seguente *principio di semplicità matematica*:

SM *Ceteris paribus*, scegli la teoria matematicamente più semplice!

L'esito dell'applicazione di SM dipenderà dalla specifica nozione comparativa di *semplicità matematica* adottata da Sempronio. Per esempio, la semplicità matematica di una legge quantitativa potrebbe dipendere dal numero delle variabili indipendenti presenti nella funzione che esprime la legge:

SM.1 Se il *numero di variabili indipendenti* in T_2 è più piccolo di quello delle variabili indipendenti in T_1 , allora T_2 è matematicamente più semplice di T_1 .

La nozione di semplicità matematica definita in SM.1 può essere intesa come un caso particolare della nozione di semplicità ontologica introdotta in SO. Infatti le variabili (dipendenti e indipendenti) occorrenti in una teoria quantitativa indicano determinate grandezze fisiche, cioè determinati tipi di enti. Occorre notare, tuttavia, che quella definita in SM.1 non è l'unica forma di semplicità matematica. Le forme di semplicità matematica esplorate da filosofi e matematici comprendono, per esempio, le seguenti due nelle quali la semplicità matematica di una legge quantitativa dipende dalla grandezza o dalla natura degli esponenti delle variabili indipendenti che compaiono nella funzione che esprime la legge:

SM.2 Se il *più alto esponente* in T_2 è minore del più alto esponente in T_1 , allora T_2 è matematicamente più semplice di T_1 .

SM.3 Se in T_2 compaiono *solo esponenti interi* e in T_1 compare almeno un esponente non intero, allora T_2 è matematicamente più semplice di T_1 .

Le nozioni definite in SM.1-SM.3 possono dar luogo a differenti *relazioni comparative di semplicità* fra teorie, come si vede considerando le teorie T_1 - T_4 . Infatti, indicando la relazioni "più semplice" e "ugualmente semplice" con i simboli " $>_s$ " e " $=_s$ ", vediamo che:

³⁵ La costante G in Gr è la cosiddetta costante gravitazionale.

- (i) poiché in T_1 , T_3 e T_4 vi è una sola variabile indipendente, mentre in T_2 ve ne sono due, in base a SM.1 valgono le relazioni comparative di semplicità $T_1 =_s T_3 =_s T_4 >_s T_2$;
- (ii) poiché i più alti esponenti in T_1 , T_2 , T_3 e T_4 sono, rispettivamente, 3, 1, 8 e $\frac{3}{4}$, in base a SM.2 valgono le relazioni comparative di semplicità $T_4 >_s T_2 >_s T_1 >_s T_3$;
- (iii) poiché in T_1 - T_3 compaiono solo esponenti interi, mentre in T_4 compare un esponente non intero, in base a SM.3 valgono le relazioni comparative di semplicità $T_1 =_s T_2 =_s T_3 >_s T_4$.

Possiamo osservare la diversità fra relazioni di semplicità basate sulle definizioni SM.1-SM.3 anche considerando le leggi Gr , Gr^* e Gr° . Infatti vediamo che:

- (i) in base a SM.1 valgono le relazioni $Gr =_s Gr^* =_s Gr^\circ$;
- (ii) in base a SM.2 valgono le relazioni $Gr^\circ > Gr >_s Gr^* =_s$;
- (iii) in base a SM.3 valgono le relazioni $Gr >_s Gr^* =_s Gr^\circ$.

Vale la pena notare che, nella storia della scienza, le varianti della legge di gravità Gr ottenute alterando leggermente l'esponente 2 di r sono state generalmente ritenute meno semplici della versione originale e, per questa ragione, accolte con scarso favore. Questa circostanza potrebbe farci supporre che gli scienziati adottino, più o meno consapevolmente, la nozione di semplicità matematica definita in SM.3.

La nostra breve rassegna di tre specie di semplicità – ontologica, logica e matematica – e di tre sottospecie della semplicità matematica, suggerisce che l'esito dell'applicazione del principio di semplicità S è totalmente indeterminato se non si precisa, in via preliminare, quale forma di semplicità si desidera massimizzare nella scelta tra teorie.

GIUSTIFICAZIONI INTRINSECHE DEL PRINCIPIO DI SEMPLICITÀ. Giustificare il principio di semplicità S significa addurre buone ragioni per scegliere, fra due teorie di uguale successo esplicativo, quella più semplice. Quasi tutte le giustificazioni di S proposte dai filosofi della scienza appartengono a tre gruppi: (i) le giustificazioni *intrinseche*, (ii) le giustificazioni *pragmatiche* e (iii) le giustificazioni *cognitive*.

Consideriamo, anzitutto, le giustificazioni intrinseche di S . I sostenitori di questo genere di giustificazioni ritengono che la semplicità delle teorie abbia un *valore intrinseco*, cioè che sia intrinsecamente desiderabile disporre di teorie semplici. Questa tesi può essere formulata in due versioni. Nella prima il valore della semplicità è *primitivo*, nel senso che può essere perseguito indipendentemente da altri valori. Nella seconda, invece, il valore della semplicità è *derivato*, poiché dipende dal fatto che essa è un ingrediente di un valore più ampio, cioè della bellezza. In altre parole, la semplicità di una teoria è desiderabile poiché contribuisce alla sua bellezza.

Diversamente dalle giustificazioni intrinseche, le giustificazioni pragmatiche e cognitive del principio di semplicità, che verranno ora brevemente illustrate, sono *giustificazioni strumentali*. Questo genere di giustificazioni si fonda sull'idea che la semplicità abbia un *valore strumentale*, cioè che sia uno strumento efficace per il raggiungimento di determinati fini – che possono avere carattere pratico, nel caso delle giustificazioni pragmatiche, oppure cognitivo, nel caso delle giustificazioni cognitive.

GIUSTIFICAZIONI PRAGMATICHE DEL PRINCIPIO DI SEMPLICITÀ. Gli esseri umani fanno molte cose usando le mani, i martelli, i trapani e diversi altri strumenti. Il più versatile fra gli strumenti creati dall'uomo per manipolare il suo ambiente è il linguaggio, che viene usato per scambiare informazioni, dare ordini, fare promesse e praticare varie forme di cooperazione sociale, senza le quali non sarebbe possibile esercitare il

nostro dominio sulla natura. Negli ultimi due millenni l'evoluzione del linguaggio umano ha condotto, fra l'altro, alla creazione di un tipo *sui generis* di strumento linguistico, costituito dalle teorie scientifiche.

Con una teoria scientifica possiamo fare molte cose. Possiamo insegnarla e apprenderla, generalizzarla e modificarla, usarla per spiegare e prevedere determinati eventi. Possiamo anche determinare le sue relazioni logiche con le altre teorie comprese nel nostro corpo di conoscenze. E, ancora, possiamo sottoporla a controlli sperimentali, cioè possiamo dedurre, a partire dalla teoria, il risultato di un determinato esperimento e accertare poi se la previsione si verifica, oppure no. Tutte queste attività riguardano quello che facciamo con le teorie nell'ambito della scienza pura. D'altra parte, con le teorie facciamo molte cose anche nell'ambito della scienza applicata, che deve il proprio nome appunto al fatto di basarsi sull'*applicazione* delle teorie scientifiche nelle ricerche volte all'invenzione di nuove tecnologie.

I sostenitori delle giustificazioni pragmatiche di S ritengono che la nostra preferenza per le teorie semplici sia giustificata dal loro *valore pragmatico*, sia nella scienza pura sia in quella applicata, cioè dalla fatto che l'impiego di teorie semplici facilita le *attività* degli scienziati e dei tecnologi.

GIUSTIFICAZIONI COGNITIVE DEL PRINCIPIO DI SEMPLICITÀ. Senza negare il valore pragmatico delle teorie semplici, i sostenitori delle giustificazioni cognitive di S pensano che la semplicità abbia anche, e soprattutto, un *valore cognitivo*, cioè che le teorie semplici siano uno strumento efficace per il raggiungimento di determinati fini cognitivi. In particolare, molti fra loro ritengono che la semplicità sia funzionale alla ricerca della verità.

La tesi che la *semplicità è indizio di verità* era largamente diffusa già nella Scolastica medievale. Basti ricordare, per esempio, il famoso adagio scolastico "*Simplex, sigillum veri*", che potremmo tradurre con "la semplicità è l'impronta della verità". Questo motto, di incerta paternità, viene spesso attribuito all'umanista e teologo olandese Erasmo da Rotterdam (ca. 1466-1536) oppure a un suo connazionale, il grande filosofo Baruch Spinoza (1632-1677). Anche se tale attribuzione è erronea, ai due filosofi olandesi va riconosciuto il merito di avere grandemente contribuito alla popolarità di questo motto. Nel corso del Settecento, l'idea che la semplicità di una teoria sia un indizio della sua verità fu vigorosamente sostenuta dagli scienziati che avevano abbracciato la fisica newtoniana. In particolare, il famoso medico olandese Herman Boerhaave (1668-1738) non perdeva occasione per affermare che lo slogan "*Simplex, sigillum veri*" era l'epitome del metodo scientifico.

In quest'ultimo secolo, la tesi che la semplicità è un indicatore di verità è stata riformulata in termini probabilistici da diversi studiosi, tra i quali il filosofo inglese Richard Swinburne (1934-). Nel volume *Simplicity As Evidence of Truth* (1997), egli ha proposto la seguente versione probabilistica di questa tesi:

S-IV Fra due teorie di uguale successo esplicativo, la più semplice è quella più probabilmente vera.

S-IV afferma che la semplicità è funzionale alla ricerca della verità, cioè che, fermo restando il successo esplicativo di una determinata teoria, la probabilità che essa sia vera si accresce al crescere della sua semplicità. Parlando della probabilità che una teoria sia vera ci riferiamo qui alla sua *probabilità finale* sulla base dell'evidenza empirica che descrive i fenomeni spiegati dalla teoria. Possiamo quindi riformulare S-IV con esplicito riferimento alle probabilità finali delle teorie:

S-IV Date le teorie T_1 e T_2 e l'evidenza empirica E , se T_1 e T_2 hanno uguale successo esplicativo rispetto a E e T_2 è più semplice di T_1 , allora $p(T_2|E) > p(T_1|E)$.

Si noti che la giustificazione cognitiva di S può fondarsi su S-IV. Infatti, se la semplicità è funzionale alla ricerca della verità, come affermato da S-IV, e se il fine cognitivo della scienza è la verità, allora è ragionevole scegliere la teoria più semplice, cioè operare le nostre scelte teoriche in accordo con S.

Data l'importanza di S-IV nella giustificazione cognitiva di S, converrà accennare agli argomenti a sostegno di S-IV proposti nella letteratura. Quasi tutti questi argomenti appartengono a tre gruppi: (i) gli argomenti aprioristici, (ii) gli argomenti naturalistici e (iii) gli argomenti metafisici e teologici.

ARGOMENTI APRIORISTICI A SOSTEGNO DI S-IV. Gli argomenti di questo tipo sono ispirati da un approccio razionalista alla conoscenza scientifica che risale alla *Critica della ragion pura* (1781/1787) del filosofo tedesco Immanuel Kant (1724-1804). L'idea che la semplicità costituisca un indizio della verità – afferma Kant –, è un'idea regolativa della ragion pura che sta alla base di ogni indagine scientifica. Nella terminologia kantiana, le idee regolative di questo genere vanno sotto il nome di *principi sintetici a priori*. La concezione kantiana è stata recentemente ripresa da Swinburne. Infatti, nel volume sopra citato, egli sostiene che “il principio che la semplicità costituisce un indizio della verità è un fondamentale principio epistemico a priori”.

ARGOMENTI NATURALISTICI A SOSTEGNO DI S-IV. Nell'ultimo mezzo secolo si è affermata una *concezione naturalistica* della filosofia della scienza, secondo la quale l'analisi filosofica delle regole metodologiche deve basarsi su un'accurata descrizione della pratica scientifica. Nell'ambito di questa concezione sono stati avanzati svariati argomenti a favore di S-IV. Per esempio, alcuni studiosi hanno osservato che *S-IV riflette la miglior pratica scientifica* nel senso che S-IV viene adottata, almeno implicitamente, in quasi tutte le indagini scientifiche ed è stata esplicitamente difesa da molti grandi scienziati. Uno degli esempi più citati riguarda lo sviluppo della teoria della relatività da parte di Einstein, il quale fece esplicito appello alla tesi che la grande semplicità della sua teoria è un forte indizio della sua verità.

Questo argomento viene spesso integrato dall'osservazione che *S-IV è confermata dalla storia della scienza*, nel senso che le teorie che in passato sono state scelte in base alla loro grande semplicità hanno poi superato i successivi controlli sperimentali, cosicché oggi riteniamo che esse siano vere o, almeno, approssimativamente vere.

ARGOMENTI METAFISICI E TEOLOGICI A SOSTEGNO DI S-IV. Alcuni argomenti a favore di S-IV si fondano su presupposti metafisici o teologici. Per esempio, svariati filosofi e scienziati hanno accolto il *presupposto metafisico* che il mondo è molto semplice. Da tale presupposto seguirebbe che, fra due teorie di uguale successo esplicativo, la più semplice è quella più probabilmente vera, come affermato da S-IV.

A sua volta, il presupposto metafisico di semplicità del mondo viene spesso fondato sul *presupposto teologico* secondo il quale la razionalità divina pervade sia la natura sia la mente umana, aprendo così la via alla possibilità che la seconda possa conoscere la prima. Ciò significa che la semplicità, la bellezza e l'intelligibilità del mondo dipende dal fatto che Dio ha creato sia il mondo sia la mente umana sulla base di questi principi. Tra le versioni più famose del presupposto teologico va ricordata la concezione sostenuta del filosofo tedesco Gottfried Leibniz (1646-1716), secondo la quale Dio ha creato il migliore fra tutti i mondi possibili – e quindi anche il più semplice, il più completo e il più comprensibile fra tutti i mondi possibili.

15.4 La combinazione di semplicità e successo esplicativo nella ricerca della verità

Le tesi S-IV e SE-IV, formulate nei due precedenti paragrafi, ci dicono qual è la teoria più probabile nei casi, rispettivamente, di due teorie di uguale semplicità e diverso successo esplicativo e di due teorie di uguale successo esplicativo e diversa semplicità. Casi di questo genere, tuttavia, si presentano raramente. Di solito ci troviamo di fronte a coppie di teorie che differiscono fra loro sia per semplicità sia per successo esplicativo. Può accadere, per esempio, che T_2 sia più semplice di T_1 ma abbia minore successo esplicativo. In casi di questo genere, come possiamo “bilanciare” le nostre valutazioni della semplicità e del successo esplicativo di T_1 e T_2 per stabilire quale fra le due teorie è più probabile? Per rispondere a questo interrogativo occorrerà, in primo luogo, introdurre adeguate *misure* della semplicità e del successo esplicativo di una teoria e, in secondo luogo, mostrare *in che modo* la probabilità finale della teoria si accresce al crescere del suo grado di semplicità e di successo esplicativo.

La discussione dei problemi posti dalla combinazione di semplicità e successo esplicativo nelle scelte teoriche trascende i limiti di questa *Breve*. Ci limitiamo quindi a ricordare che, secondo alcuni autori, la misura $Succ(T, E)$ del successo esplicativo di una teoria T rispetto all'evidenza empirica E è definita dal rapporto $p(E|T)/p(E)$, mentre la semplicità $Semp(T)$ di T è data – sotto certe condizioni non troppo restrittive –, dalla probabilità iniziale $p(T)$. Ciò significa che, sotto certe condizioni, valgono le uguaglianze $SE(T, E) = p(E|T)/p(E)$ e $Semp(T) = p(T)$. Da queste uguaglianze segue, grazie alla versione (13.24)(i) del teorema di Bayes, che *la probabilità finale di una teoria è pari al prodotto della sua semplicità e del suo successo esplicativo*:

$$(15.1) \quad p(T|E) = Semp(T) \times Succ(T, E).^{36}$$

³⁶ Si noti, infatti, che dalla versione (12.24)(i) del teorema di Bayes segue che $p(T|E) = p(T) \times p(E|T) \times 1/p(E) = p(T) \times p(E|T)/p(E)$ e, quindi, che $p(T|E) = p(T) \times p(E|T)/p(E)$. Da quest'ultima uguaglianza e dalle uguaglianze $SE(T, E) = p(E|T)/p(E)$ e $Semp(T) = p(T)$ segue che $p(T|E) = Semp(T) \times Succ(T, E)$, come affermato nella (15.1).

Teorie dei giochi e società artificiali³⁷

Molte interazioni sociali hanno carattere *strategico*, nel senso che le decisioni degli individui coinvolti dipendono dalle loro attese circa le decisioni altrui, come accade nelle seguenti tre situazioni:

- Devo decidere se prestarti un libro: la mia decisione dipenderà da come penso che lo tratterai, se sarai puntuale nel restituirmelo, se mai me lo restituirai, e così via.
- Devo decidere se andare a una festa alla quale sono stato invitato: la mia decisione dipenderà anche da quello che mi aspetto faranno gli altri invitati.
- Devo decidere se inviare per primo il pagamento di un oggetto acquistato su *eBay*: la mia decisione dipenderà anche da quanto mi sembra probabile che il venditore mi spedisca l'oggetto richiesto.

La teoria dei giochi si occupa delle **interazioni strategiche** del genere appena illustrato. Il termine "giochi" è suggerito dalla circostanza che molti famosi giochi da tavolo – come gli scacchi, il poker e la morra cinese – offrono chiari esempi di interazioni strategiche. La teoria dei giochi, tuttavia, non si applica solo ai giochi da tavolo ma a qualunque interazione strategica fra due o più giocatori, ove il termine "giocatori" può riferirsi non solo a persone, ma anche a organizzazioni, imprese, governi e così via. Per esempio, la teoria può essere applicata alle compravendite, agli accordi commerciali, alle trattative politiche e sindacali, alle decisioni dei generali durante le battaglie e alle conferenze internazionali. Non è quindi inappropriato intendere la teoria dei giochi come una *teoria generale del comportamento strategico*.

L'obiettivo fondamentale della **teoria "classica" dei giochi** – formulata dal matematico ungherese John von Neumann (1903-1957) e dall'economista austriaco Oskar Morgenstern (1902-1977) nell'epocale volume *Theory of Games and Economic Behavior* (1944) – era quello di stabilire cosa dovesse fare un agente idealmente razionale coinvolto in un'interazione strategica. Tuttavia, si pose fin dagli inizi l'interrogativo se, oltre a questo *problema di carattere prescrittivo* (o *normativo*), la teoria dei giochi potesse affrontare anche i *problemi descrittivi* (o *esplicativi*) relativi alla spiegazione delle scelte operate dagli esseri umani in carne e ossa, nelle molteplici interazioni della loro vita sociale. Le ricerche condotte a partire dagli anni Sessanta del secolo scorso hanno permesso di fornire una risposta positiva a questo interrogativo. Infatti, le versioni della teoria classica sviluppate negli ultimi cinquant'anni e le ormai numerose **teorie "non classiche" dei giochi** sono state applicate con notevoli risultati nelle scienze economiche e sociali. Anche se il comportamento strategico non è l'unica forma di azione umana, esso è un ingrediente essenziale di diversi fenomeni sociali, quali il mercato, il rispetto delle norme e delle leggi, la partecipazione politica, la guerra e molti altri. Per questo motivo, la teoria dei giochi svolge un ruolo fondamentale in tutte le discipline – dall'economia alla scienza politica, dalla psicologia all'antropologia – che si occupano delle interazioni sociali.

Nel seguito, presentiamo i concetti e i principi fondamentali della teoria classica dei giochi (*primo* paragrafo), ne illustriamo i principali limiti (*secondo* paragrafo) e forniamo qualche ragguglio sulle teorie non classiche dei giochi (*terzo* paragrafo). Non tutte le interazioni umane hanno carattere strategico. Infatti, in molti casi gli individui non agiscono sulla base delle loro attese circa le azioni altrui, bensì reagendo secondo certi schemi di comportamento alle azioni degli altri individui attivi nel loro ambiente.

³⁷ Scritto in collaborazione con Gustavo Cevolani.

Nel *quarto* e ultimo paragrafo considereremo alcuni problemi relativi all'analisi di questo genere di comportamento, che va talvolta sotto il nome di *comportamento contingente*.

16.1 Concetti e principi fondamentali della teoria dei giochi

CONFLITTO E COINCIDENZA DI INTERESSI. In molti giochi da tavolo, i giocatori sono **avversari**, nel senso che un giocatore vince se e solo se almeno alcuni tra i suoi compagni di gioco perdono. Nel poker, per esempio, la vincita di un giocatore corrisponde esattamente alla somma delle perdite degli altri giocatori. Poiché la somma delle vincite e delle perdite dei giocatori – ove le prime sono espresse da numeri positivi e le seconde da numeri negativi –, è sempre pari a zero, si dice che il poker è un **gioco a somma zero**. Il poker e gli altri giochi a somma zero vengono anche chiamati **giochi di conflitto puro** poiché gli interessi dei giocatori sono del tutto diversi. La situazione opposta si verifica nei cosiddetti **giochi di collaborazione pura**, nei quali gli interessi dei giocatori sono esattamente coincidenti. Nelle interazioni sociali questi due tipi “estremi” di gioco sono l'eccezione piuttosto che la regola. Infatti quasi tutte le interazioni strategiche della vita sociale sono costituite da **giochi misti**, cioè da giochi con una parziale coincidenza di interessi tra i giocatori.

A dispetto della loro relativa rarità nella vita sociale, i giochi a somma zero monopolizzarono l'attenzione dei primi teorici dei giochi, anche per la loro maggiore semplicità concettuale rispetto agli altri tipi di gioco. Converrà quindi illustrare i concetti e i principi fondamentali della *teoria classica dei giochi* – in breve, *TCG* – servendoci di alcuni esempi di giochi a somma zero.

UN GIOCO DI CONFLITTO PURO: LA BATTAGLIA DEL MARE DI BISMARCK. Nel 1954 il colonnello Olivier G. Haywood (1911-2002) osservò che la battaglia del Mare di Bismarck, combattuta fra Alleati e Giapponesi presso l'isola di Nuova Britannia nel 1943, poteva essere intesa come un esempio di gioco a somma zero. Volendo rinforzare il contingente giapponese con un convoglio di truppe fresche, il contrammiraglio Masatomi Kimura (1891-1960) deve decidere se inviare la propria flotta lungo la rotta a nord dell'isola di Nuova Britannia oppure lungo la rotta a sud. Contemporaneamente, il generale americano George C. Kenney (1889-1977) deve decidere su quale rotta inviare il grosso delle proprie forze aeree, nel tentativo di intercettare e distruggere il convoglio giapponese. Entrambe le rotte richiedono tre giorni di navigazione, ma con un'importante differenza: a sud il tempo è sereno, mentre a nord è coperto e piovoso. Le diverse condizioni meteorologiche influiscono sulla capacità dei ricognitori alleati di individuare la flotta giapponese: sulla Rotta Sud, il convoglio verrebbe avvistato immediatamente, mentre sulla Rotta Nord l'avvistamento avverrebbe solo con un certo ritardo, a causa della scarsa visibilità.

La Figura 1 rappresenta la battaglia del Mare di Bismarck come una matrice con due righe e due colonne. Le righe *N* (Rotta Nord) e *S* (Rotta Sud) rappresentano le **mosse**, o **strategie**, a disposizione degli Alleati; analogamente, le colonne *N* e *S* rappresentano le mosse a disposizione dei Giapponesi. Le quattro celle della matrice rappresentano le combinazioni delle mosse dei due giocatori, dalle quali dipendono i possibili **esiti**, o **risultati**, del gioco. Possiamo indicare le celle con (N, N) , (N, S) , (S, N) e (S, S) , ove la prima lettera di ogni coppia indica la mossa degli Alleati e la seconda quella dei Giapponesi. Così, per esempio, (S, N) si riferisce al risultato determinato dalla scelta della Rotta Sud da parte degli Alleati e della Rotta Nord da parte dei Giapponesi.

Le preferenze dei due giocatori tra i possibili esiti del gioco sono espresse dai numeri che compaiono nelle celle: quelli negli angoli in basso a sinistra esprimono le preferenze degli Alleati e quelli negli angoli in alto a destra le preferenze dei Giapponesi. Vediamo che il numero più alto attribuito dagli Alleati si trova nella cella (S, S) ; questo risultato, infatti, si ottiene quando entrambi i giocatori inviano le loro forze

sulla Rotta Sud, dove la visibilità è buona cosicché le forze aeree di Kenney possono avvistare immediatamente il convoglio di Kimura e sottoporlo a tre giorni di bombardamenti. Il numero 3, che esprime la “vincita” degli Americani in (S, S) , è pari ai giorni di bombardamento inflitti alla flotta giapponese; naturalmente, a tale vincita corrisponde una “perdita” di identico valore assoluto, pari a -3 , da parte dei Giapponesi. Ciò significa che il risultato preferito dagli Americani è anche quello più avversato da parte dei Giapponesi. Il risultato preferito dai Giapponesi è invece (S, N) , che si ottiene quando Kimura invia la flotta sulla Rotta Nord mentre Kenney lo attende sulla Rotta Sud. In questo caso, infatti, a causa della scarsa visibilità nella Rotta Nord, i ricognitori alleati impiegheranno due giorni a individuare la flotta giapponese, che subirà quindi solo un giorno di bombardamento. Pertanto la vincita degli Americani sarà pari a 1 e la perdita dei Giapponesi sarà pari a -1 , cioè alla perdita minima fra tutte quelle che possono subire.

		<i>Giapponesi</i>	
		Rotta Nord (<i>N</i>)	Rotta Sud (<i>S</i>)
<i>Alleati</i>	Rotta Nord (<i>N</i>)	2 -2	2 -2
	Rotta Sud (<i>S</i>)	1 -1	3 -3

FIGURA 1. UN GIOCO A SOMMA ZERO: LA BATTAGLIA DEL MARE DI BISMARCK

Poiché nella lingua italiana non sembra esserci un termine adatto per indicare sia le vincite sia le perdite, si è soliti indicare entrambe con termine inglese **payoff**, lasciandolo immutato al plurale. Diremo, per esempio, che i payoff che Americani e Giapponesi attribuiscono all’esito (S, S) sono pari, rispettivamente, a 3 e a -3 . Come si vede la somma dei payoff in ogni cella è pari a zero; ciò significa che le preferenze dei giocatori tra i possibili esiti del gioco sono esattamente opposte.

TRE CONDIZIONI GENERALI PER I GIOCHI DELLA TEORIA CLASSICA. La matrice della Figura 1 rappresenta gli aspetti *specifici* del gioco della battaglia del Mare di Bismark: chi sono i giocatori, quali sono le mosse a loro disposizione e quali sono le loro preferenze tra i possibili risultati del gioco. D’altra parte, il gioco è caratterizzato anche da alcuni importanti aspetti *generali*, che accomunano gran parte dei giochi. In particolare, il gioco soddisfa le seguenti tre condizioni generali:

- (E) **Egoismo.** I giocatori sono egoisti, nel senso che cercano di soddisfare le proprie preferenze, cioè di massimizzare i propri payoff.
- (R) **Razionalità.** I giocatori sono razionali, nel senso che hanno le capacità cognitive necessarie a individuare la loro *strategia ottimale*, cioè la strategia più efficace per la massimizzazione dei payoff.

(CC) **Conoscenza comune.** Ciascun giocatore è a conoscenza delle preferenze del **socio**³⁸ e del fatto che il socio è un egoista razionale; inoltre, sa che il socio possiede il suo stesso genere di conoscenze.

LA SOLUZIONE DEL GIOCO DELLA BATTAGLIA: IL PRINCIPIO DI MAXIMIN. Parlando di **soluzione di un gioco**, ci si riferisce alla combinazione delle **strategie ottimali** di tutti i giocatori. Così, per esempio, la soluzione del gioco della battaglia consiste nella combinazione delle strategie ottimali degli Alleati e dei Giapponesi. L'ambizione della TCG è quella di formulare principi generali per la soluzione di *qualunque* gioco. Anche se, come vedremo in seguito, questa ambizione è senz'altro esagerata, occorre riconoscere che in molte situazioni della vita reale i giocatori si comportano in accordo con i dettami della TCG. Per esempio, tornando al gioco della battaglia, vediamo che la strategia adottata da entrambi i comandanti coincide con la cosiddetta **strategia di maximin**, cioè con la strategia consigliata dal **principio di maximin** della TCG. L'idea intuitiva alla base di tale principio può essere così formulata: poiché l'esito del gioco dipende anche dalla mossa del socio, nessun giocatore può essere sicuro di ottenere il risultato che considera migliore. Tuttavia, può essere almeno sicuro di evitare il risultato peggiore. A questo scopo, occorre che il giocatore scelga la propria strategia sulla base del seguente principio di maximin:

- (PM) (i) Per ciascuna strategia a sua disposizione il giocatore passa in rassegna i payoff che potrebbe ottenere adottando quella strategia;
- (ii) determina il payoff minimo corrispondente a ciascuna strategia;
- (iii) adotta la strategia maximin, cioè la strategia che massimizza il payoff minimo.

Osservando attentamente la Figura 1, vediamo che se i comandanti si comportano in accordo con PM, allora sceglieranno entrambi N , cioè la Rotta Nord, come effettivamente accadde.

Decisione del comandante alleato. Entrambi i payoff che egli potrebbe ottenere scegliendo la strategia N sarebbero pari a 2: ciò significa che il payoff minimo corrispondente a N è 2. Se invece scegliesse S allora il suo payoff minimo – cioè il payoff che otterrebbe se il comandante giapponese adottasse N –, sarebbe pari a 1. Questo significa che la strategia maximin del comandante alleato è N .

Decisione del comandante giapponese. Il payoff minimo della sua strategia N è pari a -2 mentre il payoff minimo di S è pari a -3 . Di conseguenza la strategia maximin del comandante giapponese è N . La soluzione del gioco è quindi (N, N) , cioè la combinazione di mosse in cui entrambi i contendenti scelgono la Rotta Nord.

“Massimizzare il minimo”, in accordo con PM significa essere estremamente prudenti e, quindi, cercare di limitare i danni garantendosi il meno peggio fra gli esiti del gioco. In un gioco a somma zero, nel quale il mio socio guadagna esattamente quello che io perdo, questo genere di comportamento è intuitivamente molto plausibile. Per di più, sembra fondarsi su solide basi. Infatti, uno dei risultati più importanti ottenuti da von Neumann e Morgenstern consiste nella dimostrazione che qualunque gioco a somma zero, per quanto complesso, può venire risolto mediante l'adozione, da parte di tutti i giocatori, di una strategia maximin.

³⁸ Qui e in seguito usiamo il termine “socio” per indicare, in maniera del tutto generale, il compagno di gioco in qualsiasi tipo di gioco, riservando il termine “avversario” al socio di un gioco a somma zero.

D'altra parte, i teorici dei giochi si resero ben presto conto che, non appena ci si avventurava al di fuori del ristretto ambito dei giochi di conflitto puro, l'adozione della strategia maximin era tutt'altro che plausibile. Supponiamo, infatti, di essere coinvolti in un gioco misto o di collaborazione pura, cioè un gioco in cui la vincita di un giocatore non si traduce necessariamente nella perdita dell'altro. Perché dovremmo adottare anche in questo caso una strategia maximin, cioè agire sulla base del presupposto che il mondo cospiri contro di noi per procurarci il massimo danno?

Dopo aver compreso che la plausibilità del principio PM non si estendeva al di là dei giochi di conflitto puro, gli studiosi si volsero alla ricerca di ulteriori principi, che risultassero plausibili anche per altri tipi di gioco. Considereremo ora due di questi principi, vale a dire il principio di dominanza e il principio di Nash.

LA SOLUZIONE DEL GIOCO DELLA BATTAGLIA: IL PRINCIPIO DI DOMINANZA. Nella formulazione del principio di dominanza si fa uso della nozione di **strategia dominata**, che può essere illustrata facendo riferimento, ancora una volta, al gioco della battaglia rappresentato nella Figura 1. Supponiamo che il comandante giapponese Kimura confronti i payoff nelle colonne corrispondenti alle sue strategie N e S per vedere quale delle due fornisce la migliore risposta alle strategie di Kenney. Anzitutto Kimura nota che N e S sono risposte ugualmente buone alla strategia N di Kenney, poiché entrambe procurano ai Giapponesi un payoff pari a -2 . D'altra parte, Kimura vede anche che N è una risposta nettamente migliore di S alla strategia S di Kenney, poiché N procura ai Giapponesi un payoff pari a -1 , cioè un payoff molto maggiore del payoff -3 procurato dalla risposta S . Ciò significa che si verificano le seguenti circostanze:

- (i) Non vi è alcuna strategia di Kenney alla quale la strategia N di Kimura risponda peggio di S : ciò significa che la strategia N di Kimura non procura mai payoff inferiori a quelli di S .
- (ii) Vi è almeno una strategia di Kenney alla quale la strategia N di Kimura risponde meglio di S : ciò significa che in qualche caso la strategia N di Kimura procura payoff superiori a quelli di S .

Dicendo che la strategia S di Kimura è *dominata* da N – o, equivalentemente, che N *domina* S –, intendiamo asserire che valgono le condizioni (i) e (ii). In termini generali, la nozione di dominanza può essere così definita:

Dominanza. Date le strategie X e Y a disposizione di un giocatore, diciamo che X è *dominata* da Y – o, equivalentemente, che Y *domina* X –, nel caso in cui, quale che sia la strategia adottata dal socio, i payoff procurati da Y non sono ma inferiori a quelli procurati da X e in qualche caso sono superiori.

Se una strategia X è dominata da qualche altra strategia diremo che X è una *strategia dominata*. Infine, se una strategia X domina qualunque altra strategia diremo che X è una **strategia dominante**. Le nozioni di strategia dominata e strategia dominante ci permettono di formulare il seguente **principio di dominanza**:

- (PD) (i) Un giocatore non deve mai adottare una strategia dominata; quindi,
- (ii) se un giocatore dispone di una strategia dominante, deve adottarla.

PD è uno dei principi più intuitivamente plausibili della teoria dei giochi. Tuttavia il suo ambito di applicabilità presenta serie limitazioni. Infatti, vi sono molti giochi in cui nessuna delle strategie a disposizione di un giocatore è dominata, cosicché PD non può essere usato. In altri giochi, alcune fra le strategie a disposizione di un giocatore sono effettivamente dominate: agendo in accordo con PD il giocatore saprà quindi *cosa non deve fare*: non dovrà adottare nessuna delle sue strategie dominate.

D'altra parte, anche in questo caso accade di frequente che il giocatore non abbia a sua disposizione alcuna strategia dominante: ciò significa che non potrà usare PD per decidere *cosa deve fare*.

Il gioco della battaglia fornisce un esempio di gioco in cui solo uno dei giocatori può agire sulla base di PD. Vediamo, infatti, che la strategia N di Kimura domina S ; dato che N e S sono le uniche strategie a sua disposizione, ciò significa che N è la strategia dominante di Kimura. Di conseguenza, se Kimura prende le sue decisioni in accordo con PD, allora dovrà adottare N . Diversamente da Kimura, il comandante alleato Kenney non può agire sulla base di PD. Un'attenta osservazione della matrice nella Figura 1 mostra, infatti, che la strategia N di Kenney è la migliore risposta alla strategia N di Kimura, mentre S è la migliore risposta a S . Ciò significa che nessuna delle strategie a disposizione di Kenney è dominata. Quindi Kenney non può scegliere la sua strategia sulla base di PD. Tuttavia, Kenney può identificare la sua strategia ottimale con questo semplice ragionamento:

- Per il principio di conoscenza comune (CC), Kenney è a conoscenza dei payoff di Kimura e del fatto che Kimura è un egoista razionale.
- Kenney può quindi anticipare il ragionamento di Kimura e prevedere che egli adotterà, in accordo con PD, la sua strategia dominante N .
- Quindi Kenney adotta la strategia N , cioè la sua migliore risposta alla strategia che verrà prevedibilmente adottata da Kimura.

Questo genere di ragionamento vale per tutti i giochi in cui solo uno dei giocatori dispone di una strategia dominante: in tal caso il giocatore privo di una strategia dominante adotterà la strategia che fornisce la migliore risposta alla strategia dominante del socio. Possiamo quindi concludere che PD permette di identificare la soluzione di qualunque gioco in cui almeno uno dei giocatori dispone di una strategia dominante. In generale, diremo che un determinato principio PX è **applicabile** in un gioco quando l'adozione di PX da parte dei giocatori li conduce a identificare le loro strategie ottimali, cioè a trovare la soluzione del gioco.

Nel gioco della battaglia vediamo che, se entrambi i giocatori si comportano razionalmente – cioè se Kimura sceglie la propria strategia in accordo con PD e Kenney sulla base del ragionamento appena illustrato –, allora l'esito del gioco sarà (N, N) , cioè l'incontro della flotta giapponese e della squadra aerea alleata sulla Rotta Nord. Si può notare che (N, N) coincide con la soluzione del gioco identificata sulla base del principio maximin PM. L'identità tra le soluzioni ottenute applicando i principi PM e PD non è una coincidenza. Si può infatti dimostrare che in tutti i giochi a somma zero con due giocatori, dei quali almeno uno dispone di una strategia dominante, la soluzione ottenuta sulla base di PD è identica a quella ottenuta applicando PM.

LA SOLUZIONE DEL GIOCO DELLA BATTAGLIA: IL PRINCIPIO DI NASH. Come si è visto entrambi i principi PM e PD presentano serie limitazioni: infatti, PM è applicabile in tutti i giochi ma è plausibile solo in quelli a somma zero, mentre PD è applicabile solo nei giochi in cui almeno uno dei giocatori dispone di una strategia dominante. Ci si può quindi chiedere se esista qualche principio generale PX per la soluzione dei giochi in grado di conservare gli aspetti desiderabili di PM e PD e di superarne le limitazioni, se esista cioè un principio PX che soddisfi le seguenti condizioni:

- (PU) **Plausibilità universale.** PX è universalmente plausibile, nel senso che è plausibile in tutti i giochi nei quali è applicabile.

- (Co) **Compatibilità.** PX è compatibile con PM e PD nel senso che l'applicazione di PX in un gioco nel quale possono essere plausibilmente applicati i principi PM oppure PD conduce alla stessa soluzione indicata da tali principi.
- (AU) **Applicabilità universale.** PX è universalmente applicabile, nel senso che è applicabile in tutti i giochi.

La ricerca di principi universalmente plausibili e applicabili, compatibili con PM e PD, trasse un decisivo impulso da alcuni brevi scritti pubblicati fra il 1950 e il 1951 dal matematico statunitense John Nash (1928-2015), il cui contributo alla teoria dei giochi gli valse il premio Nobel per l'economia, assegnato nel 1994. Nella formulazione di quello che chiameremo **principio di Nash** si fa uso della nozione di **equilibrio di Nash** che illustreremo ora con riferimento al gioco della battaglia.

Il risultato (N, N) del gioco della battaglia, vale a dire la soluzione del gioco suggerita da entrambi i principi PM e PD, presenta una caratteristica peculiare: se anche uno dei due comandanti avesse scoperto in anticipo la decisione presa dall'altro, non avrebbe avuto motivo di cambiare la propria, perché ciò non gli avrebbe procurato alcun vantaggio. Supponiamo infatti che, prima della battaglia, sia Kenney sia Kimura decidano di adottare N . Immaginiamo ora che una spia informi Kenney della decisione di Kimura: ciò non lo indurrebbe certo a cambiare i propri piani poiché, come si vede dalla matrice, la strategia N di Kenney è la risposta ottimale alla strategia N di Kimura. Allo stesso modo, se Kimura scoprisse in anticipo che Kenney ha intenzione di intercettarlo sulla Rotta Nord, non avrebbe motivo di cambiare la propria decisione; infatti, se passasse da N a S subirebbe comunque 2 giorni di bombardamento.

La caratteristica appena illustrata di (N, N) può venire così descritta: nella combinazione di strategie (N, N) , la strategia di ciascun giocatore è la risposta ottimale a quella del socio. Con riferimento a questa caratteristica, possiamo dire che (N, N) è un *equilibrio di Nash* – o, più brevemente, un **equilibrio**. In termini generali, il concetto di equilibrio può venire così definito:

Equilibrio. Le strategie X e Y adottate da due giocatori sono in equilibrio – o, equivalentemente, il risultato (X, Y) è un equilibrio – nel caso in cui X è la risposta ottimale a Y e viceversa.

Se le strategie adottate da due giocatori sono in equilibrio, nessuno di loro, se avesse la possibilità di cambiare *unilateralmente* la propria scelta dopo aver scoperto quella del socio, avrebbe interesse a farlo.

Si noti che tra i possibili risultati del gioco della battaglia, (N, N) è l'unico equilibrio. Infatti, come si può vedere dalla matrice, gli altri tre risultati del gioco sono caratterizzati dal fatto che, se un giocatore fosse informato in anticipo della mossa dell'altro, gli converrebbe cambiare la propria. Per esempio, si consideri il risultato (N, S) determinato dalla combinazione delle strategie N di Kenney e S di Kimura. Supponiamo che siano queste le decisioni prese dai due comandanti prima della battaglia e che, qualche minuto dopo aver preso la sua decisione, Kenney scopra che Kimura ha scelto S . Allora Kenney avrebbe buone ragioni per cambiare strategia e intercettare la flotta di Kimura sulla Rotta Sud, passando così da un payoff pari a 1 a un payoff pari a 3.

Come si ricorderà la soluzione di un gioco è costituita dalla combinazione delle strategie ottimali dei giocatori. Appare del tutto plausibile richiedere che tali strategie siano definite in modo tale che la strategia ottimale di un giocatore sia la risposta ottimale alla strategia ottimale del socio. In altre parole, sembra plausibile richiedere che la soluzione del gioco sia un equilibrio. Fortunatamente, un famoso teorema dimostrato da Nash ci assicura che tale richiesta può sempre venire soddisfatta, dato che:

- (TN) Tutti i giochi hanno almeno un equilibrio.

Se si ritiene plausibile richiedere che la soluzione del gioco sia un equilibrio, allora, sulla scorta del teorema TN, si potrà suggerire il seguente principio di Nash per la soluzione dei giochi:

- (PN) (i) La soluzione di un gioco deve essere un equilibrio; quindi,
(ii) se un gioco ha un solo equilibrio, esso è la soluzione del gioco;

Ciò significa che, se un gioco ha un solo equilibrio, allora le strategie ottimali di entrambi i giocatori sono quelle che determinano quell'unico equilibrio.

PN appare, per quanto si è detto sopra, un principio universalmente plausibile, come richiesto dalla condizione PU. Si può anche dimostrare che PN è compatibile con PM e PD, come richiesto da CO. Più precisamente, si può dimostrare che (i) tutti i giochi a somma zero hanno un *unico* equilibrio di Nash, che coincide con la soluzione indicata da PM, e che (ii) tutti i giochi risolvibili applicando PD hanno un *unico* equilibrio di Nash, che coincide con la soluzione basata su PD.

Resta da stabilire se PN soddisfi la condizione AU, cioè se PN sia universalmente applicabile. Sfortunatamente ci si rese ben presto conto che a tale interrogativo occorre fornire una risposta negativa. Infatti, moltissimi giochi sono caratterizzati da una **molteplicità di equilibri**: in casi di questo genere PN non è applicabile, poiché non ci permette di identificare la soluzione del gioco, ma può soltanto restringere l'ambito delle possibili soluzioni del gioco all'insieme dei suoi molteplici equilibri.

STRATEGIE MISTE. Introducendo il concetto di strategia con riferimento al gioco della battaglia, abbiamo identificato le possibili strategie dei giocatori con le mosse a loro disposizione, cioè con le due azioni che essi avrebbero potuto intraprendere: imboccare la Rotta Nord (mossa N) oppure la Rotta Sud (mossa S). L'identificazione delle strategie dei giocatori con le loro mosse è un'utile semplificazione, ampiamente usata nelle esposizioni di carattere elementare della teoria dei giochi. Tuttavia, è giunto il momento di sbarazzarci di questa semplificazione e riconoscere che le strategie a disposizione dei giocatori non si limitano alle loro possibili mosse, cioè a quelle che, nella terminologia giochistica, sono abitualmente denominate **strategie pure**. Infatti, i giocatori dispongono anche di un numero virtualmente illimitato di **strategie miste** costituite da "misure probabilistiche" di strategie pure. Il concetto di strategia mista può essere illustrato facendo ancora una volta riferimento al gioco della battaglia.

Una delle infinite strategie miste a disposizione di Kenney può venire così attuata. Kenney lancia in aria una normale moneta e sceglie la propria mossa in base al risultato del lancio: attua N se esce testa ed S se esce croce. Questa strategia è una miscela probabilistica delle strategie pure N e S , nel senso che equivale alla decisione di adottare ciascuna delle strategie N e S con una probabilità pari a $\frac{1}{2}$, cioè al 50%. Questa strategia, che assegna eguale probabilità alle due mosse del gioco, può essere chiamata **strategia simmetrica** e indicata con " $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ " o, più brevemente, con "*Sim*". Ciascuna delle infinite strategie miste a disposizione di Kenney è caratterizzata dalle specifiche probabilità $p(N)$ e $p(S)$ – ove $p(N) + p(S) = 1$ –, con cui Kenney sceglie le mosse N e S . Una strategia mista caratterizzata dalle probabilità $p(N)$ e $p(S)$ verrà indicata con " $(p(N), p(S))$ ". Si noti che le mosse, o strategie pure, N e S possono venire intese come casi particolari di strategie miste: per esempio, N equivale alla strategia mista $(1, 0)$, cioè alla decisione di adottare N con una probabilità pari a 1.

Nelle pagine precedenti abbiamo usato il termine "strategia" nel senso ristretto di strategia pura: d'ora in poi, alla luce della distinzione appena illustrata tra strategie pure e miste e del fatto che le strategie pure possono venire intese come casi particolari di strategie miste, useremo "strategia" in senso esteso, per indicare qualunque genere di strategia, pura o mista.

Abbiamo sopra introdotto una nozione "ristretta" di risultato, identificando i possibili risultati, o esiti, di un gioco con le possibili combinazioni delle mosse dei giocatori. Con riferimento a tali combinazioni

parleremo, d'ora in poi, di **esiti finali** del gioco: per esempio, gli esiti finali del gioco della battaglia sono le combinazioni (N, N) , (N, S) , (S, N) e (S, S) , rappresentate nella matrice della Figura 1. La nozione di risultato può ora essere generalizzata a qualunque combinazione di strategie: per esempio, uno dei possibili risultati del gioco della battaglia è (Sim, Sim) $(= (\frac{1}{2}, \frac{1}{2}), (\frac{1}{2}, \frac{1}{2}))$, cioè il risultato determinato dall'adozione di *Sim* da parte di entrambi i comandanti.

La nozione di payoff è stata sopra illustrata con riferimento ai payoff attribuiti agli esiti finali del gioco. Con riferimento a tali payoff parleremo, d'ora in poi, di **payoff finali** del gioco: per esempio, i payoff finali degli Americani, vale a dire i payoff da essi attribuiti agli esiti finali (N, N) , (N, S) , (S, N) e (S, S) , sono pari, rispettivamente, a 2, 2, 1 e 3. La nozione di payoff può ora essere generalizzata a qualunque risultato del gioco, incluse le combinazioni di strategie miste. Supponiamo, per esempio, che Kenney e Kimura adottino, rispettivamente, le strategie miste $(p^*(N), p^*(S))$ e $(p^+(N), p^+(S))$, cioè che Kenney scelga le mosse N e S con probabilità $p^*(N)$ e $p^*(S)$ e che Kimura le scelga con probabilità $p^+(N)$ e $p^+(S)$. I payoff che Americani e Giapponesi dovrebbero attribuire al risultato $((p^*(N), p^*(S)), (p^+(N), p^+(S)))$ verranno indicati, rispettivamente, con $\pi_A((p^*(N), p^*(S)), (p^+(N), p^+(S)))$ e $\pi_G((p^*(N), p^*(S)), (p^+(N), p^+(S)))$. Questi payoff possono essere determinati mediante un procedimento in due tappe, che illustreremo ora mostrando come si può calcolare il valore di $\pi_A((p^*(N), p^*(S)), (p^+(N), p^+(S)))$.

Determinazione delle probabilità degli esiti finali. Anche se non possiamo sapere con certezza quale esito finale si verificherà in seguito all'adozione, da parte di Kenney e Kimura, delle strategie miste $(p^*(N), p^*(S))$ e $(p^+(N), p^+(S))$, si può dimostrare che le probabilità $p(N, N)$, $p(N, S)$, $p(S, N)$ e $p(S, S)$ degli esiti finali possono venire così calcolate:

$$(a) \quad \begin{array}{ll} p(N, N) = p^*(N) p^+(N); & p(N, S) = p^*(N) p^+(S); \\ p(S, N) = p^*(S) p^+(N); & p(S, S) = p^*(S) p^+(S). \end{array}$$

Determinazione del valore atteso del payoff finale. Poiché l'esito finale del gioco è incerto, sarà incerto anche il payoff finale degli Americani. Tuttavia, possiamo calcolare il suo *valore atteso*, che è così definito:

$$(b) \quad 2 \times p(N, N) + 2 \times p(N, S) + p(S, N) + 3 \times p(S, S).$$

Come si vede, il valore atteso in (b) è costituito dalla *media ponderata* dei payoff finali degli Americani, cioè dalla somma di quattro addendi, ottenuti moltiplicando ciascuno dei payoff finali con la probabilità che si verifichi il corrispondente esito finale. Segue dalle uguaglianze (a) che il valore atteso in (b) è uguale a:

$$(c) \quad 2 \times p^*(N) p^+(N) + 2 \times p^*(N) p^+(S) + p^*(S) p^+(N) + 3 \times p^*(S) p^+(S).$$

Von Neumann e Morgenstern hanno dimostrato che il payoff $\pi_A((p^*(N), p^*(S)), (p^+(N), p^+(S)))$ degli Americani dovrebbe essere identificato con il valore atteso (c).

STRATEGIE MISTE E SOLUZIONE DEL GIOCO DELLA MORRA CINESE. Per identificare la soluzione di un gioco, vale a dire la combinazione delle strategie ottimali dei giocatori, occorre considerare *tutte* le loro possibili strategie che, come si è visto includono, oltre alle strategie pure, anche un numero illimitato di strategie miste. Talvolta la soluzione del gioco è costituita da una combinazione di strategie pure, come accade nel gioco della battaglia. Tuttavia questa possibilità è l'eccezione piuttosto che la regola. Nella maggior parte dei giochi, infatti, la soluzione è data da una combinazione di strategie miste. È questo il caso di un vecchio

gioco per bambini noto come *morra cinese*, o *sasso-carta-forbici*. In questo gioco a somma zero, rappresentato nella Figura 2, si fronteggiano due giocatori, chiamati Riga e Colonna, che devono scegliere simultaneamente, annunciandola ad alta voce, una delle mosse Sasso, Carta e Forbici. Se i giocatori scelgono la stessa mossa, il gioco finisce in pareggio, con payoff pari a 0 per entrambi. Se invece scelgono mosse diverse, vi saranno allora un vincitore e un perdente, secondo la regola: Sasso batte Forbici (le spunta), Carta batte Sasso (lo avvolge) e Forbici batte Carta (la tagliano); in tal caso i payoff del vincitore e del perdente saranno pari, rispettivamente, a 1 e a -1.

		COLONNA		
		Sasso	Carta	Forbici
RIGA	Sasso	0 0	1 -1	-1 1
	Carta	-1 1	0 0	1 -1
	Forbici	1 -1	-1 1	0 0

FIGURA 2 IL GIOCO DELLA MORRA CINESE

Vediamo dalla Figura 2 che le strategie pure Sasso, Carta e Forbici sono essenzialmente equivalenti e che, di conseguenza, nessuna di esse può essere la strategia ottimale. Più precisamente, un attento sguardo alla matrice nella Figura 2 mostra quanto segue.

- Il payoff minimo di qualunque strategia pura è pari a -1. Ciò significa che il principio maximin PM, secondo il quale dovremmo adottare la strategia che massimizza il payoff minimo, non consente alcuna scelta tra strategie pure.
- Nessuna strategia pura è dominata e, di conseguenza, nessuna è dominante. Ciò significa che il principio di dominanza PD non è applicabile nella scelta tra strategie pure.
- Nessuno fra i nove possibili esiti finali del gioco è un equilibrio³⁹. Ciò significa che il principio di Nash PN non è applicabile nella scelta fra le strategie pure.

³⁹ Si consideri, per esempio, l'esito finale (Carta, Carta). Se Riga venisse a conoscenza della mossa scelta da Colonna e avesse la possibilità di cambiare unilateralmente la propria mossa, lo farebbe certamente, passando a Forbici; la stessa cosa, ovviamente, farebbe Colonna. Questo significa che la strategia pura Carta non è la risposta ottimale a se stessa, cioè che (Carta, Carta) non è un equilibrio.

Diversamente da quanto potrebbe apparire a prima vista, la circostanza che nessun esito finale del gioco della morra cinese è un equilibrio non è affatto esclusa dal teorema di Nash TN. Infatti, TN asserisce che tutti i giochi hanno *almeno* un equilibrio, cioè che almeno una combinazione (X, Y) di strategie è tale che la strategia X è la risposta ottimale a Y e viceversa. Tuttavia, il termine “strategia” va qui interpretato in senso esteso: ciò significa che TN non esclude affatto la possibilità che alcuni, o tutti, gli equilibri di un gioco siano costituiti da combinazioni di strategie miste. Questo è proprio ciò che accade nel gioco della morra cinese. Infatti si può dimostrare quanto segue.

- Il gioco ha un unico equilibrio, costituito dall’adozione, da parte di entrambi i giocatori, della strategia mista simmetrica $Sim = (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$. Tale strategia equivale alla decisione di adottare ciascuna delle strategie Sasso, Carta e Forbici con una probabilità pari a $\frac{1}{3}$. Si può facilmente calcolare, mediante il procedimento sopra illustrato, che il payoff che entrambi i giocatori dovrebbero attribuire a (Sim, Sim) è pari a 0. Poiché (Sim, Sim) è l’unico equilibrio del gioco, possiamo applicare PN e identificare quindi la soluzione del gioco con (Sim, Sim) .
- Il payoff minimo di (Sim, Sim) è pari a 0. Tale payoff è il massimo tra i payoff minimi di qualunque strategia, pura o mista, del gioco. Ciò significa che (Sim, Sim) è la strategia maximin del gioco, cioè la soluzione del gioco indicata da PM.

Come si vede, la considerazione di tutte le strategie del gioco, incluse le strategie miste, permette di applicare i principi generali PN e PM che concordano nell’indicare la strategia mista Sim come la strategia ottimale per entrambi i giocatori.

16.2 Problemi e limiti della teoria classica dei giochi

Il principio di Nash PN appare intuitivamente molto plausibile e ha un ampio ambito di applicabilità, costituito dai giochi dotati di un unico equilibrio. Tuttavia, PN è ben lungi dal fornire una soluzione pienamente soddisfacente per *tutti* i giochi. Si presentano, infatti, due seri problemi, che verranno illustrati nel seguito di questo paragrafo: (1) il *problema delle cattive soluzioni*, connesso alla circostanza che in alcuni giochi con un unico equilibrio sorge il sospetto che tale equilibrio non sia affatto una “buona” soluzione del gioco; (2) il *problema dei troppi equilibri*, connesso alla possibilità di giochi con molteplici equilibri, rispetto ai quali PN ci dice solo che la soluzione è un equilibrio, senza dirci quale.

IL PROBLEMA DELLA CATTIVE SOLUZIONI. Supponiamo che i collezionisti Riga e Colonna scoprono su un forum *online* di possedere entrambi un doppione di un pezzo che manca all’altro e convengano di scambiarsi i doppioni per posta. In questo gioco, noto come *gioco dello scambio a distanza*, ciascun giocatore deve decidere se mantenere fede, oppure no, al proprio impegno, cioè se spedire o meno il proprio doppione al collega. Diremo che un giocatore *coopera* se spedisce il proprio doppione al collega e *defeziona* se non lo spedisce: nella Figura 3 queste mosse sono indicate, rispettivamente, con “C” e “D”.

		COLONNA	
		C	D
RIGA	C	1	2
	D	2	0

FIGURA 3. IL GIOCO DELLO SCAMBIO A DISTANZA

I payoff finali del gioco, rappresentati nella matrice della Figura 3, sono determinati sulla base della seguente regola:

- ($R\pi$) Il *payoff finale* di un giocatore è pari alla somma dei suoi *payoff parziali* derivanti dall'acquisizione di pezzi mancanti e dalla cessione di doppioni, ove:
- (i) il payoff parziale associato all'acquisizione di un pezzo mancante è pari a 2;
 - (ii) il payoff parziale associato alla cessione di un doppione è pari a -1.

$R\pi$ esprime l'idea intuitiva che il guadagno derivante dall'acquisizione di un pezzo mancante è pari al doppio della perdita derivante dalla cessione di un doppione. Applicando $R\pi$ possiamo determinare i payoff $\pi_R(C, C)$, $\pi_R(C, D)$, $\pi_R(D, C)$ e $\pi_R(D, D)$ attribuiti da Riga ai possibili esiti finali del gioco:

- $\pi_R(C, C) = 1$ è pari alla somma dei payoff parziali derivanti dall'acquisizione di un pezzo mancante e dalla cessione di un doppione.
- $\pi_R(C, D) = -1$ è pari al payoff parziale derivante dalla cessione di un doppione.
- $\pi_R(D, C) = 2$ è pari al payoff parziale derivante dall'acquisizione di un pezzo mancante.
- $\pi_R(D, D) = 0$ è il payoff dell'esito finale in cui Riga non cede alcun doppione e non acquisisce alcun pezzo mancante, cioè non realizza alcun guadagno e non subisce alcuna perdita.

Con un procedimento del tutto simile possiamo determinare anche i payoff finali di Colonna. Come si può vedere dalla matrice, il gioco dello scambio a distanza è un gioco misto, cioè un gioco in cui i due collezionisti condividono alcune preferenze tra gli esiti finali del gioco, ma non tutte. Per esempio, entrambi preferiscono (C, C) a (D, D) ; tuttavia, hanno preferenze opposte riguardo a (D, C) e (C, D) : infatti, (D, C) è il migliore esito finale per Riga e il peggiore per Colonna, mentre (C, D) è il migliore esito finale per Colonna e il peggiore per Riga.

La soluzione del gioco può essere facilmente identificata applicando uno dei principi PD e PN della TCG. Infatti la matrice nella Figura 3 mostra quanto segue:

- (i) A entrambi i giocatori conviene sempre defezionare, cioè non spedire il proprio doppione al collega. In altre parole, D è la strategia dominante di entrambi. Il principio di dominanza PD prescrive quindi a entrambi di adottare D . Ciò significa che (D, D) è la soluzione del gioco.
- (ii) (D, D) è l'unico equilibrio del gioco. Il principio di Nash PN identifica quindi (D, D) con la soluzione del gioco.

A dispetto della plausibilità intuitiva dei principi PD e PN che hanno condotto all'identificazione di (D, D) come soluzione del gioco, l'idea che la defezione sia la strategia ottimale per entrambi i giocatori suscita notevoli perplessità. Infatti, come si vede dalla matrice della Figura 3, i payoff ottenuti dai due giocatori con mutua defezione (D, D) sono pari a 0, mentre quelli che otterrebbero con la mutua cooperazione (C, C) sono pari a 1. Ciò significa che i giocatori otterrebbero risultati di gran lunga più soddisfacenti se si comportassero irrazionalmente, cioè se scegliessero entrambi di cooperare. I giocatori si trovano dunque di fronte a un dilemma: da un lato, ciascuno sa che la sua strategia ottimale è la defezione, ma dall'altro comprende che la mutua cooperazione converrebbe a entrambi.

Il gioco dello scambio a distanza è una variante del famoso **dilemma del prigioniero**, che deve il suo nome alla storiella – proposta nel 1950 dal matematico canadese Albert W. Tucker (1905-1995) –, con cui viene solitamente illustrato. Tale dilemma è un esempio canonico di **dilemma sociale**, cioè di una situazione in cui ogni membro del gruppo ottiene un risultato migliore se persegue razionalmente il proprio interesse personale ma, allo stesso tempo, ciascuno starebbe meglio se tutti perseguissero l'interesse comune. Oltre allo scambio a distanza, anche molti altri dilemmi sociali sono stati considerati come casi particolari del dilemma del prigioniero: gli esempi più comuni riguardano la fornitura dei cosiddetti beni pubblici, come l'istruzione, l'assistenza sanitaria, la difesa nazionale e la conservazione dell'ambiente.

Secondo una tesi largamente diffusa, che risale almeno al filosofo inglese Thomas Hobbes (1588-1679), è proprio l'esistenza di interazioni sociali con la struttura del dilemma del prigioniero a rendere necessaria la costituzione dello stato, cioè di un'autorità centralizzata in grado di imporre coercitivamente a tutti i membri della società di cooperare per il "bene comune". Non sorprende, quindi, che il dilemma del prigioniero abbia catturato l'attenzione non solo dei teorici dei giochi, ma anche degli scienziati sociali, dei filosofi politici e di tutti gli studiosi interessati all'analisi della cooperazione umana. Nel corso della lunga discussione seguita alla scoperta del dilemma, si è compreso che la TCG non è in grado di offrire una spiegazione convincente della spiccata tendenza alla cooperazione che caratterizza molte interazioni sociali. Infatti molto spesso le persone tendono a cooperare anche nei casi in cui i principi di scelta della teoria dei giochi indicano in modo inequivocabile – come accade nel dilemma del prigioniero –, che la scelta razionale è la defezione.

IL PROBLEMA DEI TROPPI EQUILIBRI. Supponiamo che gli automobilisti Riga e Colonna, provenendo da direzioni opposte, percorrano a velocità sostenuta una strada molto stretta. Improvvisamente si accorgono l'uno dell'altro e comprendono che possono evitare di scontrarsi solo accostando su lati diversi della carreggiata. Da che lato dovrebbero accostare? Possiamo descrivere il loro problema di decisione mediante il *gioco della guida* rappresentato nella Figura 4.

		COLONNA	
		Destra (D)	Sinistra (S)
RIGA	Destra (D)	0	-1
	Sinistra (S)	-1	0

FIGURA 4 IL GIOCO DELLA GUIDA

Come si vede, sia Riga sia Colonna possono scegliere tra due strategie pure: accostare a destra (D) oppure a sinistra (S). Entrambi gli automobilisti sono indifferenti tra D e S , nel senso che nessuna di queste strategie domina l'altra. Tuttavia, entrambi si augurano di adottare la stessa strategia, poiché solo in questo modo accosteranno su lati diversi della carreggiata. La speranza condivisa da Riga e Colonna viene rappresentata dai payoff da loro attribuiti ai quattro esiti finali del gioco. Nella matrice dei payoff vediamo, infatti, che entrambi attribuiscono un payoff pari a 0, che corrisponde all'assenza di danni, agli esiti (D, D) e (S, S) e un payoff pari a -1 , che corrisponde ai danni prodotti dallo scontro, agli esiti (D, S) e (S, D). Questi payoff mostrano che Riga e Colonna sono indifferenti tra (D, D) e (S, S) e anche tra (D, S) e (S, D), ma preferiscono nettamente i primi due esiti agli ultimi due. Ciò significa che il gioco della guida è un gioco di collaborazione pura, cioè un gioco nel quale gli interessi dei giocatori, espressi dalle loro preferenze tra i possibili esiti finali, sono esattamente coincidenti.

Osservando la matrice dei payoff, vediamo che il gioco della guida ha una molteplicità di equilibri. Possiamo infatti notare che D è la risposta ottimale a D e S è la risposta ottimale a S : ciò significa che (D, D) e (S, S) sono equilibri. Si può inoltre dimostrare che, oltre a (D, D) e (S, S), il gioco della guida possiede un terzo equilibrio costituito da (Sim, Sim), ove Sim è la strategia simmetrica con la quale un giocatore adotta ciascuna delle mosse D e S con una probabilità pari a $\frac{1}{2}$. Il principio PN della TCG ci dice che ciascuno di questi tre equilibri potrebbe essere la soluzione del gioco, ma non ci dice quale. Ciò significa che la TCG non fornisce ai giocatori nessuna indicazione su come dovrebbero comportarsi. Con riferimento al silenzio della TCG circa la soluzione dei giochi con molteplici equilibri potremmo parlare di **asino di Nash**: infatti, i partecipanti a un gioco di questo genere si trovano in una situazione molto simile a quella del famoso asino di Buridano il quale, posto a uguale distanza da due mucchi di fieno perfettamente identici, non sapendo scegliere da quale cibarsi, morì di fame.

IL PROGRAMMA DI RAFFINAMENTO. Se accettiamo l'idea che la soluzione di un gioco sia un equilibrio allora, nel caso di giochi con molteplici equilibri, occorre determinare *quale* fra essi sia la soluzione del gioco. A partire dagli anni settanta del secolo scorso questo compito è stato affrontato da diversi studiosi nell'ambito del cosiddetto **programma di raffinamento** perseguito, fra gli altri, dall'economista tedesco Reinhard Selten (1930-2016) il cui contributo alla teoria dei giochi gli valse il Nobel, assegnato nel 1994.

Il programma di raffinamento si fonda sul presupposto, proprio della TCG, che la soluzione di qualsiasi gioco può venire identificata sulla base di alcuni principi generali di scelta razionale. L'idea intuitiva alla base del programma è che non tutti gli equilibri di un gioco sono abbastanza "buoni" da poter essere considerati potenziali soluzioni del gioco: occorre quindi "raffinare" la nozione di equilibrio, cioè precisare

le proprietà che devono essere soddisfatte dai cosiddetti **equilibri raffinati**. I sostenitori del programma di raffinamento hanno introdotto svariate nozioni di equilibrio raffinato. Con riferimento a ciascuna di esse, possiamo formulare un **principio di raffinamento**, in base al quale la soluzione di un gioco deve essere un equilibrio raffinato: ne segue che, se un gioco ha un unico equilibrio raffinato, allora esso va considerato come la soluzione del gioco.

Data una certa nozione di equilibrio raffinato, in generale si può mostrare che non tutti i molteplici equilibri di un gioco sono equilibri raffinati e, piuttosto spesso, si può anche mostrare che un gioco con molteplici equilibri ha un solo equilibrio raffinato. In casi di questo genere il principio di raffinamento consente di identificare la soluzione del gioco. Senza negare i progressi conseguiti dal programma di raffinamento occorre notare che esso si imbatte in due difficoltà.

- In primo luogo, quale che sia la nozione di raffinamento che viene adottata, si deve fare i conti con la spiacevole circostanza che molti giochi presentano una molteplicità di equilibri raffinati. Su tali giochi continua a proiettarsi, seppure attenuata, l'ombra inquietante dell'asino di Nash.
- In secondo luogo, si resta imbarazzati di fronte alla pluralità delle nozioni di equilibrio raffinato elaborate nell'ambito del programma di raffinamento: finora ne sono state introdotte non meno di tre dozzine. Ciò significa che, per coordinarsi su un particolare equilibrio raffinato, che costituirebbe la soluzione del gioco, i giocatori dovrebbero adottare la stessa versione del programma di raffinamento o, per dirla in termini più coloriti, dovrebbero usare lo stesso manuale di teoria dei giochi.

Le difficoltà nelle quali si è imbattuto il programma di raffinamento rendono problematica l'applicazione della TCG nelle scienze sociali, dato che *la presenza di molteplici equilibri sembra costituire un tratto tipico delle più interessanti interazioni sociali*. L'ombra minacciosa dell'asino di Nash non può essere dissipata semplicemente invocando la razionalità dei giocatori poiché essa, come si è visto, non è una condizione sufficiente per risolvere i giochi con molteplici equilibri. D'altra parte, in questi ultimi decenni si è scoperto che, piuttosto sorprendentemente, la razionalità non rappresenta neppure una condizione necessaria per la soluzione dei giochi di questo genere. Infatti, l'osservazione delle interazioni sociali con molteplici equilibri ha mostrato che di solito i giocatori in carne e ossa, che sono ovviamente privi della razionalità ideale presupposta dalla TCG, affrontano con discreto successo il compito di coordinare le loro strategie così da raggiungere un particolare equilibrio. La necessità di offrire una soddisfacente spiegazione di questo fenomeno ha stimolato l'elaborazione di svariate teorie non classiche dei giochi, cioè di teorie caratterizzate dall'abbandono di alcuni presupposti fondamentali della TCG.

16.3 Le teorie non classiche dei giochi

LA TEORIA EVOLUZIONISTICA DEI GIOCHI. La **teoria evoluzionistica dei giochi** – in breve, *TEG* – è una sintesi della TCG e della teoria dell'evoluzione biologica. La TEG è stata elaborata negli anni settanta e ottanta del secolo scorso dal biologo inglese John Maynard Smith (1920-2004) sulla base dei seguenti presupposti relativi alle interazioni animali e alle loro (dis)somiglianze con le interazioni umane:

- (1) il risultato delle interazioni animali dipende dalle strategie adottate da tutti i partecipanti – proprio come accade nelle interazioni umane;
- (2) le strategie adottate dagli animali sono schemi di comportamento istintivi, trasmessi dai genitori mediante i meccanismi dell'ereditarietà genetica – diversamente da quanto accade nelle interazioni umane in cui le strategie dei giocatori sono spesso il prodotto di scelte consapevoli;

- (3) i payoff ottenuti dai partecipanti alle interazioni animali sono dati da determinati benefici, come cibo, territorio e partner sessuali, che si traducono in qualche vantaggio (o svantaggio) riproduttivo, cioè nell'accresciuta (o decresciuta) numerosità della prole – diversamente da quanto accade nelle interazioni umane in cui i payoff dei partecipanti riflettono le loro preferenze tra i possibili esiti delle interazioni.

La TEG si rivela molto utile nello studio dell'evoluzione strategica delle popolazioni animali: per esempio, consente di far luce sui meccanismi mediante i quali, con il succedersi delle generazioni, una determinata strategia può "invadere" una popolazione, nel senso di venire adottata da (quasi) tutti i suoi membri. Se una strategia è in grado di invadere una popolazione e di resistere poi ai tentativi di invasione da parte di individui mutanti che adottano altre strategie, diremo che si tratta di una **strategia evolutivamente stabile** – in breve, *SES*.

Le applicazioni della TEG si sono rapidamente estese dall'originario ambito biologico a quello delle scienze sociali. L'applicazione della TEG nelle scienze sociali sfrutta l'analogia tra i meccanismi dell'ereditarietà genetica e quelli della trasmissione culturale. Si può infatti notare che, in molti casi, le strategie adottate dai membri dei gruppi sociali non sono pienamente razionali e consapevoli: al contrario, essi adottano spesso schemi di comportamento spontanei, suggeriti dall'imitazione delle strategie altrui e, più precisamente, di quelle strategie che sembrano avere recato i maggiori benefici a coloro che le hanno adottate. Ciò significa che i benefici ottenuti da un individuo nelle sue interazioni sociali si traducono nell'accresciuta numerosità della sua "prole culturale", cioè della schiera di coloro che ne imiteranno le strategie.

Le prime importanti applicazioni della TEG nelle scienze sociali si devono al politologo statunitense Robert Axelrod (1943-vivente). Nel famoso volume *The Evolution of Cooperation*⁴⁰ (1984), egli immagina che i membri di una popolazione giochino al cosiddetto **dilemma ripetuto del prigioniero** – in breve, *DRP* –, cioè che essi si affrontino ripetutamente tra loro nel gioco del dilemma del prigioniero, senza sapere quando sarà l'ultimo turno di gioco. A ogni turno del *DRP*, i giocatori vengono accoppiati in maniera del tutto casuale e ciascuno di loro, sulla base della sua conoscenza dell'esito di tutti i turni di gioco precedenti nell'intera popolazione, deve decidere se cooperare (*C*) o defezionare (*D*). Una strategia per il *DRP* dirà al giocatore quale mossa adottare in ciascun turno di gioco; per esempio, tre strategie molto semplici sono le seguenti: (i) "Defeziona sempre!"; (ii) "Coopera sempre!"; (iii) "Coopera e defeziona a turni alterni!". Tutte e tre queste strategie sono *incondizionate*, nel senso che indicano al giocatore mosse che *non* dipendono in alcun modo da come il suo socio si è comportato nei loro precedenti incontri. D'altra parte, vi sono anche strategie *condizionate*, in base alle quali la mossa che il giocatore adotta in un turno di gioco dipende dalle mosse che il suo socio ha adottato nei loro precedenti incontri.

Una semplice strategia condizionata va sotto il nome di *tit for tat* – in breve, *TFT* – cioè, **colpo su colpo**. *TFT* dice a un giocatore di comportarsi in questo modo: "Al primo turno coopera! In ogni turno successivo replica la mossa fatta dal tuo socio nel vostro ultimo incontro, cioè coopera se egli ha cooperato e defeziona se ha defezionato!". Alcuni caratteri salienti di *TFT* sono i seguenti:

- *TFT* è una **strategia di reciprocità** nel senso che ripaga il socio con la sua stessa moneta, cioè premia con la cooperazione chi coopera e punisce con la defezione chi defeziona.

⁴⁰ Tradotto in italiano, per i tipi della Feltrinelli, con l'orrendo titolo *Giochi di reciprocità. L'insorgenza della cooperazione*.

- TFT è una **strategia cooperativa**, nel senso che due giocatori che adottano TFT coopereranno sempre: infatti, al primo turno essi coopereranno e nei turni successivi replicheranno l'uno l'ultima mossa dell'altro, continuando così a cooperare.
- TFT è una SES; ciò significa che una popolazione dominata da TFT non può essere invasa da individui mutanti che adottano strategie alternative.

Servendosi di ingegnosi metodi di simulazione computerizzata, Axelrod ha mostrato che in qualunque gruppo sociale alle prese con interazioni che presentano la forma del DRP, la strategia TFT ha molte probabilità di affermarsi e resistere poi ai tentativi di invasione da parte di strategie rivali. In termini più generali, Axelrod ha mostrato che, in un'ampia varietà di casi, la cooperazione fondata sulla reciprocità può emergere spontaneamente nei gruppi sociali, senza alcun bisogno di ricorrere a un'autorità coercitiva esterna al gruppo.

TEORIE COGNITIVE DEI GIOCHI. Il protagonista della TCG è un agente ideale perfettamente razionale ed egoista in grado di identificare la sua strategia ottimale, mentre il protagonista della TEG è un agente ideale privo di razionalità che replica la strategia che ha ereditato da altri membri del gruppo. Queste due idealizzazioni si sono rivelate di grande utilità nel far luce su alcuni aspetti delle interazioni sociali. D'altra parte, non si deve dimenticare che gli individui in carne e ossa non corrispondono esattamente a nessuno dei due casi ideali ed estremi ipotizzati dalla TCG e dalla TEG. Infatti, diversamente da quanto ipotizzato dalla TEG, nelle interazioni umane i partecipanti sono quasi sempre consapevoli delle proprie scelte strategiche. D'altra parte, diversamente da quanto ipotizzato dalla TCG, accade piuttosto spesso che essi non siano in grado di basare le loro scelte su una ponderata valutazione razionale della matrice del gioco, cioè dei payoff e strategie di tutti i partecipanti. Vi sono, infatti, molte situazioni in cui gli esseri umani devono limitarsi a una rapida valutazione intuitiva delle prospettive di successo delle strategie disponibili, a cominciare dalle più semplici e, su questa base, devono scegliere la strategia da adottare, almeno per un certo lasso di tempo, in qualunque interazione successiva.

Considerazioni di questo genere hanno ispirato lo sviluppo di alcune versioni della teoria dei giochi che, in assenza di una terminologia stabilita, possiamo chiamare **teorie cognitive dei giochi**. Gli studiosi che hanno elaborato queste teorie si propongono di descrivere le effettive condizioni cognitive in cui si svolgono le interazioni sociali e di mostrare in che modo tali condizioni contribuiscono a determinare la soluzione di un gioco. A loro giudizio, infatti, la soluzione di un gioco può venire identificata solo impiegando, assieme ai principi di razionalità della TCG, anche appropriati *principi contestuali*, formulati con riferimento agli aspetti essenziali del contesto cognitivo entro il quale si svolge il gioco. Ciò significa, per esempio, che si dovranno considerare le caratteristiche percettive e mentali dei giocatori, il loro orizzonte culturale, le loro opinioni circa il tipo di socio che devono affrontare, e così via.

TEORIE COMPORTAMENTALI DEI GIOCHI. Inoltre, in questi ultimi decenni il comportamento strategico umano è stato analizzato da una sempre più ampia schiera di psicologi ed economisti sperimentali i quali hanno accumulato una sterminata quantità di dati sull'effettivo comportamento di individui alle prese con svariate specie di interazioni strategiche⁴¹. Tali indagini hanno condotto allo sviluppo di alcune versioni della teoria dei giochi che vanno talvolta sotto il nome di **teorie comportamentali dei giochi**. I teorici comportamentali hanno dimostrato, per esempio, che gli individui alle prese con interazioni che presentano la forma del dilemma del prigioniero manifestano – a dispetto dei principi della TCG –, una

⁴¹ Vanno segnalate, in particolare, le ricerche condotte dagli studiosi israeliani Amos Tversky (1937-1996) e Daniel Kahneman (1934-vivente), quest'ultimo insignito nel 2002 del premio Nobel per l'economia.

spiccata tendenza alla cooperazione. In generale, le indagini condotte nell'ambito delle teorie comportamentali dei giochi sembrano indicare che gli individui in carne e ossa, oltre a non essere perfettamente razionali, non sono neppure perfettamente egoisti.

16.4 Società artificiali: i metodi di simulazione nelle scienze sociali

La teoria delle **società artificiali** si basa sull'idea che le complesse regolarità nel comportamento di un sistema sociale siano l'effetto di poche e semplici regolarità nelle interazioni tra i membri del sistema. Nell'ultimo trentennio questa idea è stata opportunamente formalizzata e incorporata nelle cosiddette società artificiali, cioè in *programmi per la simulazione computerizzata dei sistemi sociali*. Una delle prime società artificiali si deve all'economista statunitense Thomas C. Schelling (1921-2016), vincitore nel 2005 del premio Nobel per l'economia.

Schelling impiega i nuovi metodi di simulazione per affrontare il vecchio problema delle relazioni tra **micromotivazioni individuali** e **macrocomportamento del sistema sociale**. Schelling osserva che in molte situazioni gli obiettivi di un individuo sono strettamente dipendenti dal comportamento di altri individui che perseguono i loro obiettivi, o dalle caratteristiche di un ambiente formato da altri individui che perseguono i loro obiettivi: in situazioni di questo genere gli agenti esibiranno un **comportamento contingente**, cioè un comportamento che dipende da quello altrui. Di conseguenza ciascun agente, reagendo secondo certi schemi di comportamento alle caratteristiche del sistema cui appartiene, contribuirà a modificarlo. Questo meccanismo, ben noto agli economisti, condurrà in molti casi a *risultati aggregati inintenzionali*, cioè a risultati che nessun agente desidera e che nessun agente, a eccezione forse di qualche scienziato sociale, comprende di aver contribuito a determinare.

Nel volume *Micromotives and Macrobehavior* (1978), Schelling impiega i metodi di simulazione per analizzare i processi di segregazione che portano alla formazione di quartieri abitati quasi soltanto da individui dello stesso gruppo etnico. Il termine "segregazione" indica qualunque processo collettivo innescato da un comportamento individuale discriminatorio, cioè dalla tendenza a prendere alcune decisioni – dove abitare, dove sedersi, che lavoro scegliere o evitare, e così via – sulla base di determinate caratteristiche degli altri individui, come il sesso, l'età, la religione o il colore della pelle. Il modello di segregazione di Schelling è stato applicato, in primo luogo, alla segregazione spaziale, cioè ai processi che portano alla formazione di quartieri abitati soltanto, o quasi, da individui dello stesso gruppo etnico. Una versione semplificata del **modello di segregazione** ideato da Schelling viene illustrata qui di seguito.

Possiamo rappresentare lo spazio residenziale come una scacchiera con sessantaquattro quadrati sui quali vengono collocati casualmente un certo numero di agenti Bianchi e Neri, avendo cura che ogni quadrato ospiti non più di un agente e che alcuni quadrati siano lasciati vuoti. I vicini immediati di un agente sono gli occupanti degli otto quadrati adiacenti al suo. Immaginiamo ora che gli agenti possano migrare sulla scacchiera in base a questa semplice regola di comportamento: un agente è soddisfatto della sua collocazione sulla scacchiera, e resta quindi nel suo quadrato, se almeno tre dei suoi vicini immediati sono del suo stesso colore; altrimenti l'agente non è soddisfatto e si sposta nel più vicino tra i quadrati liberi che gli permette di essere soddisfatto. Possiamo ora distribuire casualmente sulla scacchiera una quarantina di agenti Bianchi e Neri, applicare a tutti la regola di comportamento appena descritta e ripetere il processo una cinquantina di volte. Vedremo allora molto distintamente il manifestarsi della segregazione spaziale, cioè della tendenza degli agenti ad aggregarsi in zone cromaticamente omogenee. Le piccole dimensioni di questo specifico modello ci consentono di effettuare la simulazione anche "a mano". Tuttavia, non appena rendiamo il modello più realistico, considerando scacchiere con alcune migliaia di caselle e agenti, e numerose ripetizioni del processo, diventa indispensabile ricorrere a

tecniche di simulazione computerizzata. Tali tecniche ci permetteranno di rispondere a interessanti interrogativi sulla struttura del processo di segregazione; possiamo chiederci, per esempio, se la tendenza alla segregazione sia più o meno veloce nel caso in cui uno dei due colori prevalga nettamente nella popolazione o se vi sia una più spiccata tendenza delle minoranze a compattarsi in zone cromaticamente omogenee. Il modello di Schelling mostra con estrema chiarezza come un macrofenomeno sociale, come la segregazione, emerga spontaneamente a partire da alcune semplici strategie di comportamento degli individui coinvolti, senza che nessuno di essi lo abbia previsto o programmato. Questo genere di spiegazione è quello richiesto, nelle scienze sociali, dal cosiddetto principio dell'**individualismo metodologico**: cioè mostrare come le azioni individuali possano dar luogo a diversi tipi di macrofenomeni sociali che non erano stati progettati, voluti o previsti da nessuno, e che si presentano quindi come "ordini spontanei". I principi dell'individualismo metodologico sono certamente soddisfatti dalle società artificiali e dalle diverse versioni delle teorie dei giochi che abbiamo considerato finora. Le ipotesi fondamentali di questi teorie, infatti, riguardano le credenze, le preferenze, le azioni e le interazioni individuali; tali ipotesi vengono poi usate per spiegare svariati tipi di macrofenomeni sociali.

Le relazioni tra la filosofia della scienza e le altre discipline filosofiche e scientifiche

La filosofia della scienza è caratterizzata da strette relazioni concettuali e notevoli interazioni con le altre discipline filosofiche, con le scienze e con quelle particolari “scienze della scienza” che vanno talvolta sotto il nome di metascienze. La Figura 1 offre una rappresentazione grafica di tali relazioni e interazioni, che verranno concisamente illustrate nel seguito di questo Capitolo.

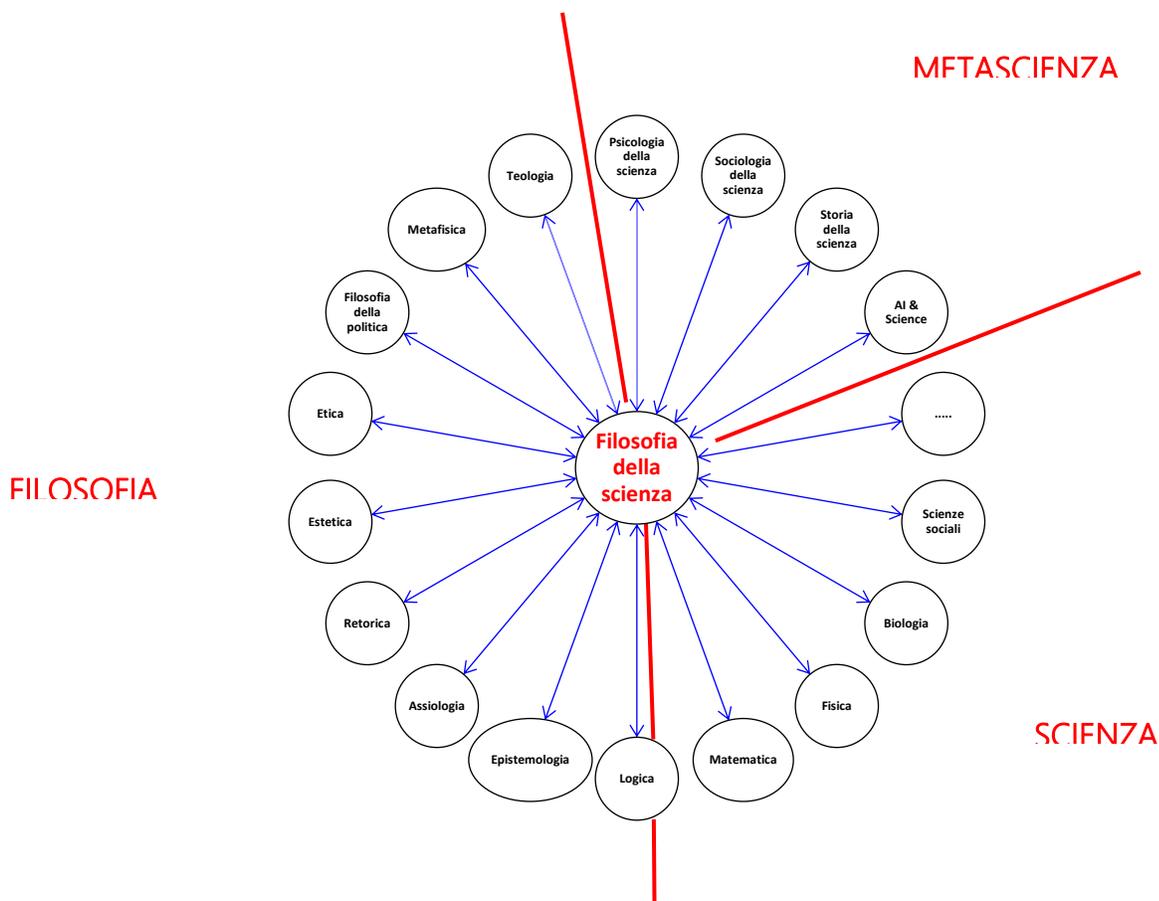


Fig. 1. Relazioni tra la filosofia della scienza ed altre discipline filosofiche e scientifiche

17.1 Le relazioni tra la filosofia della scienza e le altre discipline filosofiche

Come si è detto alla fine del Capitolo 1, la filosofia della scienza include diverse aree di ricerca quali l'epistemologia della scienza, la logica della scienza, l'etica della scienza e così via. Ciò significa che l'elaborazione di un'adeguata analisi filosofica della scienza richiede, almeno in linea di principio,

l'impiego di idee e strumenti concettuali tratti dall'epistemologia, dalla logica, dall'etica e dalle altre tradizionali discipline filosofiche. Si potrebbe persino affermare che la filosofia della scienza non va intesa come un'autonoma disciplina filosofica ma, piuttosto, come un campo d'indagine *sui generis*, caratterizzato dall'*applicazione* dell'intero sapere filosofico nell'analisi delle diverse dimensioni dell'impresa scientifica. I filosofi della scienza, tuttavia, non si limitano ad applicare le conoscenze filosofiche, dato che l'applicazione degli strumenti concettuali di una determinata disciplina filosofica nell'analisi della scienza si imbatte spesso in ostacoli imprevisti che costringono a riconsiderare quegli strumenti e, talvolta, a rinnovarli profondamente. Si può quindi parlare di *interazione* tra la filosofia della scienza e le tradizionali discipline filosofiche. A tale riguardo, vale la pena considerare brevemente, a titolo di esempio, tre casi emblematici di *interazione tra filosofia della scienza e logica*.

CASO 1. ANALISI DELLA STRUTTURA DELLE TEORIE SCIENTIFICHE E SVILUPPO DELLA TEORIA DELLE RELAZIONI E DELLA LOGICA MATEMATICA. L'oggetto della logica è lo studio sistematico delle inferenze deduttive, induttive e di altro genere operate nei vari ambiti dell'attività umana. La prima organica formulazione della logica deduttiva si deve ad Aristotele (384 a.C. - 322 a.C.). La teoria aristotelica del sillogismo, o sillogistica, può venire riformulata come un importante frammento della moderna logica deduttiva. Tuttavia, gli strumenti concettuali della sillogistica sono tutt'altro che sufficienti per un'adeguata analisi della struttura logica della geometria euclidea, della meccanica newtoniana e delle altre teorie scientifiche. Infatti la sillogistica si occupa solo di enunciati contenenti predicati monadici – come “mortale”, “greco” e “uomo” –, che descrivono le *proprietà* di un solo individuo –, trascurando completamente i predicati relazionali, cioè quei predicati che descrivono le *relazioni* tra due o più individui. D'altra parte, le teorie scientifiche fanno ampio uso di predicati relazionali. Si consideri, per esempio, l'enunciato geometrico “La retta q passa per il punto P ”: il predicato “passa per” non si riferisce ad alcuna proprietà della retta q o del punto P , bensì a una determinata *relazione* che intercorre tra q e P . La comprensione dell'insufficienza della sillogistica per l'analisi della scienza costituì una potente motivazione per la ricerca, attuata a partire dalla fine dell'Ottocento, di nuove e più potenti teorie logiche. In particolare, una teoria generale delle relazioni, applicabile anche nell'analisi logica della scienza, venne formulata dai matematici e filosofi inglesi Bertrand Russell (1872-1970) e Alfred North Whitehead (1861-1947) nel loro fondamentale libro in tre volumi *Principia Mathematica* (1913). Nei decenni successivi la logica registrò impetuosi e rivoluzionari sviluppi che trasformarono una parte di questa antica disciplina filosofica in una branca della matematica, comunemente nota come *logica matematica*. Ai nostri giorni l'ormai vastissimo campo delle ricerche logiche viene quindi distinto in due ambiti disciplinari costituiti, rispettivamente, dalla logica filosofica e dalla logica matematica. Per questa ragione l'ellissi che, nella Figura 2, rappresenta la logica si trova al confine dei settori corrispondenti alle discipline filosofiche e scientifiche.

CASO 2. ANALISI DELLE INFERENZE STATISTICHE EFFETTUATE NELLA SCIENZA E SVILUPPO DELLA LOGICA INDUTTIVA E DELLA STATISTICA. La logica induttiva è quella branca della logica che si occupa dello studio sistematico delle inferenze induttive. La nozione di inferenza induttiva fu introdotta da Aristotele con riferimento all'*induzione per enumerazione* che, come si è visto nel Capitolo 4.2, consiste nell'indurre *ipotesi universali* sulla base di un certo numero di casi particolari. Tuttavia, le prime ricerche sulla logica induttiva furono avviate solo a partire dal Seicento, quando Francesco Bacone diede alle stampe il suo *Novum Organum* (1620). Bacone era interessato soprattutto alle *inferenze (induttive) causali*, la cui conclusione è costituita da un'*ipotesi causale*, cioè da un'ipotesi sulla causa di un determinato fenomeno. Secondo Bacone tali inferenze dovevano essere operate sulla base di appropriati procedimenti di *induzione per eliminazione*, i quali avrebbero condotto alla selezione una determinata ipotesi causale, dopo avere progressivamente eliminato, sulla base di osservazioni ed esperimenti, tutte le ipotesi alternative.

In questi ultimi due secoli le inferenze induttive universali e causali sono state approfonditamente esplorate nella logica induttiva contemporanea. Tali ricerche hanno condotto all'elaborazione di sofisticati procedimenti di induzione per enumerazione e per eliminazione che si sono rivelati molto utili nell'analisi della scienza. Tuttavia, va ricordato che, per quanto importanti, le ipotesi universali e causali non sono gli unici tipi di ipotesi formulate nella scienza. Infatti, molte scienze – quali la termodinamica, la meccanica quantistica, le scienze biomediche e le scienze sociali –, fanno uso di una grande varietà di ipotesi statistiche, cioè di ipotesi relative alle probabilità statistiche che governano certi processi naturali o sociali. Un'ipotesi statistica potrebbe avere la seguente semplice forma: "La probabilità statistica che un *A* sia *B* è pari al 90%". Un'ipotesi di questo genere descrive le *relazioni statistiche* tra le proprietà *A* e *B*, affermando che il 90% degli *A* sono *B*, cioè che la *percentuale*, o *frequenza relativa*, degli individui di tipo *B* in una popolazione di individui di tipo *A* è pari a 90 su 100⁴². Possiamo ora definire un'*inferenza (induttiva) statistica* come un'inferenza induttiva la cui conclusione è costituita da un'ipotesi statistica. Molto spesso la premessa di un'inferenza statistica descrive un campione estratto casualmente da una data popolazione, mentre la conclusione concerne determinate caratteristiche dell'intera popolazione. Un semplice esempio di inferenza statistica è il seguente:

<i>Premessa</i>	Su un campione casuale di 1.000 ragazzi italiani tra i 20 e i 24 anni di età, 650 non hanno mai lavorato.
=====	
<i>Conclusione</i>	La percentuale dei ragazzi italiani tra i 20 e i 24 anni di età che non hanno mai lavorato è compresa tra il 60% e il 70%. <i>Quindi, probabilmente</i>

Il ruolo delle ipotesi e inferenze statistiche nelle scienze si è enormemente accresciuto nel corso degli ultimi due secoli al punto che, già all'inizio del Novecento, l'analisi sistematica dei vari tipi di inferenze statistiche è giunta a costituire un'apposita disciplina, vale a dire la *statistica*, caratterizzata da un elevato grado di sofisticazione matematica. Possiamo considerare la statistica come una provincia del vasto continente della logica induttiva. Tuttavia, a dispetto di questa relazione intima, logica induttiva e statistica hanno registrato uno sviluppo separato. Mentre la prima si è sviluppata sul terreno della filosofia, la seconda è impetuosamente cresciuta come una disciplina scientifica altamente specializzata, con i suoi dipartimenti e facoltà, in costante interazione con la pratica scientifica e i risultati più sofisticati della teoria matematica della probabilità.

CASO 3. ANALISI DEL CAMBIAMENTO SCIENTIFICO E SVILUPPO DELLA *BELIEF REVISION*. Il cambiamento scientifico è un problema centrale della filosofia della scienza dell'ultimo cinquantennio. Negli anni Sessanta e Settanta tale problema è stato analizzato soprattutto nell'ambito di approcci storicisti, come quelli elaborati da Thomas Kuhn, Paul Feyerabend, Imre Lakatos e molti altri (vedi Capitolo 6). A partire dalla fine degli anni Settanta esso è stato affrontato anche facendo ricorso a nuovi e raffinati strumenti logici. Il punto di partenza della "svolta logica" nella ricerca sul cambiamento scientifico può venire fissato nella conferenza su *The Logic and Epistemology of Scientific Change*, tenutasi a Helsinki nel 1977, dove furono presentati alcuni approcci logici al cambiamento scientifico, tra i quali anche la cosiddetta *belief revision*⁴³.

⁴² Come si ricorderà, nel Capitolo 4.2 abbiamo considerato la legge statistica "Il 90% degli *A* sono *B*", che può essere usata come premessa di una spiegazione statistica. I concetti di ipotesi e legge statistica sono strettamente connessi: possiamo, infatti, parlare di legge statistica con riferimento a un'ipotesi statistica che è stata indotta, con un elevato grado di plausibilità, a partire dall'evidenza empirica disponibile.

⁴³ Il termine *belief revision*, che significa *revisione delle credenze*, è ormai largamente impiegato anche nella

L'interrogativo al quale cercavano di rispondere i teorici della *belief revision* è il seguente: *come dovremmo rivedere l'insieme delle nostre credenze in risposta a nuove informazioni che ci costringono a cambiare una di esse?* Si tratta di un interrogativo di grande interesse per l'analisi non solo del cambiamento scientifico ma, più in generale, del cambiamento di opinione in qualunque ambito. Risultò ben presto chiaro che i soli strumenti della logica deduttiva non consentivano di dare un'adeguata risposta a questo interrogativo. Andavano quindi approntati nuovi strumenti logici, come quelli sviluppati dai teorici della *belief revision*. La versione più diffusa della *belief revision* è nota come AGM, un acronimo derivante dai nomi del filosofo del diritto messicano Carlos Eduardo Alchourrón (1931-1996), del filosofo della scienza svedese Bjorn Peter Gärdenfors (1949-vivente) e del logico australiano David Clement Makinson (1941-vivente), i quali ne esposero i principi fondamentali in un articolo pubblicato nel 1985.

AGM si occupa del cambiamento di opinione nel caso di *credenze puramente qualitative*. Diciamo che le credenze di un agente X sono puramente qualitative se, dato un qualsiasi enunciato A , X non è in grado di attribuire ad A nessun particolare grado di credenza, ma può solo decidere se accettare A , oppure no. L'*insieme di credenze* di un agente X in un dato istante t – o, equivalentemente, lo *stato epistemico* di X in t –, è costituito dall'insieme \mathbf{K} degli enunciati accettati da X in t . AGM si basa sul presupposto che X sia idealmente razionale, nel senso che il suo insieme di credenze \mathbf{K} soddisfa le seguenti condizioni:

- (Co) **Coerenza.** \mathbf{K} è *coerente*, cioè non contiene enunciati contraddittori, quali (A e Non A).
- (CL) **Chiusura logica.** \mathbf{K} è *logicamente chiuso*, cioè contiene tutte le sue *conseguenze logiche*⁴⁴.

Gli *input epistemici* ricevuti da un agente X dopo l'istante t – cioè le nuove informazioni da lui acquisite, per esempio attraverso osservazioni, esperimenti, o testimonianze di conoscenti affidabili –, potrebbero determinare *direttamente* tre tipi di cambiamenti nell'insieme di credenze \mathbf{K} :

- (1) l'*aggiunta* di un nuovo enunciato A a \mathbf{K} – ove A è compatibile con \mathbf{K} , nel senso che non contraddice alcun enunciato di \mathbf{K} ;
- (2) la *rimozione* di un enunciato A da \mathbf{K} ;
- (3) la *sostituzione* di un enunciato Non A di \mathbf{K} con A .

Occorre notare che il *cambiamento diretto* di \mathbf{K} , determinato da un certo *input* epistemico, deve essere accompagnato da ulteriori cambiamenti, o aggiornamenti, di \mathbf{K} – che potremmo chiamare *indiretti* –, motivati dalla necessità che il nuovo stato epistemico di X soddisfi le condizioni (Co) e (CL). Possiamo quindi formulare il problema fondamentale di AGM nel seguente modo: come si dovrebbe aggiornare \mathbf{K} in risposta ai tre tipi di *input* epistemici sopra descritti, in modo tale da rispettare (Co) e (CL)?

Consideriamo, anzitutto, un *input* epistemico di tipo (1), il quale determina direttamente l'aggiunta di un nuovo enunciato A a \mathbf{K} . Il nuovo stato epistemico di X , aggiornato in risposta a questo *input*, viene chiamato *espansione* di \mathbf{K} rispetto ad A e denotato con " $\mathbf{K} + A$ ". L'espansione $\mathbf{K} + A$ viene abitualmente definita come l'insieme di tutte le conseguenze logiche di $\mathbf{K} \cup \{A\}$ ⁴⁵. Tale insieme include A e soddisfa, come si può facilmente dimostrare, (Co) e (CL).

letteratura in lingua italiana. La *belief revision* è anche nota come *belief dynamics*, *belief change* e *theory change*.

⁴⁴ Diciamo che l'enunciato C è una conseguenza logica di \mathbf{K} se C è deducibile da uno o più enunciati di \mathbf{K} . Per esempio, se \mathbf{K} contiene gli enunciati A e B , allora la congiunzione (A e B) e la disgiunzione (A oppure B) sono conseguenze logiche di \mathbf{K} . Ne segue che, se \mathbf{K} è logicamente chiuso e contiene A e B , allora conterrà anche gli enunciati (A e B) e (A oppure B).

⁴⁵ Nella terminologia insiemistica, $\{A\}$ è l'insieme che ha come unico membro l'enunciato A , mentre $\mathbf{K} \cup \{A\}$ è

La definizione sopra suggerita di $\mathbf{K} + A$ si basa sulle sole nozioni della logica deduttiva. Sfortunatamente, però, tali nozioni non bastano a individuare la “giusta” procedura di aggiornamento dello stato epistemico di un agente in risposta a *input* epistemici di tipo (2) e (3). Si consideri, per esempio, un *input* epistemico di tipo (2), il quale determina la rimozione di un enunciato A da \mathbf{K} . Il nuovo stato epistemico di X , aggiornato in risposta a questo *input*, viene chiamato *contrazione* di \mathbf{K} rispetto ad A e denotato con “ $\mathbf{K} - A$ ”. L’interesse e la complessità della contrazione dipende dal fatto che, se si debbono rispettare le condizioni (Co) e (CL), allora non ci si può limitare a rimuovere da \mathbf{K} il solo enunciato A , ma occorrerà rimuoverne molti altri. Per esempio, occorrerà eliminare da \mathbf{K} qualsiasi enunciato B che abbia A tra le sue conseguenze logiche.⁴⁶

Difficoltà analoghe insorgono quando si è alle prese con un *input* epistemico di tipo (3), il quale determina la *sostituzione* di un enunciato Non A di \mathbf{K} con A . Il nuovo stato epistemico di X , aggiornato in risposta a questo *input* viene chiamato *revisione* di \mathbf{K} rispetto ad A e denotato con “ $\mathbf{K} * A$ ”. È interessante notare che un *input* di tipo (3) equivale alla sequenza di due *input*: il primo, di tipo (2), consiste nella rimozione di Non A da \mathbf{K} ; il secondo, di tipo (1), consiste nell’aggiunta di A a \mathbf{K} . Sulla scorta di questo rilievo, molti teorici di AGM accettano il seguente principio, noto come equivalenza di Levi:

$$(EL) \quad \mathbf{K} * A = (\mathbf{K} - \text{Non } A) + A.^{47}$$

(EL) afferma che la revisione di \mathbf{K} rispetto ad A equivale alla sequenza di due operazioni, vale a dire la contrazione di \mathbf{K} rispetto a Non A e l’espansione dell’insieme di credenze così ottenuto rispetto ad A . Ciò significa che la prima tappa della revisione di uno stato epistemico è costituita dalla sua contrazione; di conseguenza, la revisione condivide tutte le difficoltà che caratterizzano la contrazione.

Tali difficoltà vengono bene illustrate dai seguenti due esempi – uno di contrazione e l’altro di revisione –, che riprendiamo, con opportuni adattamenti, dal filosofo e logico svedese Sven Ove Hansson (1951-vivente)⁴⁸.

Esempio 1. Contrazione – Non sei più sicuro che Maria sia una musicista. Fino a ieri fa credevi che Maria fosse una musicista. Alcune voci giunte oggi al tuo orecchio incrinano questa convinzione. Dovrai allora rimuovere l’enunciato $M \equiv$ “Maria è una musicista” dall’insieme \mathbf{K} delle tue credenze. Tuttavia, credevi anche che Maria suonasse il violoncello nella locale orchestra sinfonica. È ovvio che dovrai rimuovere anche questo enunciato da \mathbf{K} , poiché da esso deriva deduttivamente M . In generale, dovrai contrarre \mathbf{K} in modo tale da bloccare la derivazione deduttiva di M sulla base degli enunciati rimasti a far parte del tuo insieme di credenze. Tuttavia, potrebbero esserci modi alternativi per contrarre \mathbf{K} in modo tale da bloccare la derivazione deduttiva di M . In tal caso dovresti scegliere l’alternativa “migliore”, in qualche senso opportunamente definito del termine.

Esempio 2. Revisione – Hai appreso che non è vero che Giovanni ha sia un cane sia un gatto. Anche se non sei mai stato a casa di Giovanni, fino a ieri credevi che avesse un cane e un gatto. In altre parole, accettavi gli enunciati $C \equiv$ “Giovanni ha un cane”, $G \equiv$ “Giovanni ha un gatto” e – nel rispetto della condizione di chiusura logica (CL) –, anche la loro congiunzione (C e G). Questa mattina hai sentito la voce di Giovanni che, con tono molto serio, affermava: “Non mi sognerei mai di avere sia un cane che un gatto”. Questa frase

l’unione degli insiemi \mathbf{K} e $\{A\}$.

⁴⁶ In caso contrario, infatti, la condizione (CL) ci obbligherebbe a mantenere A nell’insieme delle nostre credenze.

⁴⁷ (EL) fu proposto dal filosofo statunitense Isaac Levi (1930-vivente).

⁴⁸ Si veda Sven Ove Hansson, *A Textbook of Belief Dynamics, Theory Change and Database Updating* (1999, p.12).

ti spinge a eliminare (C e G) dal tuo insieme di credenze \mathbf{K} e a sostituirlo con la sua negazione Non (C e G). L'aspetto problematico di questa revisione di \mathbf{K} è costituito dalla prima tappa, cioè dalla contrazione di \mathbf{K} rispetto a (C e G). Ci sono, infatti, diversi modi per sostituire \mathbf{K} con un nuovo insieme di credenze che non contenga (C e G). Per esempio, potresti abbandonare la tua credenza C che Giovanni abbia un cane e mantenere la tua credenza G che Giovanni abbia un gatto. Oppure potresti fare il contrario. Oppure, ancora, potresti abbandonare sia C sia G . Ti trovi quindi di fronte alla necessità di scegliere l'alternativa "migliore", in qualche senso opportunamente definito del termine.

Sarebbe desiderabile disporre di plausibili principi di scelta che ci dicano qual è il modo "migliore" per contrarre, o rivedere, un insieme di credenze in risposta a un determinato *input* epistemico. Alcuni principi di questo genere sono stati effettivamente proposti nell'ambito di AGM e, più in generale, della *belief revision*. Il più noto è il cosiddetto **principio del cambiamento minimo** – o **principio di conservazione** –, che può venire così formulato: "Quando smetti di credere in qualcosa dovresti conservare il maggior numero possibile delle altre credenze, e quando cominci a credere in qualcosa non dovresti cominciare ad avere più credenze del necessario."

17.2 Relazioni e interazioni tra la filosofia della scienza e la scienza

In questo paragrafo concentreremo l'attenzione sulle relazioni e interazioni tra la scienza e l'epistemologia della scienza che costituisce, come si è visto nel Capitolo 1, un'area centrale della filosofia della scienza. La natura di tali relazioni e interazioni dipende dal modo in cui l'epistemologia della scienza affronta due problemi strettamente connessi:

1. *Razionalità scientifica*. In quale misura l'indagine scientifica è un'attività razionale? E come va intesa la razionalità scientifica?
2. *Statuto cognitivo delle teorie epistemologiche della scienza*. Come dovremmo intendere tali teorie? Come teorie descrittive, volte a identificare i criteri metodologici effettivamente adottati nella pratica scientifica, oppure come teorie normative, volte a stabilire i criteri metodologici che gli scienziati dovrebbero adottare?

Le diverse concezioni emerse nella discussione su questi problemi si collocano su uno spettro ai cui estremi troviamo il "naturalismo metodologico" e il "razionalismo metodologico"⁴⁹, di cui illustriamo ora i caratteri fondamentali.

NATURALISMO METODOLOGICO. I sostenitori di questa concezione vedono l'impresa scientifica come un insieme di fenomeni naturali costituito dalle attività delle varie comunità scientifiche, viste come gruppi umani impegnati nel raggiungimento di determinati obiettivi. Pur riconoscendo che tali attività sono in ampia misura razionali, i naturalisti metodologici sono convinti che la razionalità scientifica si manifesti entro precisi limiti, determinati dalle capacità cognitive umane e dal contesto sociale dell'impresa scientifica. Ciò significa, fra l'altro, che i principi del metodo scientifico possono cambiare passando da un'epoca all'altra o anche da un comunità scientifica all'altra; di conseguenza, non possono venire determinati sulla base di concezioni aprioristiche della razionalità. Gli epistemologi della scienza devono perciò limitarsi a esplorare i metodi effettivamente adottati nella scienza e i processi che hanno condotto

⁴⁹ Dobbiamo questa distinzione a Carl Gustav Hempel, *Oltre il positivismo logico* (1989, p. 173).

alla loro adozione. A tale scopo, devono fare buon uso dei risultati ottenuti dalla psicologia della scienza, dalla sociologia della scienza, dalla storia della scienza e, in generale, dalle cosiddette metascienze, di cui ci occuperemo nel paragrafo 3.

A partire dagli anni Sessanta dello scorso secolo il naturalismo metodologico ha conosciuto una discreta fortuna. A tale posizione si possono ricondurre, per esempio, le concezioni di Thomas Kuhn, Paul Feyerabend e di altri studiosi, tra i quali gli statunitensi Norwood Russell Hanson (1924-1967) e Ronald N. Giere (1938-vivente).

RAZIONALISMO METODOLOGICO. I sostenitori di questa concezione ritengono che la pratica scientifica riveli un elevato grado di razionalità che si manifesta nell'adozione di principi metodologici largamente condivisi e relativamente stabili nel tempo. Secondo i razionalisti metodologici l'identificazione dei principi metodologici effettivamente adottati nella pratica scientifica rappresenta soltanto un momento preliminare dell'indagine epistemologica sulla scienza, il cui obiettivo fondamentale consiste, invece, nella soluzione di due problemi – quello metodologico e quello metametodologico –, che verranno ora illustrati.

1) *Il problema metodologico.* Di solito gli scienziati applicano la *grammatica della scienza*, cioè le nozioni e i principi del metodo scientifico, nello stesso modo tacito, spontaneo e inconsapevole in cui i membri di molte comunità linguistiche applicano le regole grammaticali della loro lingua⁵⁰. Di conseguenza, il significato attribuito dagli scienziati alle nozioni metodologiche – come “conferma”, “spiegazione” e “teoria scientifica” –, è spesso impreciso e ambiguo. Il problema metodologico consiste, appunto, nella ricerca di un'adeguata *ricostruzione razionale* della grammatica della scienza, cioè di una formulazione esplicita e priva di ambiguità delle nozioni e dei principi metodologici adottati nella pratica scientifica.

2) *Il problema metametodologico*⁵¹. Risolvere questo problema significa offrire una soddisfacente *giustificazione* dei principi metodologici proposti nell'ambito di una determinata ricostruzione razionale della grammatica della scienza. I razionalisti metodologici ritengono che giustificare i principi metodologici significhi metterne in luce la razionalità strumentale, cioè mostrare che si tratta di mezzi efficaci nel perseguimento degli obiettivi della scienza. Inoltre, sono convinti che tale giustificazione possa fondarsi (soprattutto) su considerazioni a priori.

Il razionalismo metodologico è stato abbracciato dalla maggior parte dei filosofi della scienza del Novecento. A tale posizione si possono ricondurre, per esempio, le concezioni espresse dagli empiristi logici, da Karl Popper e, in epoca più recente, da molti altri studiosi, tra i quali il finlandese Ilkka Niiniluoto (1947-vivente), l'olandese Theo Kuipers (1947-vivente) e l'austriaco Gerhard Schurz (1956-vivente). Inoltre, *last but not least*, il razionalismo metodologico sembra ispirare, più o meno esplicitamente, anche le indagini sul metodo scientifico effettuate nell'ambito delle varie correnti della statistica⁵².

⁵⁰ La conoscenza dei principi metodologici da parte degli scienziati è una forma di “conoscenza tacita”, cioè un genere di conoscenza che essi non hanno appreso nei manuali ma, piuttosto, attraverso le ripetute interazioni con i loro maestri e colleghi. Dobbiamo il concetto di conoscenza tacita allo scienziato e filosofo ungherese, poi naturalizzato inglese, Michael Polanyi (1891-1976); si veda *La conoscenza inespressa*, Armando Editore, 1979

⁵¹ Il termine “metametodologico” è stato coniato dal filosofo della scienza statunitense Larry Laudan (1941-vivente).

⁵² La statistica viene qui considerata come parte integrante dell'epistemologia della scienza. Infatti, la statistica può venire intesa come un'area della logica (vedi Capitolo 9) che, a sua volta, costituisce parte integrante dell'epistemologia della scienza (vedi paragrafo 1 di questo Capitolo).

RELAZIONI TRA EPISTEMOLOGIA DELLA SCIENZA E LA SCIENZA NEL NATURALISMO E NEL RAZIONALISMO METODOLOGICO. La natura delle relazioni tra l'epistemologia della scienza e la scienza cambia in maniera significativa quando si passa dal naturalismo al razionalismo metodologico. Nel caso del naturalismo metodologico, tali relazioni sono di natura prevalentemente *descrittiva* ed *esplicativa*. Ciò significa che le teorie epistemologiche della scienza dovranno essere formulate in vista di due obiettivi fondamentali: (1) *descrivere* i metodi effettivamente impiegati nella pratica scientifica; (2) *spiegare* l'emergere di tali metodi, cioè far luce sui processi che hanno condotto alla loro adozione.

Nel caso del razionalismo metodologico, invece, le relazioni tra l'epistemologia della scienza e la scienza sono di natura prevalentemente *normativa* e *critica*. Ciò significa che le teorie epistemologiche della scienza dovranno essere formulate in vista di due obiettivi fondamentali: (1) offrire una precisa formulazione dei principi metodologici che gli scienziati *dovrebbero* seguire nelle loro indagini; (2) usare tali principi nella *valutazione critica* della pratica scientifica – valutazione che, in taluni casi, potrebbe anche approdare alla denuncia della scorrettezza di determinati metodi di indagine e della conseguente inadeguatezza delle teorie accettate sulla base di tali metodi.

INTERAZIONI TRA SCIENZA ED EPISTEMOLOGIA DELLA SCIENZA. Le strette relazioni concettuali tra scienza ed epistemologia della scienza aprono la strada a tre forme di *interazione* tra queste due aree di indagine.

- In primo luogo, gli sviluppi dell'epistemologia della scienza possono avere notevoli effetti sulla pratica scientifica.
- In secondo luogo, gli sviluppi della scienza possono avere importanti ripercussioni sulle indagini condotte nell'ambito epistemologia della scienza.
- Infine, alcune indagini di grande rilievo possano venire effettuate alla frontiera tra scienza ed epistemologia della scienza.

Questi tre aspetti dell'interazione tra scienza ed epistemologia della scienza, rappresentati graficamente nella Figura 4, verranno ora brevemente illustrati.

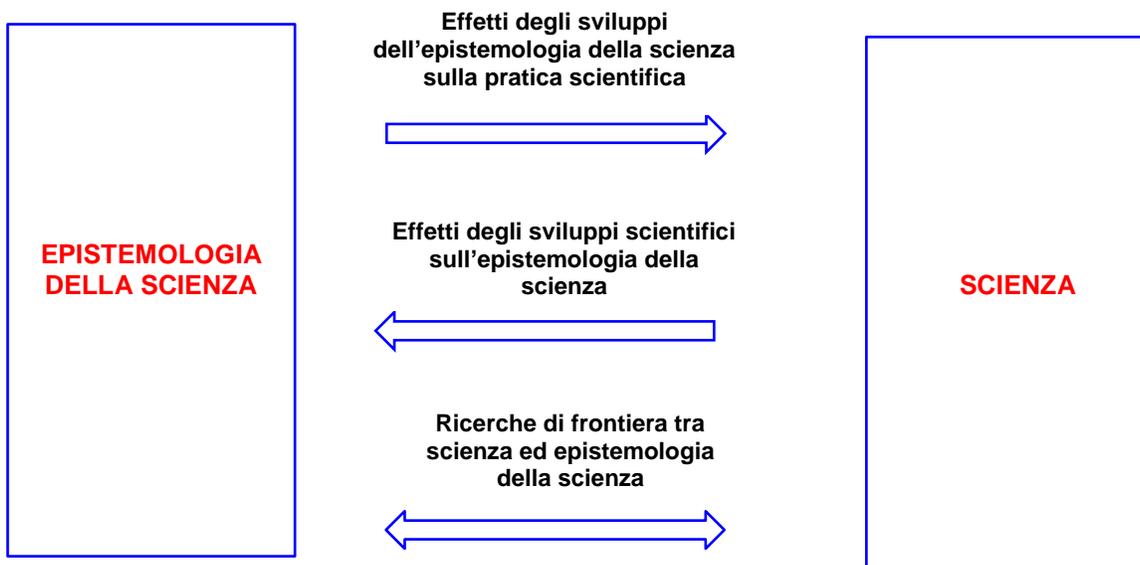


Fig. 4. *Mapa delle relazioni e interazioni tra epistemologia della scienza e scienza*

EFFETTI DEGLI SVILUPPI DELL'EPIDEMOLOGIA DELLA SCIENZA SULLA PRATICA SCIENTIFICA. Può accadere che una determinata teoria epistemologica della scienza ottenga notorietà e consenso non solo tra i filosofi ma anche nell'ambito della comunità scientifica. Se la teoria epistemologica abbracciata dagli scienziati ha carattere descrittivo, la sua diffusione potrà avere l'effetto di consolidare le pratiche scientifiche correnti, cioè di rafforzare l'adesione, talvolta acritica, degli scienziati alle loro abituali pratiche di ricerca. Per esempio, le teorie epistemologiche di Kuhn e Feyerabend (vedi Capitolo 6) e il costruttivismo sociale di Latour, Woolgar e Bloor (vedi Capitolo 6.3) potrebbero avere effetti di questo genere su alcune comunità scientifiche. A questo riguardo, lo statunitense Alan David Sokal (1955-vivente) e il belga Jean Bricmont (1952-vivente) – entrambi fisici teorici –, hanno recentemente affermato che gli autori appena citati sono gli alfiere di un “relativismo cognitivo” estremamente dannoso sia per la pratica scientifica sia per la pubblica percezione della scienza⁵³.

D'altra parte, se la teoria epistemologica che si diffonde tra gli scienziati ha carattere normativo, allora essa potrà incoraggiarli a riflettere criticamente sui metodi in uso nella loro comunità e, in certi casi, anche a modificarli. La storia della scienza offre diversi esempi di teorie normative della scienza che sembrano avere influenzato, più o meno significativamente, la pratica scientifica. Qui sotto ne menzioniamo alcuni.

La logica induttiva di Bacone e la pratica scientifica. Già alcuni anni dopo la pubblicazione del *Novum Organum* (1620) molti scienziati abbracciarono con entusiasmo la visione empirista della scienza elaborata da Francesco Bacone. In particolare, tale visione esercitò una decisiva influenza sugli scienziati che, nel 1660, fondarono *The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge*, più comunemente nota come *Royal Society*. Ancora nel diciannovesimo secolo lo scienziato e filosofo inglese William

⁵³ Si veda il loro controverso volume *Impostures intellectuelles* (1998); trad. it. *Imposture intellettuali* (Garzanti, 1999, Capitolo 4).

Whewell (1794-1866) si riferiva a Bacone con l'appellativo di "padre della scienza sperimentale". Oltre a condividere la concezione generale della scienza di Bacone, alcuni grandi scienziati – a partire da Isaac Newton –, espressero la loro adesione alla logica induttiva elaborata nel *Novum Organum*. Tuttavia, resta da chiarire in quale misura tale adesione sia stata accompagnata dall'effettivo impiego dei metodi baconiani nella pratica scientifica.

Il falsificazionismo di Popper e la pratica scientifica. Nel corso del Novecento un certo numero di scienziati, talvolta assai autorevoli, hanno espresso la loro adesione al falsificazionismo di Karl Popper. Per esempio, il suo amico viennese, e futuro premio Nobel per l'economia, Friedrich August von Hayek (1899-1992) riconobbe in svariate occasioni il suo debito nei riguardi della metodologia di Popper. Per altro, nel caso di Hayek e Popper si può parlare di reciproca influenza, dato che Popper fu molto influenzato dalla metodologia delle scienze sociali elaborata da Hayek. Tra gli studiosi che, in diversi campi della scienze naturali e umane, furono influenzati dalla teoria popperiana della scienza vanno annoverati lo storico dell'arte viennese Ernst Gombrich (1909-2001), il biologo brasiliano naturalizzato britannico Peter Medawar (1915-1987), vincitore del premio Nobel per la medicina nel 1960, il neurofisiologo e filosofo australiano Sir John Carew Eccles (1903-1997), vincitore del premio Nobel per la medicina nel 1960. Inoltre, come vedremo tra poco con più dettagli, l'economista statunitense Milton Friedman (1912-2006), insignito del Premio Nobel per l'economia nel 1976, riconobbe di essere stato profondamente influenzato dalla metodologia popperiana. Tuttavia, come nel caso dell'influenza di Bacone sulla scienza, resta da chiarire in quale misura la pubblica adesione di molti grandi scienziati alla metodologia popperiana sia stata accompagnata dall'effettivo impiego dei metodi popperiani nella pratica scientifica.

I metodi statistici nella pratica scientifica. Il ruolo sempre più importante delle ipotesi statistiche nella scienza contemporanea ha incoraggiato lo sviluppo di uno specifico settore dell'epistemologia della scienza⁵⁴, vale a dire la statistica, che si occupa dell'analisi sistematica dei vari tipi di inferenze statistiche. La statistica ci offre l'esempio più convincente di come una teoria normativa della scienza possa influenzare la pratica scientifica. Ai nostri giorni, infatti, i principali metodi di inferenza elaborati dagli studiosi di statistica costituiscono una conoscenza comune tra gli scienziati, che li apprendono dai manuali di statistica adottati in tutte le facoltà scientifiche. Oltre a essere ampiamente conosciuti dai ricercatori, i metodi statistici vengono effettivamente applicati nella pratica scientifica, al punto che l'adozione di tali metodi nell'analisi dei risultati sperimentali costituisce una condizione necessaria per la pubblicazione di contributi scientifici sulle maggiori riviste internazionali.

⁵⁴ Affermare che la statistica è un settore dell'epistemologia della scienza ci sembra del tutto appropriato, alla luce del fatto che la statistica costituisce una provincia della logica induttiva (vedi paragrafo 1 di questo Capitolo) la quale, a sua volta, rappresenta una parte integrante dell'epistemologia della scienza (vedi la conclusione del Capitolo 1).

Capitolo 18

Elementi di epistemologia della psicoanalisi

In questo capitolo illustreremo alcuni problemi fondamentali di epistemologia della psicoanalisi. I primi tre paragrafi, di carattere propedeutico, saranno dedicati a una breve presentazione degli sviluppi della psicoanalisi nell'opera di Sigmund Freud (*primo* paragrafo), con particolare attenzione alle nozioni di inconscio (*secondo* paragrafo) e nevrosi (*terzo* paragrafo). Sulla scorta delle nozioni qui introdotte affronteremo, negli ultimi tre paragrafi, il problema della scientificità della psicoanalisi (*quarto* paragrafo), il ruolo delle ipotesi causali nella psicoanalisi (*quinto* paragrafo) e, infine, il problema dell'effetto placebo nella valutazione dell'efficacia della terapia analitica (*sesto* paragrafo).

18.1 Sigmund Freud e la psicoanalisi

VITA DI FREUD. Sigmund Freud (1856-1939) nacque nell'Impero austriaco, in una cittadina che fa ora parte della Repubblica Ceca. Nel 1860 suo padre, un commerciante ebreo, si trasferì a Vienna, ove Freud trascorse quasi tutta l'esistenza. Fin da ragazzo si appassionò alla cultura ebraica e, anche se da adulto criticò aspramente ogni religione, nella sua opera troviamo molte tracce della sua vasta conoscenza dell'ebraismo.

Nel 1882 iniziò l'esercizio della professione medica all'Ospedale Generale di Vienna, ove condusse ricerche sull'anatomia cerebrale, gli effetti palliativi della cocaina e l'afasia. A riconoscimento dei suoi risultati, l'Università di Vienna gli affidò l'incarico non retribuito di docente di neuropatologia e, dopo una rapida carriera accademica, la cattedra di professore ordinario. Nel 1886 abbandonò il lavoro ospedaliero e iniziò l'esercizio della pratica clinica privata, come specialista in quelli che allora erano chiamati "disordini nervosi". Freud trasse dalla propria attività clinica spunti decisivi per lo sviluppo della psicoanalisi, destinata a diventare la più influente tra le correnti della psicologia clinica contemporanea.

Nel 1923 fu colpito da un carcinoma della bocca con il quale convisse per 16 anni, subendo ben 32 operazioni e, alla fine, anche l'asportazione della mascella. Le crescenti sofferenze non gli impedirono di continuare le ricerche, fin quasi agli ultimi mesi di vita. Nel 1933 Hitler prese il potere in Germania e nel 1938 l'Austria venne annessa al Terzo Reich tedesco. A causa delle sue origini ebraiche, Freud fu costretto ad abbandonare Vienna e trovò rifugio a Londra. Qui trascorse il suo ultimo anno di vita e morì il 23 settembre 1939.

IL SIGNIFICATO DI "PSICOANALISI". Il termine "psicoanalisi" fu coniato nel 1896 da Freud per indicare il suo approccio all'isteria e alle altre nevrosi. La psicoanalisi comprendeva una *teoria* sulle cause delle nevrosi e una *terapia* per il loro trattamento. I due elementi erano strettamente connessi, poiché la teoria doveva fornire una solida base scientifica per la terapia. Successivamente, la psicoanalisi venne intesa in senso più ampio così da includere anche le indagini freudiane sulla

struttura e la dinamica psichica individuale (dalla sessualità infantile ai sogni, dai motti di spirito ai lapsus) e sulle radici psichiche di vari fenomeni sociali (dall'arte alla religione, dal disagio della civiltà alla guerra). Qui ci limiteremo a fornire qualche ragguaglio sulla genesi e lo sviluppo della psicoanalisi intesa in senso stretto, cioè come teoria e terapia delle nevrosi.

ISTERIA E METODO CATARTICO. Nel 1885 Freud si recò a Parigi per apprendere il metodo ipnotico per il trattamento dell'isteria inventato dal neurologo Jean-Martin Charcot (1825-1893). Al suo ritorno a Vienna applicò il metodo di Charcot, ma i risultati furono deludenti. In seguito avviò una stretta collaborazione con il medico e psichiatra austriaco Josef Breuer (1842-1925) che aveva sviluppato un metodo ipnotico diverso da quello di Charcot. Mentre Charcot usava l'ipnosi per suggestionare il paziente, Breuer se ne serviva per dialogare con lui e aiutarlo a ricordare i traumi associati con l'insorgere dei sintomi isterici. Il caso di Anna O. fu l'evento decisivo per l'invenzione della psicoanalisi. In *Studi sull'isteria* (1895), Breuer e Freud usarono lo pseudonimo "Anna O." per indicare una paziente di Breuer, una ragazza ventunenne di grande intelligenza che lamentava tosse persistente e idrofobia. Breuer diagnosticò questi disturbi come sintomi isterici e trattò Anna O. con il *metodo catartico*, che consisteva nel dialogare con lei mentre si trovava in stato ipnotico, per aiutarla a ricordare i traumi associati all'insorgere dei sintomi. Al termine del trattamento Anna O. era pienamente ristabilita. Freud attribuì a Breuer il merito dell'idea che le nevrosi siano causate dalla dimenticanza di determinati traumi e che possano guarire recuperandone il ricordo. Proseguendo lungo la strada aperta da Breuer, Freud affrontò tre fondamentali interrogativi:

- A che genere di traumi sessuali infantili è associato l'insorgere della nevrosi?
- Perché ci si può dimenticare di questi traumi e perché tale dimenticanza può fare insorgere la nevrosi?
- Qual è la procedura più efficace per recuperare i ricordi traumatici e, in tal modo, ottenere la guarigione della nevrosi?

TRAUMI SESSUALI INFANTILI: DALLA TEORIA DELLA SEDUZIONE ALLA TEORIA DELLA SESSUALITÀ INFANTILE. Le risposte di Freud al primo degli interrogativi sopra formulati cambiarono nel corso del tempo. La prima risposta, presentata in alcuni scritti pubblicati nel 1896, divenne famosa come *teoria della seduzione*. Secondo questa teoria i traumi sessuali all'origine delle nevrosi erano costituiti da abusi sessuali che il paziente aveva subito da bambino, da parte di un genitore o di qualcuno che si prendeva cura di lui. Parlando di abusi sessuali, Freud si riferiva non solo alle violenze vere e proprie, bensì a tutti gli atti che introducevano prematuramente la sessualità nell'esperienza del bambino. Freud era giunto all'elaborazione della teoria della seduzione sulla base dei colloqui clinici con i suoi pazienti nevrotici, i quali avevano faticosamente portato alla luce ricordi di abusi sessuali subiti nella prima infanzia, quasi tutti prima del quarto anno di vita. Freud avanzò diversi argomenti a favore della tesi che i ricordi dei suoi pazienti erano genuini. Per esempio, affermò che all'inizio della terapia i pazienti non avevano alcun ricordo cosciente di abusi e che successivamente, nel corso delle sedute, essi non si limitavano a ricordare gli eventi, come accade normalmente con ciò che si è dimenticato, ma "rivivevano" le scene degli abusi assieme a tutte le

sensazioni penose che le accompagnavano. Sulla base di queste evidenze cliniche, Freud ipotizzava che i ricordi dei traumi subiti nella prima infanzia fossero stati rimossi dalla coscienza e seppelliti nell'inconscio.

Ad appena un anno dalla pubblicazione dei suoi scritti sulla teoria della seduzione, Freud cominciò a nutrire forti dubbi sull'adeguatezza della teoria, anche se attese fino al 1906 per abbandonarla pubblicamente. Alcune ragioni che spinsero Freud a dubitare della teoria sono le seguenti:

- Poiché le nevrosi sono una forma molto comune di disturbo mentale, affermare che esse traggono origine da abusi sessuali subiti nella prima infanzia conduce alla conclusione, del tutto infondata, che tali abusi sono molto comuni.
- Anche dopo avere "rivissuto" le scene degli abusi nel corso della terapia, in genere i pazienti non erano affatto convinti che questi penosi episodi si fossero effettivamente verificati.
- Quando determinati ricordi riemergono dall'inconscio non vi è alcuna certezza che si riferiscano a fatti realmente accaduti, poiché l'inconscio non è in grado di distinguere i fatti reali da quelli immaginati.

Un presupposto centrale della teoria della seduzione consiste nell'idea che le nevrosi siano determinate da cause *esogene*, cioè dall'impatto dell'ambiente esterno sulla psiche del bambino. A partire dal 1897 questo presupposto venne abbandonato e, nella sua nuova *teoria della sessualità infantile*, Freud ipotizzò che le nevrosi potessero essere determinate anche da cause *endogene*, cioè da meccanismi che operano all'interno della psiche del bambino. Più precisamente, Freud avanzò la tesi che i traumi sessuali infantili che determinano l'insorgere di nevrosi fossero costituiti, nella maggior parte dei casi, da eventi immaginari, cioè da determinate fantasie sessuali del bambino.

RIMOZIONE E RESISTENZA. Il secondo dei tre interrogativi sulla nevrosi affrontati da Freud riguarda i meccanismi che determinano la dimenticanza dei traumi sessuali infantili e il modo in cui ciò può fare insorgere la nevrosi. Secondo Freud, la dimenticanza dei traumi infantili non dipende dai normali limiti della memoria umana, bensì da uno specifico "meccanismo psichico di difesa" che allontana dalla coscienza e, per così dire, seppellisce nell'inconscio, tutti gli eventi, le emozioni, le fantasie e i desideri traumatici, che non possono essere integrati nell'io. A questo meccanismo, denominato *rimozione*, si affianca la *resistenza*, un ulteriore meccanismo psichico che impedisce ai contenuti psichici rimossi di riemergere alla coscienza nella loro forma originaria. Tuttavia essi possono riemergere in forme diverse da quelle originarie, e tanto più diverse quanto più forte è la resistenza. In particolare, essi possono riaffiorare alla coscienza nella forma di sintomi nevrotici. Freud non sostiene che la presenza di ricordi traumatici rimossi è una condizione sufficiente per l'insorgere delle nevrosi, ma è convinto che essa sia una condizione necessaria. Ciò significa che, in assenza di rimozione, la nevrosi non può insorgere.

IL METODO DELLA LIBERA ASSOCIAZIONE. Il terzo interrogativo sulla nevrosi affrontato da Freud riguarda la procedura più efficace per recuperare i ricordi traumatici rimossi e, in tal modo, far

cessare la loro azione patogena e ottenere la guarigione della nevrosi. Freud ritiene che l'obiettivo della terapia psicoanalitica sia quello di vincere la resistenza che impedisce ai contenuti psichici rimossi di riaffiorare alla coscienza nella loro forma originaria. Per raggiungere questo obiettivo, Freud elabora il metodo della *libera associazione*, costituito da una serie di sedute in cui il paziente viene incoraggiato a raccontare i propri sogni e a parlare di qualunque esperienza o ricordo gli venga in mente, associando liberamente un'idea all'altra, senza preoccuparsi delle loro relazioni logiche. Analizzando questi racconti alla luce della teoria psicoanalitica, il terapeuta può aiutare il paziente a recuperare i ricordi traumatici rimossi, guarendo così dalla nevrosi.

18.2 L'inconscio nella psicoanalisi, nella filosofia e nelle scienze cognitive

IL SIGNIFICATO DI "INCONSCIO". Il termine "inconscio", inteso come sostantivo, fu coniato nella prima metà dell'Ottocento dal filosofo tedesco Friedrich Schelling (1775-1854). A partire dalla fine dell'Ottocento, il termine viene largamente usato da Sigmund Freud e, grazie al successo della psicoanalisi freudiana, entra nel linguaggio comune. L'inconscio è costituito dall'insieme dei processi e contenuti mentali di un individuo di cui egli non è consapevole. Tali processi e contenuti possono essere di natura emotiva oppure cognitiva. Possiamo quindi distinguere fra *inconscio emotivo* e *inconscio cognitivo*: il primo comprende i desideri, le motivazioni, le fobie e gli istinti inconsci, mentre il secondo comprende le abilità automatiche, le percezioni subliminali e i processi di pensiero inconsci. È convinzione diffusa che i contenuti e i processi inconsci di un individuo interagiscano con la sua coscienza e il suo comportamento. Nel linguaggio comune, l'inconscio viene spesso denotato con il termine "subconscio", coniato dallo psichiatra francese Pierre Janet (1859-1947) e impiegato anche nei primi scritti di Sigmund Freud, che poi lo sostituì con "inconscio".

L'INCONSCIO PRIMA DI FREUD. Freud si attribuisce il merito di avere introdotto l'inconscio nella psicologia, ma non ne rivendica la scoperta. Al contrario, osserva che diversi poeti e filosofi, a partire dall'antica Grecia, si erano resi conto della sua esistenza. Per esempio, il filosofo ateniese Platone (428 o 427 a.C. - 348 o 347 a.C.) sostiene che l'anima umana nasconde una conoscenza inconscia che ha acquisito prima della nascita, nell'iperuranio delle idee. Questa conoscenza viene dimenticata al momento della nascita, quando l'anima si unisce al corpo. Sarà compito del filosofo aiutare gli allievi, attraverso opportune forme di dialogo, a ottenere l'*anamnesi*, cioè il recupero della conoscenza dimenticata.

In età moderna l'idea che la psiche abbia una dimensione inconscia trova sia tenaci avversari, a partire dal filosofo francese René Descartes (1596-1650), comunemente italianizzato in Cartesio, sia convinti sostenitori, come il filosofo tedesco Gottfried Leibniz (1646-1716). Cartesio ritiene che il pensiero sia sinonimo di coscienza e che sia, quindi, logicamente impossibile ammettere l'esistenza di pensieri inconsci. La concezione cartesiana non viene accettata da Leibniz il quale sostiene che gli esseri umani non hanno solo pensieri coscienti ma anche *percezioni inconscie*, cioè pensieri di cui non sono consapevoli. Leibniz si spinge ad affermare che non esiste alcuna realtà

priva di pensiero e che persino gli esseri inanimati hanno qualche attività pensante di carattere inconscio.

Nell'Ottocento l'idea di inconscio viene accettata da diversi studiosi, fra i quali i filosofi tedeschi Arthur Schopenhauer (1788-1860) e Friedrich Nietzsche (1844-1900). Schopenhauer sostiene che l'esistenza degli esseri umani e dell'intero universo è dominata da un principio inconscio, costituito dalla *volontà di vivere*. Questa concezione esercita una forte influenza su Nietzsche, secondo il quale tutte le azioni umane, anche quelle comunemente ritenute disinteressate, traggono origine da una pulsione inconscia, cioè dalla *volontà di potenza*.

L'INCONSCIO NELLA PSICOANALISI DI FREUD. Freud introduce il concetto di inconscio per descrivere il meccanismo psichico della rimozione che, a suo giudizio, determina l'insorgere della nevrosi. Secondo Freud, il comportamento dei pazienti nevrotici non può essere spiegato sulla sola base dei loro pensieri coscienti. Occorre quindi ipotizzare che sia determinato da processi inconsci e, più precisamente, dalla rimozione di determinati contenuti mentali di carattere traumatico. Tali contenuti vengono sepolti nell'inconscio del paziente e, in determinate circostanze, riaffiorano alla coscienza nella forma di sintomi nevrotici. Freud paragona la mente a un iceberg, nel quale la parte emergente, relativamente piccola, rappresenta la coscienza, mentre la parte immersa, molto più grande, rappresenta l'inconscio. A partire dagli inizi del Novecento la riflessione sull'inconscio, stimolata dalla psicoanalisi freudiana, si diffonde in molti ambiti scientifici e filosofici.

L'INCONSCIO NELLA PSICOLOGIA ANALITICA DI CARL GUSTAV JUNG. La più famosa fra le concezioni post-freudiane dell'inconscio si deve allo psichiatra svizzero Carl Gustav Jung (1875-1961), di una ventina d'anni più giovane di Freud. Nel 1907, dopo essersi incontrati a Vienna, i due studiosi cominciano un'intensa collaborazione e nel 1910 Jung viene nominato presidente dell'Associazione psicoanalitica internazionale fondata da Freud. Tuttavia, nel giro di pochi anni Jung si allontana progressivamente da Freud e promuove un orientamento teorico ben distinto da quello freudiano, cui viene dato il nome di *psicologia analitica*. Le maggiori differenze tra Freud e Jung riguardano la concezione dell'inconscio. Infatti Jung sostiene che, oltre a un inconscio personale del genere descritto da Freud, esiste anche un inconscio collettivo, che costituisce il livello più profondo della psiche. L'inconscio collettivo contiene gli *archetipi*, costituiti da immagini di significato universale che si manifestano nei simboli condivisi da tutte le culture. Secondo Jung gli archetipi hanno carattere innato ed ereditario e sono condivisi da tutti gli esseri umani.

L'INCONSCIO NELLE SCIENZE COGNITIVE. Il termine "scienze cognitive", coniato negli anni cinquanta del secolo scorso, indica un vasto campo multidisciplinare di ricerche sull'attività cognitiva degli esseri umani e di qualunque sistema intelligente, inclusi gli animali e i computer. Tali ricerche si avvalgono del contributo di diverse discipline scientifiche (come le neuroscienze, la psicologia cognitiva, l'intelligenza artificiale e la linguistica cognitiva) e filosofiche (come la logica, l'epistemologia e la filosofia della mente). Gli scienziati cognitivi si sono occupati, fra l'altro, dell'*inconscio cognitivo*, cioè dei processi mentali inconsci coinvolti nell'attività cognitiva umana.

Si è scoperto che la mente umana esegue una grande varietà di processi cognitivi automatici che sfuggono alla coscienza immediata e non sono accessibili neppure a un'attenta introspezione. Vi sono, per esempio, processi cognitivi inconsci che ci permettono di acquisire, in maniera del tutto automatica e inconsapevole, informazioni circa la frequenza con cui determinati tipi di eventi si presentano nel nostro ambiente.

L'INCONSCIO NELLA FILOSOFIA DELLA MENTE. La filosofia della mente si occupa dei problemi filosofici concernenti la natura e la funzione della mente. I filosofi della mente si chiedono, per esempio, quali relazioni sussistano tra la mente e il cervello e quale sia la natura dei diversi tipi di stati mentali. In particolare, il *problema degli stati mentali inconsci* ha attratto l'attenzione di importanti filosofi della mente, come lo statunitense John Searle (1932 - vivente). Pur rifiutando la tesi di Cartesio, secondo la quale il pensiero si identifica con la coscienza, Searle resta nella scia della tradizione filosofica cartesiana, sostenendo che il pensiero e la coscienza sono strettamente connessi. Più precisamente, Searle difende il *principio di connessione*, secondo il quale qualcosa è uno stato mentale solo se è pensato, o potrebbe essere pensato, da qualcuno. Questo principio è compatibile con l'ipotesi che esista un *inconscio superficiale*, cioè che esistano stati mentali inconsci ma potenzialmente accessibili alla coscienza mediante la comune pratica dell'introspezione, ma esclude la possibilità di un *inconscio profondo*, cioè di stati mentali che non hanno alcuna possibilità di affiorare alla coscienza. Per questa ragione Searle rifiuta quella varietà di inconscio profondo costituita dall'inconscio freudiano. Egli ritiene, tuttavia, che la tesi freudiana, secondo la quale i processi mentali coscienti sono almeno in parte determinati da processi mentali profondi, contenga un nocciolo di verità, che può venire espresso in termini neurofisiologici. Secondo Searle, infatti, esistono davvero processi profondi che determinano gli stati coscienti, ma tali processi, diversamente da quanto pensava Freud, non sono dati da processi mentali inconsci, bensì da *processi neurofisiologici del cervello*.

18.3 La nevrosi nella psicoanalisi e nella psichiatria

IL SIGNIFICATO DI "NEVROSI". "Nevrosi" deriva dalla parola greca *neuron* (nervo) e dal suffisso *osis* (condizione patologica). Con questo termine il medico scozzese William Cullen (1710-1790) indicò i disturbi mentali determinati da disfunzioni del sistema nervoso. Successivamente, "nevrosi" entrò nel lessico della psicologia clinica e della psichiatria, con riferimento a una grande varietà di disturbi mentali, accomunati dalla presenza di sintomi come l'ansia cronica, l'angoscia e il senso di frustrazione. Le nevrosi incidono sul comportamento del paziente, compromettendone le capacità di lavoro, le relazioni affettive e sessuali e importanti funzioni fisiologiche, come il sonno e l'alimentazione. Tuttavia, il paziente nevrotico non perde il contatto con la realtà e non soffre di deliri o allucinazioni, come invece accade ai pazienti psicotici. A partire dall'Ottocento, sono state individuate svariate specie di nevrosi, come la nevrosi isterica, o isteria, la nevrosi ossessiva e la nevrosi fobica.

LA NEVROSI NELLA PSICOANALISI DI FREUD. Il trattamento clinico delle nevrosi è uno degli obiettivi

principali della psicoanalisi. Mentre la specifica teoria sulle cause delle nevrosi proposta da Freud è sempre stata controversa, la sua idea che, in molti casi, le nevrosi non abbiano cause neurologiche, bensì psichiche, è stata accolta con favore da molti studiosi, anche al di fuori dell'ambito della psicoanalisi. Per questa ragione, ancora oggi il prefisso "psico" viene spesso aggiunto a "nevrosi", cosicché i termini "nevrosi" e "psiconevrosi" sono usati in maniera interscambiabile.

L'ABBANDONO DEL CONCETTO DI NEVROSI NELLA PSICHIATRIA CONTEMPORANEA. Il compito di definire la nozione di nevrosi viene affrontato nell'ambito della *nosologia*, cioè di quella branca della medicina che si occupa della descrizione sistematica delle malattie. Poiché le cause delle malattie sono spesso ignote e molte malattie vengono definite sulla sola base dei loro sintomi, qualunque *sistema nosografico* proposto per la classificazione delle malattie può dar luogo a controversie. In particolare, nella nosologia psichiatrica le controversie sono acute dal fatto che, di solito, i disturbi mentali si presentano come insiemi di sintomi che variano in ampia misura da soggetto a soggetto.

Il più diffuso sistema nosografico per i disturbi mentali è quello illustrato nel *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, comunemente noto come DSM, la cui prima edizione (DSM-I) risale al 1952. Nel corso degli anni il DSM è stato continuamente aggiornato, fino alla quinta edizione (DSM-V), pubblicata nel 2013, che classifica ben 370 disturbi mentali, un numero triplo rispetto a quelli descritti nel DSM-I. Tuttavia alcune patologie, come l'isteria e l'omosessualità, sono scomparse dalle edizioni più recenti. Le patologie scomparse includono anche la nevrosi che, a partire dal DSM-III, pubblicato nel 1980, non appare più come entità nosografica autonoma. La maggior parte dei disturbi mentali che venivano classificati come nevrosi sono stati raggruppati nell'ambito di nuove categorie nosografiche. Per esempio, la tricotillomania, la dermatillomania (o disturbo da escoriazione) e lo shopping compulsivo vengono oggi compresi nella categoria nosografica dei disturbi dello spettro ossessivo-compulsivo, introdotta nel DSM-V.

18.4 Il problema della scientificità della psicoanalisi

SIGMUND FREUD: LA PSICOANALISI È SCIENTIFICA. Il padre della psicoanalisi, Sigmund Freud, non perdeva occasione per affermare la scientificità della disciplina da lui fondata. Egli riteneva che la psicoanalisi fosse una scienza naturale che si sarebbe integrata, prima o poi, con la neurofisiologia. Era quindi convinto che la psicoanalisi dovesse applicare gli stessi principi metodologici impiegati nelle scienze naturali. In gioventù, Freud aveva studiato la logica induttiva del filosofo inglese John Stuart Mill (1806-1873), del quale aveva anche tradotto alcuni scritti. Sulla scorta di questi studi aveva maturato la convinzione che le ipotesi scientifiche dovessero essere giustificate mediante procedure induttive del tipo suggerito da Mill. In ogni caso, Freud era convinto che le ipotesi centrali della psicoanalisi – vale a dire le ipotesi relative all'esistenza di processi mentali inconsci e al loro ruolo causale nella genesi di svariate malattie mentali –, fossero largamente confermate dall'evidenza empirica disponibile, a partire da quella

ottenuta attraverso i colloqui psicoanalitici. La tesi freudiana che la psicoanalisi sia una rispettabile teoria scientifica e che le sue ipotesi siano confermate dall'evidenza è stata respinta da molti studiosi di psicologia e da diversi filosofi della scienza.

KARL POPPER: LA PSICOANALISI È PSEUDOSCIENTIFICA. Il più famoso avversario della psicoanalisi nel campo della filosofia della scienza è senza dubbio Karl Popper, il quale ritiene che la psicoanalisi non sia altro che una pseudoscienza, cioè una non scienza che viene spacciata per scienza. La mancanza di scientificità della psicoanalisi dipende, a giudizio di Popper, dal carattere non falsificabile delle sue ipotesi. Le critiche popperiane alla psicoanalisi, sia nella versione freudiana sia in quelle dei seguaci di Freud, in particolare di Alfred Adler⁵⁵, vengono illustrate nel seguente brano tratto da una conferenza tenuta nell'estate del 1953 a Cambridge e successivamente pubblicata in *Conjectures and Refutations* (1963).

Dopo il crollo dell'impero austriaco, in Austria c'era stata una rivoluzione: circolavano ovunque idee rivoluzionarie, come pure teorie nuove e spesso avventate. Fra quelle che suscitarono il mio interesse, la teoria della relatività di Einstein fu di gran lunga la più importante. Le altre tre furono: la teoria marxista della storia, la psicoanalisi di Freud e la cosiddetta psicologia individuale di Alfred Adler. [...] Riscontrai che i miei amici, ammiratori di Marx, Freud e Adler, erano colpiti da alcuni elementi comuni a queste teorie e soprattutto dal loro apparente potere esplicativo. Esse sembravano in grado di spiegare praticamente tutto ciò che accadeva nei campi cui si riferivano. Lo studio di una qualunque di esse sembrava avere l'effetto di una conversione o rivelazione intellettuale, che consentiva di levare gli occhi su una nuova verità, preclusa ai non iniziati. Una volta dischiusi in questo modo gli occhi, si scorgevano ovunque delle conferme: il mondo pullulava di verifiche della teoria. Qualunque cosa accadesse, la confermava sempre. La sua verità appariva perciò manifesta; e, quanto agli increduli, si trattava chiaramente di persone che non volevano vedere la verità manifesta, che si rifiutavano di vederla, o perché era contraria ai loro interessi di classe, o a causa delle loro repressioni tuttora non analizzate, e reclamanti ad alta voce un trattamento clinico. L'elemento più caratteristico di questa situazione mi parve il flusso incessante delle conferme, delle osservazioni, che verificavano le teorie in questione; e proprio questo punto veniva costantemente sottolineato dai loro seguaci. Un marxista non poteva aprire un giornale senza trovarvi in ogni pagina una testimonianza in grado di confermare la sua interpretazione della storia [...].

Quanto a Adler, restai molto colpito da un'esperienza personale. Una volta, nel 1919, gli riferii di un caso che non mi sembrava particolarmente adleriano, ma che egli non trovò

⁵⁵ Alfred Adler (1870-1937) era un seguace di Sigmund Freud, dal quale si separò nel 1910, avendone criticato la teoria della sessualità. La psicologia individuale sviluppata da Adler rappresenta, assieme alla psicoanalisi freudiana e alla psicologia analitica dello svizzero Carl Gustav Jung (1875-1961), una delle tre versioni classiche della cosiddetta psicologia del profondo. La differenza fondamentale tra la psicoanalisi freudiana e la psicologia individuale riguarda il ruolo della coscienza rispetto a quello dell'inconscio. In opposizione a Freud, Adler ritiene che il ruolo della coscienza sia decisivo: gli individui sono sostanzialmente consapevoli delle proprie motivazioni e responsabili delle proprie azioni.

difficoltà ad analizzare nei termini della sua teoria dei sentimenti di inferiorità, pur non avendo nemmeno visto il bambino. Un po' sconcertato, gli chiesi come poteva essere così sicuro. "A causa della mia esperienza di mille casi simili" egli rispose; al che non potei trattenermi dal commentare: "E con questo ultimo, suppongo, la sua esperienza vanta milleuno casi". [...] Era precisamente questo fatto – il fatto che le teorie di Freud e Adler erano sempre adeguate e risultavano sempre confermate –, ciò che agli occhi dei sostenitori costituiva l'argomento più valido a loro favore. Cominciai a intravedere che questa loro apparente forza era in realtà il loro elemento di debolezza. [...]

La teoria einsteiniana della gravitazione soddisfaceva chiaramente il criterio della falsificabilità. [...] Le teorie psicoanalitiche di Freud e Adler appartenevano a un genere diverso. Semplicemente non erano controllabili, erano inconfutabili. Non c'era alcun comportamento umano immaginabile che potesse contraddirle. Ciò non significa che Freud e Adler non vedessero correttamente certe cose: personalmente, non ho dubbi che molto di quanto affermarono ha una considerevole importanza, e potrà ben svolgere un ruolo, un giorno, in una scienza psicologica controllabile. Ma questo non significa che le osservazioni cliniche, che gli analisti ingenuamente consideravano come conferme delle loro teorie, di fatto confermino queste ultime più di quanto facessero le conferme quotidiane riscontrate dagli astrologi nella loro pratica.

ADOLF GRÜNBAUM: LA PSICOANALISI È CATTIVA SCIENZA. Negli anni ottanta del secolo scorso il filosofo della scienza tedesco, poi naturalizzato statunitense, Adolf Grünbaum (1923-2018), ha riaperto il fuoco contro la psicoanalisi, in una lunga serie di scritti culminata nel volume *The Foundations of Psychoanalysis: A Philosophical Critique* (1985), tradotto in italiano con il titolo *I fondamenti della psicoanalisi* (il Saggiatore, 1988).

In aperta polemica con Popper, Grünbaum afferma che le teorie psicoanalitiche sono falsificabili e che, in linea di principio, sono anche confermabili dall'evidenza. Si possono cioè immaginare evidenze empiriche che, se venissero ottenute, confermerebbero le teorie psicoanalitiche e permetterebbero di accettarle, sia pure provvisoriamente, come teorie vere. La questione fondamentale consiste, quindi, nello stabilire se Freud e gli psicoanalisti successivi abbiano ottenuto questo genere di evidenze confermanti. Grünbaum suggerisce una risposta negativa a questo interrogativo. A suo giudizio, infatti, l'evidenza empirica finora ottenuta non conferma le teorie psicoanalitiche. E, quel che è peggio, non vi è alcuna speranza di confermare tali teorie usando i metodi di indagine elaborati da Freud. Si deve quindi concludere che le teorie psicoanalitiche non sono confermate dall'evidenza e che, al contrario, è ragionevole ritenerle probabilmente false. Ciò significa che la psicoanalisi non è una pseudoscienza, nel senso di Popper, bensì una cattiva scienza. In altre parole, la psicoanalisi è un sistema teorico costituito da ipotesi non confermate dall'evidenza. Per dirlo con uno slogan: non solo la psicoanalisi è falsificabile, ma è anche falsa.

Un principio fondamentale della psicoanalisi è costituito dalla teoria della rimozione secondo la quale molte malattie mentali e diversi fenomeni della vita quotidiana, a partire dai lapsus, sono causati dalla rimozione di ricordi spiacevoli legati a esperienze infantili traumatiche. In particolare, secondo la teoria freudiana dei lapsus, che costituisce un ingrediente essenziale della

sua teoria della rimozione, tutti i lapsus che appaiono psicologicamente immotivati sono causati da idee spiacevoli che sono state rimosse. Grünbaum rileva che non è stata trovata alcuna prova empirica a sostegno della teoria freudiana dei lapsus. Il fatto che l'espressione "lapsus freudiano" sia ormai entrata nell'uso corrente non può quindi impedirci di affermare che la teoria freudiana dei lapsus è un'ipotesi causale (molto probabilmente) falsa.

Le obiezioni rivolte alla psicoanalisi da Popper e Grünbaum mostrano che la filosofia della scienza può effettivamente svolgere una funzione critica e che, almeno in certi casi, le critiche epistemologiche di certe teorie scientifiche hanno effetti di rilievo. Infatti, nei decenni centrali del Novecento un numero non trascurabile di psicologi è stato incoraggiato dalle critiche di Popper ad abbandonare le vie della psicoanalisi. Più recentemente, l'opera di Grünbaum ha avuto, almeno negli Stati Uniti, un forte impatto sulla rispettabilità accademica della psicoanalisi e, *last but not least*, anche sulla disponibilità delle compagnie di assicurazione a rimborsare i costi dei trattamenti psicoanalitici.

18.5 Le ipotesi causali nella psicoanalisi

IPOTESI DI CAUSALITÀ SUFFICIENTE E IPOTESI DI CAUSALITÀ NECESSARIA. Un'*ipotesi causale* afferma che due tipi di eventi sono connessi da una determinata relazione causale. Ecco due esempi di ipotesi causali:

$H_1 \quad \equiv \quad$ L'ingestione di 500 mg di cianuro causa la morte.
 $H_2 \quad \equiv \quad$ Il contatto con il bacillo di Koch⁵⁶ causa la tubercolosi.

Si noti che il termine "causa", che compare in H_1 e H_2 , viene comunemente interpretato in modi diversi. Infatti, H_1 e H_2 possono venire così riformulate:

$H_1 \quad \equiv \quad$ L'ingestione di 500 mg di cianuro è una *causa sufficiente* per la morte.
 $H_2 \quad \equiv \quad$ Il contatto con il bacillo di Koch è una *causa necessaria* per la tubercolosi.

H_1 e H_2 esemplificano due tipi di ipotesi causali. H_1 è un'*ipotesi di causalità sufficiente*, secondo la quale l'ingestione di 500 mg di cianuro da parte di un individuo non può verificarsi senza che egli muoia, mentre H_2 è un'*ipotesi di causalità necessaria*, secondo la quale la contrazione della tubercolosi da parte di un individuo non può verificarsi senza che egli sia entrato in contatto con il bacillo di Koch.⁵⁷ In generale, dati due tipi di eventi, A e B , possiamo formulare le seguenti ipotesi di causalità sufficiente e necessaria:

⁵⁶ Il *Mycobacterium tuberculosis*, responsabile della tubercolosi nell'uomo, è comunemente noto come bacillo di Koch, in onore di Robert Koch che lo scoperse nel 1882.

⁵⁷ Si noti che H_2 non afferma che il contatto con il bacillo di Koch da parte di un individuo non può verificarsi senza che egli contragga la tubercolosi. Per inciso, tale affermazione è falsa: infatti, fra quelli che entrano in contatto con il bacillo, solo pochissimi si ammalano.

$H_{Suff} \equiv A$ è una causa sufficiente (equivalentemente: una *condizione sufficiente*) per B .
 $H_{Nec} \equiv A$ è una causa necessaria (equivalentemente: una *condizione necessaria*) per B .

H_{Suff} equivale all'affermazione che non può verificarsi una determinata causa A senza che si verifichi il suo effetto B , mentre H_{Nec} equivale all'affermazione che non può verificarsi un determinato effetto B senza che si verifichi la sua causa A .

I filosofi hanno molto discusso sul significato delle ipotesi causali. In particolare, i sostenitori della concezione empirista della causalità, che risale a David Hume, ritengono che un'ipotesi causale andrebbe intesa come un'*ipotesi di regolarità*, cioè come un'*ipotesi universale* che esprime una *regolarità naturale*. Secondo questa concezione, H_{Suff} e H_{Nec} equivalgono, rispettivamente, alle seguenti ipotesi di regolarità:

$H_{RSuff} \equiv$ Tutti i casi di A sono seguiti da B .
 $H_{RNec} \equiv$ Tutti i casi di B sono preceduti da A .

Occorre notare che, se le ipotesi causali H_{Suff} e H_{Nec} sono *ipotesi osservative*, nel senso che sia la causa A sia l'effetto B sono tipi di eventi osservabili, allora esse sono falsificabili. Possiamo illustrare questa circostanza con riferimento all'ipotesi di causalità necessaria H_{Nec} . Come si è appena visto, H_{Nec} equivale all'ipotesi di regolarità H_{RNec} , secondo la quale tutti i casi di B sono preceduti da A . Basterà quindi osservare un caso di B che *non* è preceduto da A per falsificare H_{RNec} e, data l'equivalenza tra H_{RNec} e H_{Nec} , per falsificare anche H_{Nec} . Ciò significa che H_{Nec} è falsificabile.

IPOTESI DI CAUSALITÀ STATISTICA. Le ipotesi di causalità sufficiente e necessaria non sono gli unici due tipi di ipotesi causali. Un'altra importante specie di ipotesi causali è data dalle *ipotesi di causalità statistica*, le quali affermano che due tipi di eventi sono connessi da determinate relazioni di causalità statistica. Ecco un esempio di questa specie di ipotesi:

$H_3 \equiv$ Il fumo è una causa statistica del cancro polmonare.

In generale, dati due tipi di eventi, A e B , possiamo formulare la seguente ipotesi di causalità statistica:

$H_{Stat} \equiv A$ è una causa statistica di B .

Secondo molti studiosi, H_{Stat} equivale alla seguente ipotesi di regolarità, formulata con riferimento a una determinata popolazione \mathbf{U} , cioè a un determinato insieme di oggetti o individui:

$H_{RStat} \equiv$ Se A fosse presente in tutti i membri di \mathbf{U} , allora la percentuale dei B in \mathbf{U} sarebbe maggiore della percentuale che si osserverebbe se A non fosse presente in alcun

membro di U .

H_{RStat} è un'ipotesi statistica la quale afferma che il verificarsi di A accresce la probabilità statistica, o percentuale, dei B in U . In altre parole, H_{RStat} pone a confronto due scenari immaginari – quello in cui A è presente in tutti i membri di U e quello in cui A non è presente in alcuno di essi –, e afferma che la percentuale dei B è più elevata nel primo scenario. Poiché i due scenari di cui parla H_{RStat} hanno carattere immaginario, non è possibile stabilire con certezza cosa accadrebbe in ciascuno di essi e, quindi, non è possibile accertare se H_{RStat} è vera oppure no. Ciò significa che H_{RStat} non è né verificabile né falsificabile.

Tuttavia, possiamo effettuare osservazioni che ci permettono di determinare la probabilità epistemica di H_{RStat} . Le procedure comunemente adottate per lo svolgimento di questo compito sono piuttosto complicate, ma l'idea intuitiva su cui si fondano è molto semplice. Vengono estratti a caso da U due campioni sufficientemente numerosi, il primo composto da individui in cui A è presente, il secondo da individui in cui non lo è. Se la percentuale dei B osservata nel primo campione è maggiore di quella osservata nel secondo, allora si inferisce che la stessa cosa probabilmente accadrebbe nei due scenari di cui parla H_{RStat} , cioè si inferisce che H_{RStat} è probabilmente vera. In caso contrario, si inferisce che H_{RStat} è probabilmente falsa.

LE IPOTESI CAUSALI NELLA PRATICA CLINICA. L'identificazione delle cause di certi tipi di eventi svolge un ruolo importante nella *scienza applicata*, cioè nell'applicazione delle conoscenze scientifiche. Per esempio, se abbiamo identificato la condizione sufficiente di un determinato effetto che riteniamo desiderabile, e siamo in grado di realizzare quella condizione, allora siamo anche in grado di ottenere l'effetto desiderato. Analogamente, se abbiamo identificato la condizione necessaria di un determinato effetto che riteniamo indesiderabile, e siamo in grado di impedire che quella condizione si realizzi, allora siamo anche in grado di evitare l'effetto indesiderato. In particolare, le ipotesi causali svolgono un ruolo fondamentale nella *pratica clinica*, cioè nell'applicazione delle conoscenze mediche. Infatti, la conoscenza delle cause delle malattie – che nei manuali di medicina sono solitamente discusse sotto i titoli di “eziologia” e “patogenesi” –, guida la pratica clinica in attività quali la prevenzione e il trattamento di numerose patologie. Si pensi, per esempio, alla scoperta che la condizione C è una causa necessaria della malattia M , cioè che M non può presentarsi in assenza di C . Tale scoperta potrà orientare la ricerca terapeutica: infatti, in certi casi si potrebbe eliminare M con un intervento che permette di rimuovere la sua condizione necessaria C . Molti successi nel contrasto delle malattie infettive si sono basati precisamente su ricerche di questo genere: si è dapprima scoperto che un certo tipo di germe era condizione necessaria di una malattia e si sono poi individuati trattamenti in grado di debellare quel germe così da evitare l'insorgenza della malattia.

LE IPOTESI DI CAUSALITÀ NECESSARIA NELLA PSICOANALISI. Le ipotesi causali svolgono un ruolo fondamentale nella psicoanalisi. In questo paragrafo prenderemo in esame il ruolo svolto dalle ipotesi di causalità necessaria, mentre in quello successivo ci occuperemo delle ipotesi di causalità statistica.

Un'interessante ipotesi di causalità necessaria formulata da Freud riguarda la patogenesi della

nevrosi:

$H_4 \equiv$ La rimozione di ricordi traumatici è una condizione necessaria per la nevrosi.

Si noti che H_4 non è un'ipotesi osservativa poiché descrive la relazione tra una *causa inosservabile* – cioè l'evento inconscio dato dalla rimozione di ricordi traumatici –, e un *effetto osservabile*, cioè la nevrosi. Dal fatto che H_4 non è osservativa segue che non è neppure falsificabile. Infatti, H_4 equivale alla seguente ipotesi di regolarità:

$H_{R4} \equiv$ Tutti i casi di nevrosi sono preceduti dalla rimozione di ricordi traumatici.

L'osservazione anche di un solo paziente nevrotico che non abbia rimosso alcun ricordo traumatico basterebbe a falsificare H_{R4} . Sfortunatamente, però, questa osservazione è impossibile poiché, come si è detto, la rimozione è un evento inosservabile. Ciò significa che H_{R4} non è falsificabile e, di conseguenza, non lo è neppure l'ipotesi causale H_4 , che equivale ad H_{R4} .

La teoria psicoanalitica non comprende solo ipotesi sull'eziologia dei disturbi mentali – come l'ipotesi H_4 sulla patogenesi della nevrosi –, ma anche svariate ipotesi sul funzionamento e l'efficacia della *terapia analitica*, fondata sul metodo delle libere associazioni. In particolare, alla luce dell'ipotesi H_4 , secondo la quale la rimozione è una condizione necessaria per l'insorgenza della nevrosi, Freud ipotizzò che l'*eliminazione della rimozione* – cioè il recupero dei ricordi traumatici rimossi –, svolgesse un ruolo fondamentale nella *guarigione della nevrosi*⁵⁸. A tale riguardo, egli formulò la seguente ipotesi di causalità necessaria:

$H_5 \equiv$ Il recupero dei ricordi traumatici rimossi è una condizione necessaria per la guarigione della nevrosi.

Si noti che l'ipotesi H_5 è falsificabile. Infatti, l'osservazione anche di un solo paziente guarito dalla nevrosi *senza aver recuperato* alcun ricordo traumatico basta a falsificare H_5 . A questo riguardo, si osservi che, mentre la rimozione di un ricordo traumatico è un evento inconscio inosservabile, l'osservazione di un paziente che *non* ha recuperato alcun ricordo ed è guarito dalla nevrosi è perfettamente possibile.

In alcuni scritti Freud manifestò la convinzione che la *terapia analitica* – in breve, A –, fosse l'unico metodo efficace per il recupero dei ricordi traumatici rimossi e quindi, alla luce di H_4 , anche per la guarigione della nevrosi. A tale riguardo egli formulò la seguente *ipotesi di efficacia*:

$H_6 \equiv$ A è una condizione necessaria per la guarigione della nevrosi.

L'ipotesi di causalità necessaria H_6 è un'ipotesi osservativa che descrive la relazione tra una causa osservabile, cioè A , e un effetto osservabile, cioè la guarigione della nevrosi. Ne segue che

⁵⁸ Qui e nel seguito, parleremo di guarigione di una determinata malattia M per indicare la scomparsa (totale o parziale) dei disturbi tipici di M .

H_6 è falsificabile. Per esempio, H_6 potrebbe essere falsificata dall'osservazione un paziente che non si è sottoposto ad A e che, tuttavia, è guarito dalla nevrosi.⁵⁹

18.6 L'effetto placebo e il problema dell'efficacia della terapia analitica

IL SIGNIFICATO DI "PLACEBO" ED "EFFETTO PLACEBO". "*Placebo*" è la prima persona singolare del futuro indicativo del verbo latino *placere* (piacere). Il significato letterale di *placebo* è, quindi, "io piacerò". Il termine è entrato nel lessico medico verso la fine del Settecento per indicare qualsiasi medicina atta più a compiacere il paziente che a procurargli un beneficio. Il placebo è una sostanza che il medico sa essere priva di efficacia terapeutica specifica per una certa malattia. La somministrazione di tale sostanza al paziente – naturalmente, ignaro di ricevere un placebo –, presenta il vantaggio di soddisfare il suo desiderio di venire curato, comporta da parte sua la percezione di un miglioramento della propria condizione ed è pertanto un espediente ampiamente usato nella storia della pratica clinica. Il placebo menzionato più di frequente è la proverbiale zolletta di zucchero, inerte dal punto di vista farmacologico. Parlando di *effetto placebo* ci si riferisce alle conseguenze della somministrazione di un placebo, a partire dal miglioramento delle sintomatologie dolorose.

L'EFFETTO PLACEBO NELL'EPIDEMIOLOGIA CLINICA. L'*epidemiologia clinica* è quella branca delle scienze mediche che studia l'efficacia dei trattamenti farmacologici, chirurgici e psicoterapeutici. L'effetto placebo costituisce un importante strumento metodologico per l'epidemiologia clinica, in quanto fornisce un termine di paragone per la valutazione dell'efficacia di trattamenti. Infatti, quando si vuole appurare se un trattamento è efficace nella cura di una malattia, conviene confrontare gli effetti del trattamento su un certo gruppo di soggetti, detto *gruppo sperimentale*, con gli effetti di un placebo su un altro gruppo, detto *gruppo di controllo*: se la somministrazione del trattamento produce risultati migliori della somministrazione del placebo, è lecito ipotizzare che il trattamento sia efficace.

Occorre notare, tuttavia, che il ruolo dell'effetto placebo nelle ricerche di epidemiologia clinica presenta aspetti problematici. Per esempio, bisogna ricordare che il manifestarsi e l'intensità dell'effetto placebo sono legati al contesto dell'intervento medico (un trattamento non ha, di norma, il medesimo effetto se viene somministrato a domicilio oppure in ospedale) e al modo di somministrazione del trattamento. Per esempio, a parità di proprietà farmacologiche, le capsule si rivelano in generale più efficaci delle pastiglie; sempre a parità di proprietà farmacologiche, le pastiglie bianche di forma quadrata sono in generale più efficaci di quelle di forma circolare, ma meno di qualsiasi pastiglia colorata; ancora, le iniezioni intramuscolari si rivelano meno efficaci di quelle endovenose, ma più efficaci di qualunque pastiglia.

⁵⁹ Anche se le ipotesi H_5 e H_6 sull'efficacia di A non sono deducibili dall'ipotesi H_4 sulla patogenesi della nevrosi, esse sono strettamente connesse ad H_4 e, per così dire, suggerite da H_4 . Per questa ragione molti critici della psicoanalisi ritengono che l'eventuale falsificazione di H_5 e H_6 farebbe vacillare anche H_4 .

EFFETTO PLACEBO E VALUTAZIONE DELLE IPOTESI DI EFFICACIA. L'adozione di un determinato trattamento T per i pazienti affetti da una certa malattia M dovrebbe fondarsi su adeguati controlli dell'ipotesi che T sia efficace per la cura di M . Qualcuno potrebbe identificare questa ipotesi con l'affermazione che la maggior parte dei pazienti affetti da M i quali ricevono T guariscono. Tuttavia, un attimo di riflessione basta a comprendere che si tratta di un'interpretazione del tutto inadeguata, come ci viene suggerito anche dalla saggezza popolare, alla quale dobbiamo il famoso detto che il raffreddore guarisce in sette giorni se viene opportunamente trattato mentre, in assenza di trattamenti, guarisce in una settimana. Questo detto allude alla circostanza che il risultato degli "opportuni trattamenti" abitualmente impiegati nella cura del raffreddore è indistinguibile da quello che si ottiene quando non si somministra alcun trattamento.

L'esempio della cura del raffreddore, assieme a molti altri dello stesso genere, suggerisce che l'*ipotesi di efficacia*, secondo la quale il trattamento T è efficace per la cura della malattia M , va intesa come un'ipotesi di causalità statistica, cioè nel seguente modo:

$Ef(T) \equiv T$ è una causa statistica della guarigione di M .

In accordo con l'interpretazione delle ipotesi di causalità statistica suggerita nel precedente paragrafo, $Ef(T)$ equivale alla seguente ipotesi di regolarità, formulata con riferimento alla popolazione \mathbf{M} , costituita da tutti gli individui affetti da M :

$Ef(T)_R \equiv$ Se tutti i membri di \mathbf{M} ricevessero T , allora la percentuale delle guarigioni in \mathbf{M} sarebbe maggiore della percentuale che si osserverebbe se nessuno di essi ricevesse T .

$Ef(T)_R$ equivale all'affermazione che il trattamento T accresce la probabilità di guarire da M . Si deve notare che $Ef(T)_R$ può essere opportunamente precisata, poiché l'eventualità in cui nessun membro di \mathbf{M} riceve T può realizzarsi almeno in questi tre modi:

- i membri di \mathbf{M} non ricevono alcun trattamento;
- i membri di \mathbf{M} ricevono un placebo appropriato,
- i membri di \mathbf{M} ricevono un appropriato trattamento alternativo.

Con riferimento alle tre possibilità appena menzionate, possiamo formulare le seguenti ipotesi di efficacia, che esprimono tre diversi aspetti dell'efficacia di T per M :

$Sp(T) \equiv$ Se tutti i membri di \mathbf{M} ricevessero T , allora la percentuale delle guarigioni in \mathbf{M} sarebbe maggiore della percentuale di guarigioni *spontanee* che si verificherebbero se essi non ricevessero alcun trattamento.

$Pl(T) \equiv$ Se tutti i membri di \mathbf{M} ricevessero T , allora la percentuale delle guarigioni in \mathbf{M} sarebbe maggiore della percentuale di guarigioni che si verificherebbero se essi ricevessero un *placebo* appropriato.

$Alt(T) \equiv$ Se tutti i membri di \mathbf{M} ricevessero T , allora la percentuale delle guarigioni in \mathbf{M}

sarebbe maggiore della percentuale di guarigioni che si verificherebbero se essi ricevessero un trattamento *alternativo* appropriato.

È noto che il naturale processo di evoluzione di molte malattie si conclude con la *guarigione spontanea* di una certa percentuale di pazienti, senza che essi abbiano ricevuto alcun trattamento. L'ipotesi $Sp(T)$ può essere intesa come una precisa formulazione della congettura che il trattamento T per M è *più efficace del naturale processo di evoluzione* di M . La probabilità di $Sp(T)$ può essere determinata applicando la procedura illustrata nel precedente paragrafo. Si estraggono a caso da \mathbf{M} due gruppi sufficientemente numerosi di individui: il gruppo sperimentale, composto da individui che riceveranno T , e il gruppo di controllo, composto da individui che non riceveranno alcun trattamento. Se la percentuale di guarigioni nel gruppo sperimentale supera quella osservata nel gruppo di controllo, allora inferiamo che $Sp(T)$ è probabilmente vera. Si noti che l'eventuale accertamento della verità di $Sp(T)$ non ci darebbe, di per sé, buone ragioni per adottare T . Supponiamo, per esempio, di avere osservato che le guarigioni nel gruppo sperimentale sono pari al 20%, mentre nel gruppo di controllo sono solo il 7%. Sulla base di queste osservazioni possiamo inferire che $Sp(T)$ è probabilmente vera. Tuttavia, prima di adottare T per la cura di M , dovremo chiederci se la maggior percentuale di guarigioni riscontrata nel gruppo sperimentale non dipenda, interamente o in parte, dal famigerato effetto placebo.

Per rispondere a quest'ultimo interrogativo occorre controllare l'ipotesi $Pl(T)$, la quale costituisce una precisa formulazione della supposizione che il trattamento T per M è più efficace di un placebo appropriato. L'esatto significato di $Pl(T)$ dipende, ovviamente, dalla nozione di *placebo appropriato*, che verrà ora definita. Un trattamento T per la cura di M può essere visto come la combinazione di due componenti: un *componente specifico*, ritenuto in grado di favorire la guarigione di M , e un *componente generico* dato, per così dire, dal genere di trattamento cui appartiene T . Questa distinzione può venire meglio compresa considerando l'esempio immaginario di un trattamento T , consistente nella somministrazione di *efficacina*, una sostanza ritenuta in grado di favorire la guarigione di M . Supponiamo che il paziente assuma tale sostanza per via orale, ingerendo ogni otto ore, per dieci giorni, una piccola pillola bianca di forma circolare e di sapore amarognolo, contenente una determinata dose di efficacina, oltre a una certa quantità di eccipienti che, per quanto ne sappiamo, non possono in alcun modo influenzare l'evoluzione di M . Diremo allora che l'efficacina, assunta nel dosaggio sopra precisato, è il componente specifico di T , mentre il componente generico è dato dalle pillole, cioè dal veicolo attraverso il quale l'efficacina viene somministrata al paziente. La distinzione tra i due componenti di un trattamento T ci consente di definire la nozione di placebo appropriato per T :

Placebo appropriato per T

Il trattamento T^* è un placebo appropriato per $T \equiv T^*$ ha lo stesso componente generico di T , così da apparire identico a T , ma è privo del componente specifico di T .

Come si vede, la nozione di placebo appropriato viene definita con riferimento a un determinato trattamento T . Ciò significa che l'espressione " T^* è un placebo", ampiamente usata

nel linguaggio medico, andrebbe intesa come un'abbreviazione di "T* è un placebo appropriato per T".

La probabilità di $PI(T)$ può essere determinata applicando un procedura del tutto simile a quella sopra illustrata per la determinazione della probabilità di $Sp(T)$. Infatti, anche in questo caso estraiamo a caso da \mathbf{M} due gruppi di individui, cioè il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo. Mentre i membri del primo gruppo riceveranno T , quelli del secondo riceveranno un placebo appropriato. Se osserviamo che la percentuale di guarigioni nel gruppo sperimentale supera quella registrata nel corrispondente gruppo di controllo, allora inferiamo che $PI(T)$ è probabilmente vera.

Supponiamo di avere stabilito, sulla base di opportune osservazioni, che le ipotesi di efficacia $Sp(T)$ e $PI(T)$ sono probabilmente vere, cioè che il trattamento T per M è probabilmente più efficace sia del processo naturale di evoluzione di M sia di un placebo appropriato. In tal caso avremmo qualche motivo per adottare T nella cura di M . Tuttavia, prima di prendere questa decisione, dovremo controllare l'ipotesi $Alt(T)$, secondo la quale il trattamento T per M è più efficace di un trattamento alternativo appropriato. Con il termine "trattamento alternativo appropriato" ci riferiamo al trattamento standard per M oppure, in assenza di un trattamento standard, a uno dei trattamenti ritenuti più efficaci per la cura di M . Se il controllo empirico di $Alt(T)$, attuato secondo le stesse procedure sopra illustrate per $Sp(T)$ e $PI(T)$, ci permette di stabilire che $Alt(T)$ è vera allora, e solo allora, avremo buone ragioni per adottare T nella cura di M .

IPOTESI DI CAUSALITÀ STATISTICA SULL'EFFICACIA DELLA TERAPIA ANALITICA. Come si è osservato nel precedente paragrafo, in diverse occasioni Freud manifestò la convinzione, espressa dall'ipotesi H_6 , che la terapia analitica A fosse una condizione necessaria per la guarigione della nevrosi. Possiamo riformulare H_6 in questo modo:

$H_6 \equiv$ Nessun nevrotico che non ha ricevuto A guarisce.

Questa riformulazione mette in evidenza i seguenti aspetti del contenuto di H_6 :

- H_6 non dice nulla sulla percentuale di guarigioni tra i nevrotici che ricevono A ;
- H_6 afferma che non vi è *nessuna* guarigione tra i nevrotici che *non* ricevono A ;
- H_6 implica che l'*unica* possibile cura della nevrosi è la terapia analitica.

È interessante notare che la fiducia di Freud nell'ipotesi H_6 subì forti oscillazioni. In alcuni suoi scritti, infatti, egli ammise di avere osservato fra i nevrotici diversi casi di guarigioni spontanee, cioè di guarigioni prodotte dagli eventi della loro vita, piuttosto che dalla terapia analitica o da altre psicoterapie. Sulla base di queste osservazioni, suggerì che la terapia analitica si limitava ad accelerare guarigioni che, prima o poi, si sarebbero comunque verificate. Sulla scia di Freud, diversi psicoanalisti hanno ammesso la possibilità di guarigioni spontanee e di guarigioni ottenute ricorrendo a psicoterapie diverse dalla terapia analitica. Non sorprende, quindi, che alcuni studiosi abbiano proposto di sostituire l'ipotesi di causalità necessaria H_6 con un'ipotesi di

efficacia molto più debole, cioè con la seguente ipotesi di causalità statistica:

$Ef(A) \equiv A$ è una causa statistica della guarigione della nevrosi.

Come si vede, $Ef(A)$ è un esempio del tipo di ipotesi di efficacia $Ef(T)$, illustrato qualche pagina addietro. In accordo con l'interpretazione di $Ef(T)$ sopra suggerita, $Ef(A)$ equivale alla seguente ipotesi di regolarità, formulata con riferimento alla popolazione dei nevrotici:

$Ef(A)_R \equiv$ Se tutti i nevrotici ricevessero A , allora la percentuale delle guarigioni tra i nevrotici sarebbe maggiore della percentuale che si osserverebbe se nessun nevrotico ricevesse A .

$Ef(A)_R$ equivale all'affermazione che la terapia analitica accresce la probabilità di guarire dalla nevrosi. Poiché $Ef_R(A)$ è un esempio del tipo di ipotesi di regolarità $Ef(T)_R$, illustrato qualche pagina addietro, le considerazioni sopra fatte a proposito di $Ef(T)_R$ valgono anche per $Ef_R(A)$. Si noti, in particolare, che l'eventualità in cui nessun nevrotico riceve A , menzionata in $Ef(A)_R$, può realizzarsi in diversi modi. Possiamo, quindi, precisare $Ef(A)_R$ formulando le seguenti ipotesi di efficacia, che esprimono tre diversi aspetti dell'efficacia di A :

$Sp(A)$ Se tutti i nevrotici ricevessero A , allora la percentuale delle guarigioni tra i nevrotici sarebbe maggiore della percentuale di guarigioni *spontanee* che si osserverebbe se essi non ricevessero alcun trattamento.

$Pl(A)$ Se tutti i nevrotici ricevessero A , allora la percentuale delle guarigioni tra i nevrotici sarebbe maggiore della percentuale di guarigioni che si osserverebbe se essi ricevessero un *placebo* appropriato.

$Alt(A)$ Se tutti i nevrotici ricevessero A , allora la percentuale delle guarigioni tra i nevrotici sarebbe maggiore della percentuale di guarigioni che si osserverebbe se essi ricevessero un trattamento *alternativo* appropriato.

$Sp(A)$, $Pl(A)$ e $Alt(A)$ sono esempi delle ipotesi di efficacia $Sp(T)$, $Pl(T)$ e $Alt(T)$, illustrate qualche pagina addietro. Possiamo, quindi, determinare le probabilità di $Sp(A)$, $Pl(A)$ e $Alt(A)$ applicando le stesse procedure, sopra descritte, per la determinazione delle probabilità di $Sp(T)$, $Pl(T)$ e $Alt(T)$. Per esempio, la probabilità di $Sp(A)$ può essere determinata estraendo a caso dalla popolazione dei nevrotici due gruppi sufficientemente numerosi: il gruppo sperimentale, composto da individui che riceveranno A , e il gruppo di controllo, composto da individui che non riceveranno alcun trattamento. Se la percentuale di guarigioni nel gruppo sperimentale supera quella osservata nel gruppo di controllo, allora inferiamo che $Sp(A)$ è probabilmente vera.

Vi sono, tuttavia, alcune peculiari difficoltà metodologiche concernenti le ipotesi $Pl(A)$ e $Alt(A)$. Infatti, come sappiamo, il controllo di queste due ipotesi richiede, in via preliminare, l'identificazione del placebo appropriato e del trattamento alternativo appropriato per la terapia analitica A . Converrà fornire qualche chiarimento su entrambe le nozioni.

Consideriamo, anzitutto la nozione di placebo appropriato per A . Dalla nozione, sopra illustrata, di placebo appropriato per un trattamento T , segue che il trattamento A^* è un placebo appropriato per A nel caso in cui A^* ha lo stesso componente generico di A , così da apparire identico ad A , ma è privo del componente specifico di A . Come si è visto nel primo paragrafo, il componente specifico di A , cioè il componente che, secondo la teoria psicoanalitica, è responsabile dell'efficacia di A , è il *metodo delle libere associazioni*. Ne segue che un placebo appropriato per A sarà costituito da una "finta" terapia analitica A^* , cioè da una terapia che comprende tutti gli ingredienti di A ad eccezione del metodo delle libere associazioni. A questo proposito, conviene ricordare che il metodo delle libere associazioni viene applicato nell'ambito dell'intera "coreografia" di A , che comprende rituali ben collaudati, un vocabolario speciale e un modo di interazione tra paziente e terapeuta che pone in risalto il carisma di quest'ultimo. Sembra del tutto ragionevole affermare che, mentre il componente specifico di A è dato dal metodo delle libere associazioni, il suo componente generico è dato dalla coreografia.

Infine, sarà utile qualche chiarimento sulla nozione di trattamento alternativo per A . Dalla nozione, sopra illustrata, di trattamento alternativo appropriato per un trattamento T , segue che A^* è un trattamento alternativo per A nel caso in cui A^* è il trattamento standard per la nevrosi oppure, in assenza di un trattamento standard, nel caso in cui A^* è uno dei trattamenti ritenuti più efficaci per la cura della nevrosi. Si può tranquillamente affermare che non esiste alcun trattamento standard per la cura della nevrosi o di altri disturbi mentali. All'inizio degli anni ottanta, Grünbaum osservava che vi erano più di 125 psicoterapie rivali. Da allora il numero di psicoterapie presenti sulla scena della psicologia clinica non ha fatto che aumentare. Ciò significa che possiamo considerare numerose versioni di $Alt(A)$, una per ciascuna delle terapie considerate efficaci per la cura della nevrosi.

I rilievi che abbiamo appena avanzato suggeriscono che, in linea di principio, il controllo epidemiologico delle ipotesi $Sp(A)$, $Pl(A)$ e $Alt(A)$ è possibile. Tuttavia, Freud e i suoi seguaci hanno mostrato disinteresse e, talvolta, aperta ostilità, nei confronti del controllo epidemiologico delle loro teorie. Il loro atteggiamento ha fortemente ostacolato le ricerche sistematiche in questo campo. Ciò nonostante, negli ultimi decenni sono stati condotti svariati studi epidemiologici sull'efficacia della terapia analitica. I risultati di questi studi sono molto controversi. Per esempio, secondo Grünbaum, sulla base delle ricerche epidemiologiche finora condotte, si possono trarre, anche se con grande cautela, le seguenti conclusioni:

- la terapia analitica e i vari tipi di psicoterapia non sono molto più efficaci dei processi di guarigione spontanea;
- la terapia analitica e le psicoterapie rivali non apportano benefici molto superiori a quelli conseguiti attraverso trattamenti congegnati come placebo;
- la terapia analitica non è più efficace delle migliori psicoterapie rivali.