

Roberto Festa

BREVISSIMA INTRODUZIONE ALLA FILOSOFIA DELLA SCIENZA PER PSICOLOGI

Versione 2017-18

Ultimo aggiornamento: 7 marzo 2018

Indice

Avvertenze ai lettori		p. 3
Capitolo 1	<i>Epistemologia, epistemologia della scienza e filosofia della scienza</i>	p. 4
Capitolo 2	<i>Uno sguardo sulla filosofia della scienza nel Novecento</i>	p. 9
Capitolo 3	<i>La natura della conoscenza scientifica</i>	p. 11
	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. 15
	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. 22
	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. 26
	6.1 La struttura delle teorie scientifiche	
	6.2 La tesi e il problema di Duhem	
	6.3 Realismo e antirealismo	
Capitolo 7	<i>Elementi di logica formale</i>	p. 31
	7.1 Enunciati vero-funzionali nei linguaggi naturali	
	7.2 Linguaggi simbolici	
	7.3 Inferenze deduttive e teoremi	
Capitolo 8	<i>Elementi di teoria delle probabilità</i>	p. 40
	9.1 Gli assiomi della teoria della probabilità	
	9.2 Alcuni teoremi della teoria della probabilità	
Capitolo 9	<i>Elementi di epistemologia bayesiana</i>	p. 44
	9.1 Statica e cinematica dell'opinione nell'epistemologia bayesiana	
	9.2. Plausibilità del principio di condizionalizzazione	
	9.3 Applicazione del principio di condizionalizzazione nella pratica clinica	
Capitolo 10	<i>Elementi di epistemologia della psicoanalisi</i>	p. 50

Avvertenze per i lettori

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

NUMERAZIONE DEI TEOREMI E DELLE DEFINIZIONI. In questa *Brevissima* vengono formulati alcuni 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 (8.3) è il terzo teorema introdotto nel Capitolo 8. 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.

SEGNO DI FINE DELL’ESEMPIO. Nei prossimi capitoli il lettore si imbatte in alcuni esempi volti a chiarire il significato intuitivo di alcune nozioni. Ogni esempio è introdotto da “*Esempio X*”, in corsivo, ove “*X*” è il numero di identificazione dell’esempio. Al termine di ciascun esempio viene posto il simbolo “■”.

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.

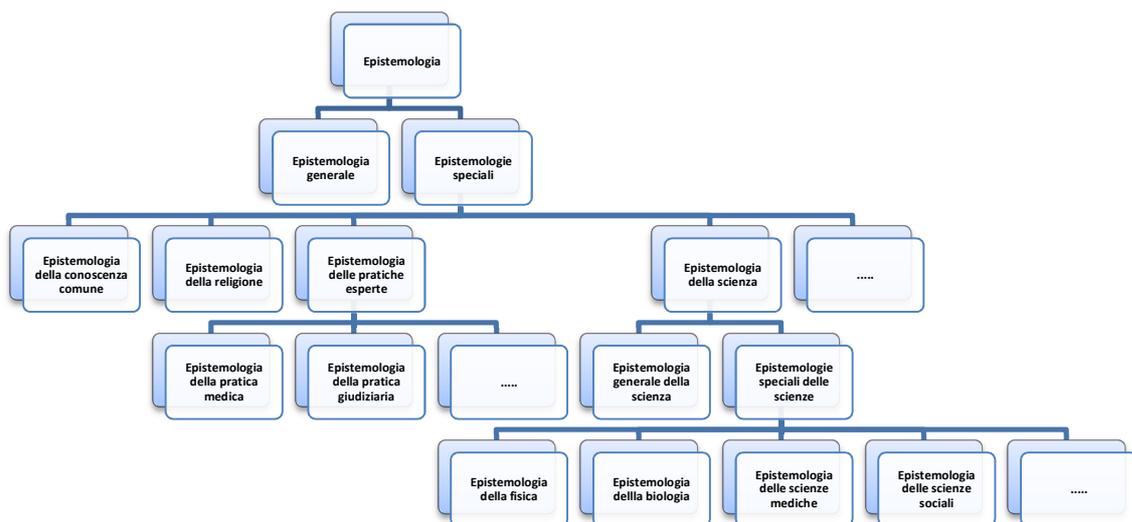


Fig. 1. Aree della ricerca epistemologica

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 alla 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 delle strutture logiche 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

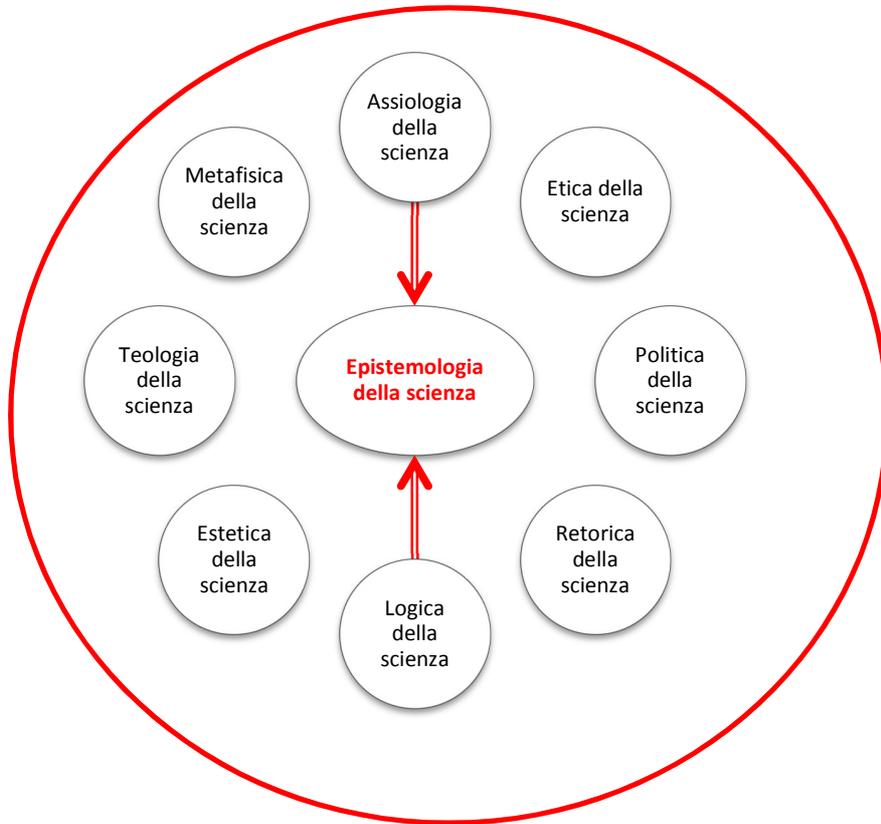


Fig. 2. *Mapa delle aree di ricerca della filosofia della scienza*

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, a informazioni della cui verità siamo certi, è un anglicismo. Tuttavia, questo termine è ormai ampiamente usato, nel

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.

sensu 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. Nel 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 imbatterci, 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.

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.	
	_____	<i>Quindi</i>
<i>Conclusione</i>	Tutti gli uccelli viventi in quest'isola sono neri.	

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> .	
	_____	<i>Quindi</i>
<i>Conclusione</i>	Non <i>A</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.	
	_____	<i>Quindi</i>
<i>Conclusione</i>	Marco non è emozionato.	

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.

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:

<i>Premessa 1</i>	Il primo corvo osservato è nero.	
<i>Premessa 2</i>	Il secondo corvo osservato è nero.	
	[...]	
<i>Premessa 1000</i>	Il millesimo corvo osservato è nero.	
	<hr style="border-top: 3px double #000;"/>	
<i>Conclusione</i>	Tutti i corvi sono neri.	<i>Quindi, probabilmente</i>

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 significanti 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 esplicazione, 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 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

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

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 (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).

Capitolo 5

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.	
	<hr/>	<i>Quindi</i>
<i>Conclusione</i>	La finestra dello studio è rotta.	

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:

<i>Leggi</i>	L_1, L_2, \dots, L_r	
<i>Condizioni iniziali</i>	C_1, C_2, \dots, C_k	
		Quindi
<i>Explanandum</i>	E	

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.

Capitolo 6

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>Conclusione</i>	Non $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$.	Quindi

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 esposte 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.

Elementi di logica formale

In questo capitolo e nei due successivi (capitoli 8-10) 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 una disciplina filosofica (*epistemologia bayesiana*) ampiamente usate dai filosofi della scienza. In questi tre capitoli verranno introdotti alcuni elementi di queste tre discipline, nell'ordine in cui sono state citate. Infatti, le nozioni di logica formale illustrate in questo capitolo (capitolo 7) saranno poi usate per introdurre alcuni elementi della teoria delle probabilità (capitolo 8), teoria sulla quale si fonda l'epistemologia bayesiana (capitolo 9).

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).

7.1 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 **coniunzione** 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”.

7.2 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 meteorologico 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:

- (7.1) (i) "piove" è vero in m_1 e m_2 e falso in m_3 e m_4 ;
(ii) "è caldo" è vero in 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 (7.1) sono questi:

- (7.2) (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 (7.2)(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 (7.2) 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 (7.2)(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 (7.1)(i)-(iv) sono fattuali, come si vede da (7.2)(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 (7.1)(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 .

7.3 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:

$$(7.3) \quad (i) \quad \begin{array}{c} a_1 \\ \dots \\ a_n \\ \hline b \end{array} \qquad (ii) \quad \frac{a_1, \dots, a_n}{b}$$

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:

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

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

(7.6) 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, (7.4) e (7.5) sono "buone" inferenze, mentre (7.6) 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, abduitive, 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 (7.4) e (7.5) sono "buone" inferenze e che (7.6) non lo è, nel senso che, come mostreremo qui sotto, (7.4) e (7.5) sono inferenze deduttive, mentre (7.6) non lo è.

Consideriamo anzitutto (7.4) e (7.5). Affermare che l'inferenza (7.4) 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 CVdisg 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 (7.5) ha la stessa forma di (7.4), il carattere deduttivo di (7.5) può essere stabilito sulla base di considerazioni del tutto simili a quelle sopra formulate per (7.4).

Si consideri ora l'inferenza "Alfredo è felice \therefore Alfredo è felice e Marco ama Giovanna" in (7.6). 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 (7.6) 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**¹³ 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 .

¹³ Gli assiomi vanno spesso sotto il nome di *postulati*.

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.

Capitolo 8

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).

8.1 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 poverà 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 8.

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 $p(b)$.¹⁴ 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.

¹⁴ 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.

8.2 Alcuni teoremi della teoria della probabilità

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

- (8.1) $p(\neg a) = 1 - p(a)$. *Probabilità della negazione*
- (8.2) $p(a) \leq 1$. *Probabilità massima*
- (8.3) Se a è una falsità logica, allora $p(a) = 0$. *Probabilità di una falsità logica*
- (8.4) Se $a \Leftrightarrow b$, allora $p(a) = p(b)$. *Probabilità di enunciati equivalenti*
- (8.5) Se $a \Rightarrow b$, allora $p(a) \leq p(b)$. *Probabilità di conseguenze logiche*
- (8.6) *Regola di moltiplicazione*
 (i) $p(a \wedge b) = p(a) p(b|a)$;
 (ii) $p(a \wedge b) = p(b) p(a|b)$.
- (8.7) *Principio della probabilità totale*
 (i) $p(a) = p(a \wedge b) + p(a \wedge \neg b)$;
 (ii) $p(a) = p(b) p(a|b) + p(\neg b) p(a|\neg b)$.
- (8.8) $p(a \wedge b) \leq p(a), p(b)$. *Valore massimo della probabilità delle congiunzioni*
- (8.9) *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:

- (8.10) $p(a|b) \geq 0$. *Probabilità relativa minima*
- (8.11) Se a è una verità logica, allora $p(a|b) = 1$. *Probabilità relativa di una verità logica*
- (8.12) *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 (8.1)-(8.9) per le probabilità assolute. Per esempio, si può dimostrare che le probabilità relative godono delle seguenti proprietà:

- (8.13) $p(\neg a|b) = 1 - p(a|b)$. *Probabilità relativa della negazione*
- (8.14) $p(a|b) \leq 1$. *Probabilità relativa massima*

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.

9.1 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 sempre 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.

9.2. 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 (8.18)(i) del teorema di Bayes, versione che converrà riformulare nel seguente modo:

$$(9.1) \quad p(H|E) = p(H) \times p(E|H) \times \frac{1}{p(E)}$$

Qui sotto illustriamo il significato intuitivo dei fattori $p(E|H)$ e $1/p(E)$ sul lato destro di (9.1):

- (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**¹⁶ 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 (9.1) 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 precisamente, suggeriamo che un essere umano non totalmente irrazionale – come l'investigatore

¹⁶ 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 .

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.¹⁷ 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 .

9.3 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 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

¹⁷ Si tratta, ovviamente, di dati inventati a tavolino, forniti a scopo puramente illustrativo. Tuttavia, suppongo che non si discostino troppo dal vero.

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 (8.13) della teoria delle probabilità, vale l'uguaglianza $p(Pos|\neg Ca) = 1 - p(\neg Pos|\neg Ca)$, possiamo affermare che $p(Pos|\neg Ca) = 0,096$.¹⁸

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 (8.18)(ii) del teorema di Bayes:

(9.2)

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

ove il simbolo "≅" si legge "è approssimativamente uguale a". Dalle uguaglianze in (9.2) 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%.

¹⁸ Questa uguaglianza viene dedotta dalla catena di uguaglianze $p(Pos|\neg Ca) = 1 - p(\neg Pos|\neg Ca) = 1 - 0,904 = 0,096$.

Capitolo 10

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).

10.1 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.

10.2 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 inconsce*, 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*.

10.3 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.

10.4 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 Adler¹⁹, 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 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.

¹⁹ 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.

ADOLF GRÜNBAUM: LA PSICOANALISI È CATTIVA SCIENZA. Negli anni ottanta del secolo scorso il filosofo della scienza tedesco, poi naturalizzato statunitense, Adolf Grünbaum (1923-vivente), 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 impedirvi 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.

10.5 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 \equiv L'ingestione di 500 mg di cianuro causa la morte.
 H_2 \equiv Il contatto con il bacillo di Koch²⁰ causa la tubercolosi.

²⁰ Il *Mycobacterium tuberculosis*, responsabile della tubercolosi nell'uomo, è comunemente noto come bacillo di Koch, in onore di Robert Koch che lo scopse nel 1882.

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:

- $H_1 \equiv$ L’ingestione di 500 mg di cianuro è una *causa sufficiente* per la morte.
 $H_2 \equiv$ 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.²¹ In generale, dati due tipi di eventi, A e B , possiamo formulare le seguenti ipotesi di causalità sufficiente e necessaria:

- $H_{Suff} \equiv$ 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:

²¹ 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.

$H_{Stat} \equiv A$ 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 \mathbf{U} .

H_{Stat} è un'ipotesi statistica la quale afferma che il verificarsi di A accresce la probabilità statistica, o percentuale, dei B in \mathbf{U} . In altre parole, H_{RStat} pone a confronto due scenari immaginari – quello in cui A è presente in tutti i membri di \mathbf{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 \mathbf{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*²². 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 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.²³

²² Qui e nel seguito, parleremo di guarigione di una determinata malattia *M* per indicare la scomparsa (totale o parziale) dei disturbi tipici di *M*.

²³ 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 .

10.6 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, si immagini che un epidemiologo intenda controllare l'ipotesi che un trattamento sia efficace nella cura di una determinata malattia e che, a tale scopo, metta a confronto gli effetti della somministrazione del trattamento con gli effetti della somministrazione di un placebo. Si immagini, inoltre, di osservare che tra i pazienti ai quali viene somministrato il trattamento si registra un numero di guarigioni maggiore di quello registrato fra i pazienti ai quali viene somministrato il placebo. Sfortunatamente, non si può escludere che le guarigioni registrate fra coloro che hanno ricevuto il trattamento siano dovute, almeno in parte, all'effetto placebo: infatti, la somministrazione del trattamento potrebbe produrre effetti benefici dovuti non solo alle proprietà caratteristiche del trattamento, ma *anche* all'effetto placebo.

Bisogna, inoltre, 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 squadrata 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.

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 $PI(T)$, 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 $PI(T)$ 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 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.