Capitolo 1
L'idea comune di spiegazione

Già nella vita di tutti i giorni ci chiediamo tanti *perché*. Perché le cose stanno così, perché è successo quello, perché il tale ha agito in quel modo... Chiedendoci perché, manifestiamo un primo interesse per le spiegazioni. Quest'interesse può, a sua volta, diventare tema di riflessione. Qui entra in campo una prima domanda filosofica: perché ci interessa spiegare?

Una volta che si conosca la spiegazione di un fatto sul quale siamo in grado di esercitare un qualche controllo, possiamo far sì che il fatto si ripeta oppure possiamo evitarlo. Quindi, chi dispone di una spiegazione ha un vantaggio rispetto a chi non ne dispone. Anche se il fatto sfugge al nostro controllo (per esempio un terremoto) possiamo ugualmente trarre vantaggio dalla spiegazione, perché sapendo a quali condizioni il fatto si verifica e quali conseguenze ha, possiamo giocare d'anticipo e predisporre azioni che minimizzino i suoi effetti, se per noi negativi, costruendo edifici antisismici; o che li massimizzino, se per noi positivi, come quando, da informazioni meteorologiche ottenute via satellite, prevediamo che, dopo giorni e giorni di pioggia, in questo fine settimana potremo finalmente fare una tranquilla passeggiata nei boschi e, se è stagione, portarci dietro un cestino per i funghi. Ma *spiegare* non è sinonimo di *prevedere*, perciò dovremo studiare meglio la questione.

Anche indipendentemente dal vantaggio pratico che garantisce a chi ne dispone, una spiegazione, va incontro alla naturale curiosità degli esseri umani e permette di sentirsi in un mondo meno straniero. Non è forse vero che, in molti se non in tutti i casi, *spiegare* e *capire* vanno di pari passo? Cioè, dalle spiegazioni ci aspettiamo, sì, effetti pratici, ma l'efficacia non è l'unico metro per valutare la capacità, o la forza, esplicativa di un discorso. È nella scienza che le spiegazioni via via si sono accumulate e si sono legate le une alle altre. E dalle spiegazioni ottenute mediante l'indagine scientifica sono scaturite tecnologie prima inimmaginabili. Ma la scienza

Alberto Peruzzi, *Modelli della spiegazione scientifica*, ISBN 978-88-6453-000-0 (print), ISBN 978-88-6453-002-4 (online), © 2009 Firenze University Press

non si riduce a tecnologia e le spiegazioni che la scienza ci offre non sono 'buone' unicamente perché risultano utili a fini pratici.

Infatti, ci sono molte ricerche scientifiche che, oggi come in passato, sono perseguite allo scopo di ottenere spiegazioni di fenomeni la cui utilità pratica è minima o nulla. L'attuale modello dell'universo ci dice che tutto quello che osserviamo è il prodotto di un'espansione dovuta a un grande botto (il Big Bang), avvenuto una quindicina di miliardi di anni fa. Spiegare *perché* l'universo si è espanso (malgrado la straordinaria pressione gravitazionale che doveva esserci quando era tutto condensato) non sembra che possa avere il minimo effetto sulla scala della vita non dico del singolo ma neppure dell'intera specie umana. Lo stesso vale per molti altri *perché*. Perché alla fine del Cretaceo i dinosauri si sono estinti? Perché molte galassie hanno forma ellissoidale invece che sferica? *Perché,* invece di un solo tipo, ci sono sei tipi di quark? Non pare che le risposte offrano un particolare vantaggio pratico – se non i benefici che derivano dalla stima scientifica nei confronti di chi abbia trovato la risposta.

Da una domanda all'altra, il *perché* richiesto non è sempre inteso nello stesso senso. Anzi, ci sono domande che chiedono il *perché* di qualcosa e che sarebbe improprio considerare richieste di una spiegazione. E viceversa: non è detto che tutte le volte che parliamo di 'spiegazioni' intendiamo risposte a domande del tipo *perché?* Chiediamo spiegazioni anche quando semplicemente non riusciamo a *capire* il significato di una frase o le funzioni di un congegno. «Spiegami meglio i termini del problema», «Spiegami cosa devo fare con tutti i pulsanti che vedo su questo pannello»; oppure quando vogliamo far intendere qualcosa: «Ora ci resta da spiegare…», dove il posto dei puntini può esser preso da una locuzione di modo sostantivata: «*come* funziona un motore diesel», «*come* era organizzato l'esercito romano», «*come* si fa a vincere in questo gioco», ecc. In tutti questi casi, chi fornisce la spiegazione non inizia dicendo *perché*… Questo non significa che non potremmo usare «perché» riformulando la frase: «Ora ti spiego *perché* il problema è formulato così», «Ecco *perché* un motore diesel funziona come funziona», ecc. Dunque, il nostro uso quotidiano del linguaggio mostra che il *come* è legato al *perché* e allo stesso tempo suggerisce che il *come* non esaurisce il *perché*. L'uso quotidiano non detta legge, ma ha i suoi diritti. Bisognerà vedere se, e in quali casi, il suggerimento è fondato.

Il più delle volte, chiedendo *perché?* intendiamo conoscere la causa, vogliamo sapere la ragion d'essere di *qualcosa*, o ancora esigiamo un motivo per credere che *qualcosa* è possibile (o impossibile). Questo *qualcosa* è tipicamente un evento, o un fatto, nel senso consueto del termine, ma può anche essere altro. Non diciamo che il modo in cui è congegnato il motore diesel o che i termini in cui è formulato un problema sono 'fatti'. Ma nulla ci vieta di dilatare il senso di questa parola per riferirla a una qualsiasi configurazione di un sistema (anche astratto) e, del resto, un simile senso esteso è testimoniato da espressioni come «il *fatto* che questa teoria permetta di dimostrare che...» e «il *fatto* che $\sqrt{-1}$ non sia un numero reale implica che...», con le quali non ci si riferisce direttamente a stati di cose nel mondo là fuori, dunque a *qualcosa* che occupi spazio e si verifichi in un dato tempo.

Non ci preoccuperemo di approfondire la casistica dell'uso lessicale. Una descrizione accurata dei vari modi in cui ci serviamo comunemente di parole come «perché», «spiegazione», «fatto», dovrebbe continuare ben oltre le precedenti annotazioni (di servizio). Per chiudere la parentesi terminologica, contentiamoci di dire che le spiegazioni rispondono *tipicamente* a una domanda che chiede: *Perché*...?

Se abbiamo ragione nel misurare la *comprensione* di qualsiasi cosa (fenomeno, fatto, situazione, evento, stato di cose) con la capacità di rispondere a domande del genere, e se è la scienza a offrire le risposte, allora l'importanza delle spiegazioni che la scienza ci offre sta nel fatto che esse ci fanno *capire* quel poco (o tanto) che capiamo del mondo. Inoltre, se non ci sono autentiche spiegazioni al di fuori della scienza, allora l'importanza delle spiegazioni scientifiche sta nel fatto che esse soltanto ci fanno *capire* qualcosa del mondo. Dovremo appurare in che cosa consiste un tale *capire*: che cosa sono le spiegazioni scientifiche e che cosa le contraddistingue, separandole da pseudo-spiegazioni (false o apparenti spiegazioni)?

È un dato di fatto che, generalmente, gli esseri umani preferiscono vivere in un ambiente che capiscono piuttosto che in uno di cui non capiscono nulla. Anche coloro che avvertono maggiormente il fascino del mistero possono permettersi di esprimere questo fascino solo perché ci sono molte cose che capiscono, credono di capire o suppongono di poter capire. Lo stesso vale nei confronti della spiegazione: anche senza presumere di sapere dove passi esattamente la linea di confine fra spiegazioni e pseudo-spiegazioni, sarete pronti a riconoscere che non tutte le spiegazioni sono uguali: alcune direte che sono buone (accettabili, ragionevoli, ecc.), altre no. E fra due spiegazioni di un fatto che siano entrambe considerate come buone, ci si chiede subito qual è la migliore. Eccoci dunque al problema di come valutare, comparare, selezionare, le spiegazioni.

In linea di principio, o in linea 'teorica', per qualunque spiegazione data, si può sempre pensare che ce ne sia una ancora migliore, ovvero, non è detto che ci sia una spiegazione ultima e, se anche ci fosse, non potremmo esser certi in assoluto di averla trovata. L'idea che ci possa sempre essere una spiegazione migliore esprime una cautela cui di fatto, in molti casi, non ci atteniamo. Per esempio, la spiegazione del fatto che le case hanno normalmente finestre senza sbarre, mentre le finestre delle celle di una prigione hanno le sbarre, è così ovvia che non siamo disposti a pensare che potrebbe esserci anche una spiegazione migliore. Analogamente, la spiegazione del fatto che un essere umano muore se non mangia e non beve nulla per giorni e giorni è una di quelle che non siamo disposti a rivedere. Che ci possa essere sempre una spiegazione migliore? Sì, in linea 'teorica'. Ma questa possibilità ci lascia del tutto indifferenti quando abbiamo una spiegazione che funziona.

Accanto alle scienze naturali si dice che ci sono le 'scienze umane', chiamate così non per suggerire che le altre sono disumane ma per indicare che hanno come loro oggetto specifico gli esseri umani e, più specificamente, gli esseri umani considerati in quegli aspetti che le scienze naturali trascurano o addirittura sono incapaci di comprendere. L'ambito delle 'scienze umane' è anche quello in cui si assiste alla maggiore presenza di spiegazioni in reciproco contrasto di uno stesso fatto, perciò l'esigenza di una riflessione sui criteri per valutare (comparare, selezionare) le spiegazioni dovrebbe essere ancor più sentita. Di fatto, non sembra che sia così, ma anche qui, non appena ci si preoccupa di individuare le ragioni a sostegno di una valutazione (comparazione, selezione), uno dei fattori di cui si tiene conto è la *ripetibilità* della spiegazione in un'ampia classe di eventi. Per esempio: perché è preferibile che i bambini crescano con tutti e due i genitori invece che con uno solo? Una risposta che andasse bene solo per coppie di genitori entrambi al di sotto dei quarant'anni sarebbe peggiore di una che andasse bene anche per le altre coppie.

Tuttavia, ci sono anche casi in cui si arriva a proporre spiegazioni che riguardano un singolo fatto specifico e non altri: per esempio, una singola decisione. Può trattarsi di una decisione che ha cambiato la storia, che non può essere ripetuta sperimentalmente, e si cerca di spiegare la decisione presa, oltre che sulla base dei fatti, sulla base di come il soggetto interessato si rappresenta le intenzioni, le credenze, le aspettative degli altri soggetti interessati. Perché, nel settembre 1939, Francia e Inghilterra, dopo aver dichiarato guerra alla Germania perché aveva invaso la Polonia, non dichiararono guerra anche all'Unione Sovietica, benché, pochi giorni dopo i tedeschi, anche i russi avessero invaso la Polonia? Può trattarsi anche di decisioni, e scelte, meno epocali. C'è chi ha detto che bisogna rinunciare all'idea di un criterio comune di razionalità per comprendere la razionalità dal punto di vista di soggetti con interessi contrapposti. È un tema su cui sarà opportuno tornare. Per ora mi limito a segnalare che ci sono spiegazioni, fornite dalla teoria dei giochi, che aiutano a capire perché in molte situazioni di conflitto d'interesse, un comportamento collaborativo è vantaggioso per tutti i partecipanti.

Da quel che precede è possibile farsi una prima idea di quanto varia sia la gamma delle spiegazioni e di come il concetto di spiegazione sia, quasi inavvertitamente, collegato ad altri concetti. Ora, da dove possiamo partire per identificare le spiegazioni e per compararle? Di nuovo, il comune buon senso ci dà già un'idea intuitiva di che cos'è una spiegazione e di che cosa non lo è. Proprio da questa idea intuitiva conviene partire, rendendola esplicita e poi esaminando se, come, quanto e per quale motivo la scienza se ne discosti.

Se c'è un evento, o fatto specifico, ***E*** che vogliamo 'capire', un primo livello di spiegazione consiste semplicemente nel trovare un altro fatto o evento ***C***, che è la condizione del verificarsi di ***E***: perché ***E***? perché ***C***.

Spesso, quando ci esprimiamo così, siamo ambigui: non distinguiamo tra (a) se si verifica ***C*** allora si verifica ***E*** e (b) se non si verifica ***C*** allora non si verifica ***E***. Invece, (a) e (b) non si equivalgono.

A parte quest'ambiguità, la supposizione implicita è che in ***C*** sia presente qualcosa che esercita un'azione *causale* e che, tra gli altri effetti di quest'azione, ci sia quello di produrre, come risultato, lo stato di cose descritto come ***E***. Insomma, l'idea è che *spiegare* significhi *trovare la causa* (le cause): un'idea che da Aristotele in poi ha dominato la storia del pensiero scientifico e filosofico per tanti secoli. A metà del Novecento quest'idea è stata non confutata ma, diciamo, 'messa da parte' (vedremo come); e poi ci si è preoccupati di recuperarla. Anche quando si è cercato di metterla da parte, non s'intendeva negare che in molti ambiti scientifici, di fatto, la nozione è viva e vegeta. Basti pensare al rilievo che ha l'*eziologia* in medicina. (L'eziologia è appunto lo studio sistematico delle cause delle malattie – la radice del termine deriva dal greco *aitìa*, che appunto significa *causa*.) E quando s'è tentato di recuperare il legame tra spiegazioni e cause, bisognava pur sempre tener conto delle ragioni per le quali si era pensato di metterla da parte; così, il recupero non ha riportato indietro all'idea tradizionale.

Allo stesso tempo, un'idea non meno diffusa è che per spiegare qualcosa si debbano individuare principi generali che permettono di collegare un evento a un altro e di farsi un'immagine unitaria e coerente di un grande numero di fatti. Pensiamo che tutto quel che succede sia governato da 'leggi' e dalle stesse leggi qui e altrove, ora e in ogni altro tempo.

A parte gli errori di ragionamento e le ambiguità, che sono facilmente correggibili, l'opinione comune, circa quel che facciamo quando ci mettiamo a 'spiegare', non è detto che sia sbagliata. Né è detto che sia tutta un'altra cosa rispetto alla spiegazione scientifica. I suoi componenti hanno bisogno, però, di essere distinti, analizzati, riformulati, precisati e poi selettivamente sviluppati. In parte è proprio quel che è avvenuto all'interno del discorso scientifico vero e proprio, ma a sua volta anche le spiegazioni che si trovano nel discorso scientifico hanno bisogno di essere analizzate e valutate criticamente.

Innanzitutto, occorre distinguere tra condizioni sufficienti e condizioni necessarie, in modo da evitare l'ambiguità di cui sopra. Non è forse una distinzione logica? Certo. E per quale motivo dovrebbe aver a che fare in maniera specifica con le spiegazioni? La risposta a questa domanda è tanto semplice quanto importante: se c'è un ambito della nostra comune esperienza in cui l'uso della logica è massiccio, anzi decisivo, è proprio quello che riguarda le spiegazioni. Non c'è spiegazione che non si serva di «se... allora...» e tipicamente di molte altre nozioni logiche. Potrebbe anche darsi che la nostra idea di spiegazione fosse una questione di *sola* logica; come potrebbe darsi che fosse una questione di logica più, eventualmente, qualcos'altro. Bisognerà vedere, ma sicuramente la 'bontà' di una spiegazione è una questione di logica. Non meno sicuramente, l'attenzione agli schemi di ragionamento, dalla quale ha preso avvio la logica, è stata sollecitata dall'esigenza di controllare la validità delle spiegazioni: fisiche, mediche, legali, politiche, psicologiche... Sto dimenticando che la logica si è sviluppata anche in rapporto con la matematica? Ma in matematica ci sono spiegazioni? In matematica ci sono, dimostrazioni e calcoli. Sono o no spiegazioni?

Stando all'uso comune, non diremmo «Euclide l'ha dimostrato quindi l'ha spiegato» e neppure il viceversa. L'idea intuitiva è che dimostrare e spiegare siano attività distinte. Se spesso l'idea intuitiva confonde, talvolta (come in questo caso) separa più di quanto sia opportuno. Tra dimostrare e spiegare c'è un fitto tessuto connettivo di ragionamenti e forse ciò che più di ogni altra cosa fa da mediatore fra dimostrazioni e spiegazioni è il nostro interesse a capire (capire perché..., capire com'è possibile che..., capire come mai..., capire che non può essere diversamente da così). Il raccordo tra dimostrazioni e spiegazioni passa per il concetto logico di deduzione e non ci vuole molto a metterlo in luce; invece, dovremo fare un bel po' di strada per renderci conto che, dimenticando il nesso fra comprensione e spiegazione, ci perdiamo qualcosa che ha a che fare con la ricerca della verità e che, separando la ricerca di spiegazioni dalla ricerca della verità, alcuni problemi filosofici relativi alla spiegazione non sono risolvibili.

I problemi... ci piace risolverli. Quel che ci piace può essere difficile da ottenere. Di solito non incontriamo difficoltà a riconoscere se un problema è stato risolto o no. Ma per dire che è insolubile occorre un ragionamento di tipo sofisticato. Per esempio, i geometri greci posero il problema di dividere un angolo in tre parti uguali usando solo riga e compasso. Non riuscirono a trovare un metodo per farlo. Il che non escludeva che il metodo ci fosse. Invece no: il problema è insolubile, ma la dimostrazione che è insolubile fu data solo nell'Ottocento. Forse sapete già che ci sono filosofi che vanno in brodo di giuggiole quando possono dire che un problema è insolubile. Non vedo che gusto provino ma, a parte il gusto, per dire che è un problema è insolubile ci vuole un bel po' di ragionamenti, ancora più sottili di quelli che di norma codesti filosofi sono in grado di fare.

Invece di volare subito alti, conviene partire da casi di spiegazione che ci sono familiari, per poi discutere l'estensione o la revisione delle nostre idee di base, messe a punto in relazione a questi casi, passando così ad esaminare casi più sofisticati all'interno della stessa pratica scientifica.

1.1 Perché il latte è caldo

Siamo ospiti a casa di amici. Appena svegli, andiamo in cucina. Non c'è nessuno, ma notiamo che c'è un bricco di latte sul fornello e ci accorgiamo di un fatto: *il latte è caldo*. Una volta tanto, ci chiediamo il perché. Un attimo: chiederselo ha senso solo se il latte è davvero caldo e se quel che è caldo è davvero latte. Cosa significa esattamente essere *caldo*? La nozione di «caldo» non è precisa. E poi: siamo sicuri che si tratti di latte?

Supponiamo di poter mettere da parte ogni incertezza al riguardo o più semplicemente supponiamo di attenerci al comune criterio per identificare il latte e il relativo calore. E se stessimo ancora sognando e sul fornello in cucina non ci fosse, in realtà, proprio nulla? Chiedersi il perché di un-fatto-che-non-c'è può essere un passatempo, ma non porta a una spiegazione. Insomma, non abbiamo difficoltà a dire che il compito della spiegazione è relativo *soltanto* a ciò che esiste (o che, comunque, ci è dato riconoscere come esistente) e al modo in cui risulta essere. Il problema di spiegare qualcosa che (riconosciamo che) non c'è o che ha proprietà diverse da quelle che ci risultano, non si pone. Sarebbe come chiedersi: perché *è successo* qualcosa che *non è successo*? Di norma ci interessa spiegare soltanto perché *c'è* quel che *c'è*, anche se dell'atteggiamento scientifico fa parte anche l'interesse a spiegare perché *non c'è* qualcosa che *non c'è*; anzi, riuscire in questo è per così dire il *top* della spiegazione scientifica.

Riassumendo, se ci sbagliamo nel descrivere le evidenze empiriche, non ha senso chiederne una spiegazione. Qualora non ci sia alcun bricco di latte, non ha senso chiedersi perché il latte contenuto nel bricco è caldo. Se il latte c'è ma *in realtà* non è caldo, non ha senso chiedersi perché è caldo. Questo ci dice che la prima cosa da fare prima di impegnarci in una spiegazione è controllare che le cose stiano davvero in quel modo.

Banale? Non sempre. Per esempio, prima di chiederci perché i rabdomanti riescono a trovare l'acqua sotterranea con un bastone a Y, conviene accertare che sia davvero così, cioè, che in effetti riescono a trovarla in questo modo. Se non è così, la questione non si pone. Stesso discorso per tutti i cosiddetti fenomeni 'paranormali'. Semmai, se anche dopo il controllo, le cose continuano ad apparire ai nostri sensi in un modo che abbiamo controllato essere irreale, il piano della spiegazione si sposta: ci chiediamo perché le cose ci *appaiono* proprio così, e allora la spiegazione si sposta sul piano dell'ottica, della fisiologia e della psicologia.

Quando immergiamo un remo nell'acqua, ai nostri occhi il remo non appare più diritto e anche se siamo convintissimi che i solidi non si deformano quando sono immersi nell'acqua del mare, continuiamo a vedere il remo come spezzato. Non ci chiediamo perché il remo si piega tutte le volte che lo immergiamo e torna diritto tutte le volte che lo estraiamo dall'acqua. Ci chiediamo perché in un liquido come l'acqua lo vediamo come se fosse piegato. La spiegazione non riguarda la meccanica ma l'ottica. Questo spostamento del problema non è detto che cambi la struttura della spiegazione: si sposta soltanto di ambito. Se un bricco di latte a 80° apparisse freddo a una persona e lo stesso fenomeno si ripetesse con altre bevande, diremmo che c'è qualcosa di strano nell'apparato sensoriale di quella persona.

Ci sono, inoltre, apparenze che non interessano i sistemi percettivi, come quando, da parte di soggetti affetti da una sindrome schizofrenica, si afferma che un certo oggetto è stato, di nascosto, prima sottratto loro e poi rimesso dov'era alterandone in qualche modo impercettibile le caratteristiche: i soggetti si calano allora nel compito di spiegare come ciò sia potuto avvenire, mentre il terapeuta si impegna, tra le altre cose, a spiegare come essi siano giunti a spiegare i fatti in questo modo, anche se la spiegazione non convincerebbe mai i soggetti stessi.

Ora, supponiamo di non avere dubbi riguardo all'evidenza. Quando siamo entrati in cucina, ci siamo accorti che il latte sta bollendo (e siamo tutti d'accordo che nelle condizioni abituali, quando un liquido come il latte sta bollendo, è caldo). Allora ci chiediamo: *perché il latte è caldo?*

Nella vita di tutti i giorni, la comune spiegazione di questo fatto è: *Qualcuno ha acceso il fornello*. Dietro a quest'affermazione ci sono alcuni presupposti taciti:

- che il latte, cioè *ogni* tipo di latte e in *ogni* quantità, non solo il latte nel nostro contenitore (diciamo un comune bricco), e in quella quantità, non si scalda da sé;
- che l'accensione del fornello, cioè di *qualunque* fornello e non solo del nostro, causa un flusso di calore dal fornello al bricco e dal bricco al latte;
- che un fornello, il nostro così come *tutti* gli altri, non si accende da solo, né di regola né casualmente.

Questi non sono gli unici presupposti impliciti: per esempio, il bricco è fatto di metallo invece che di legno, e il metallo è un buon conduttore di calore. Ma ciò che balza agli occhi è che sono presupposti di carattere *generale*. Infatti, abbiamo usato espressioni come *ogni*, *qualunque*, *tutti*. E per ogni altra analoga spiegazione di qualsiasi altro fatto, ci saranno ugualmente presupposti di carattere generale, di solito altrettanto impliciti. La spiegazione di un fatto specifico ***E*** che è fornita adducendo un altro fatto specifico ***C*** può 'funzionare' solo perché il nesso tra ***C*** ed ***E*** sfrutta, sì, informazioni specifiche sulle specifiche CONDIZIONI dalle quali dipende il verificarsi di ***E***, ma sfrutta anche l'informazione espressa da uno o più PRINCIPI di carattere generale.

Sia le CONDIZIONI indicate sia i PRINCIPI cui si fa appello possono a loro volta essere oggetto di spiegazione. Il fatto che possano (o debbano) essere a loro volta spiegati non annulla le spiegazioni date in termini di essi. Perché una spiegazione 'funzioni', non si deve presumere che essa sia l'ultima parola, di per sé evidente. I bambini sono maestri nel chiedere sempre il perché del perché del perché. Ma che quanto rispondiamo loro non sia l'ultima parola non significa che è come se non avessimo risposto, lasciandoli al punto di partenza.

1.2 Tipi di spiegazione

Ho iniziato con un esempio così familiare per suggerire che la 'spiegazione scientifica' è figlia, nipote o pronipote di un'esigenza che cerchiamo di soddisfare già nella vita di tutti i giorni. Anzi, nell'impresa scientifica potremo sicuramente trovare molta matematica e molti strumenti che non adoperiamo comunemente, ma è tutto da dimostrare che nell'impresa scientifica ci siano *tipi di spiegazione* essenzialmente diversi da quelli che ciascuno è in grado di mettere a punto per comprendere un fatto della vita quotidiana.

Qualcuno di voi scuoterà la testa: in un testo scientifico si trovano esposti ragionamenti i quali non hanno un corrispondente nel linguaggio ordinario. Sì, ma ciò non implica che tutti i tipi di spiegazione che si trovano in testi scientifici siano qualcosa di totalmente altro dai consueti tipi di spiegazione, ora formulati con un rigore che il linguaggio ordinario non consente e con un lessico opportunamente arricchito. Gli scienziati non sono alieni: i loro ragionamenti sono i comuni ragionamenti vestiti a festa. Con ovvie differenze. Infatti, ci vuol poco a capire che un'imponente gru impiegata nell'ingegneria civile solleva blocchi di cemento che con le braccia non potremmo sollevare. I principi della leva, però, sono gli stessi. Il vestito da festa è fornito dall'apparato teorico, dal linguaggio matematico e dall'arricchimento del lessico che si attua al fine di precisare il significato dei termini usati. Come un buon vestito nasconde i difetti e valorizza i pregi, così un lessico più ricco e accurato fa evitare confusioni e, viceversa, unifica quel che prima poteva sembrare separato.

Ora si tratta di capire qual è la FORMA generale (se c'è) di una spiegazione, indicare quali sono i CRITERI (se ci sono) che permettono di accettare una spiegazione come corretta e respingere un'altra come erronea. Inoltre, sarà opportuno esaminare in quali modi facciamo uso di questa forma e di questi criteri. Ci si apre davanti un tipo di ricerca che solitamente contraddistingue l'esercizio della filosofia, come interrogazione sui principî che giustificano, o non giustificano, ciò che pensiamo e il modo in cui agiamo. Le domande che i filosofi si pongono (o possono porsi) sono domande che anche gli scienziati si pongono (o possono porsi), e viceversa. Chiunque si fermi a rifletterci sopra ha qualche motivo e qualche dubbio in relazione a uno specifico problema. Naturalmente, c'è anche chi si alza la mattina e si pone grandiose domande, scollegate da qualunque specifico problema. Purtroppo, quando ci si mette a ragionare 'in generale', si rischia spesso di perdere di vista il sapere tanto faticosamente accumulato e si finisce per girare a vuoto. Non c'è da stupirsi se, a questo punto, molti si spaventano dell'astrazione che in un attimo si raggiunge in filosofia. La cattiva filosofia strappa il tessuto connettivo fra senso comune e scienza e riempie il vuoto che così si crea con paroloni carichi di ambiguità e vaghe astrazioni. La buona filosofia cerca di rammendarlo. Ci vuole pazienza e non c'è bisogno di spaventarsi.

Secondo un'opinione condivisa da molti e oggi ritenuta pressoché ovvia, la spiegazione scientifica presenta, intrinsecamente, aspetti diversi in ambiti disciplinari diversi: spiegare un comportamento in termini psicologici è qualcosa di (molto) diverso dallo spiegare un processo biologico, e spiegare un fatto economico è diverso dallo spiegare un fenomeno fisico.

Delle presunte differenze non mi risulta che siano state fornite prove incontrovertibili. Semmai, sarei propenso a credere che ci siano prove in senso contrario. L'esemplificazione e la valutazione delle presunte differenze porterebbe via troppo tempo e, in fondo, non produrrebbe un gran che. Qualcosa, però, devo pur dire al riguardo, perché fior di filosofi hanno fatto leva su queste differenze per sostenere tesi di notevole portata riguardo a temi concernenti la natura della storia, la natura della mente e la conoscenza scientifica in generale.

Questa limitata attenzione al problema della specificità disciplinare della spiegazione non intende suggerire che sia d'importanza trascurabile un confronto fra tipi diversi di spiegazione. Per citare un caso che di recente è stato molto discusso, prendiamo la simulazione degli stati e dei processi mentali mediante programmi di computer (come le *routines* di un diagramma a blocchi) o mediante modelli basati su reti neurali artificiali. È sicuramente importante capire in quale senso una simulazione contribuisce (o no) a spiegare ciò che viene così simulato – e fa una bella differenza se adottiamo un diagramma a blocchi o una rete neurale. Dico solo che, prima di entrare nel merito di questa così come di analoghe questioni, conviene essersi chiariti le idee su alcuni aspetti generali della spiegazione. Una volta chiarite le idee, la corrispondenza fra tipi di spiegazione e ambiti disciplinari risulterà meno solida di quanto si è creduto e si continua a credere. Sul che, molti saranno probabilmente scettici, e penso che la maggior parte di voi lo sia, perché fin dai primi anni di scuola siete stati bombardati da messaggi di tono diverso, orientati al rispetto dell'autonomia delle discipline più diverse, anche se questo significa accettare una visione frammentaria del sapere. L'umiltà va bene e il rispetto della diversità va bene, ma bisogna anche fare i conti col fatto che il mondo non è a compartimenti stagni.

Che ci siano state e ci siano strategie esplicative diverse non implica che la diversità sia nelle cose. Per esempio, spiegazioni teleologiche e spiegazioni probabilistiche possono essere impiegate nei campi più disparati, dunque non sono associate a un particolare ambito disciplinare. Corrette o scorrette che siano, ci sono state spiegazioni teleologiche in cosmologia così come in biologia, e di fatto ci sono spiegazioni probabilistiche in economia così come in meccanica. E va da sé che la biologia è una cosa e la cosmologia un'altra, l'economia non è la meccanica, la biologia non è l'economia ecc. Dunque, i ragionamenti che faremo circa forma e criteri delle spiegazioni intendono applicarsi ai diversi tipi di spiegazione, indipendentemente dall'ambito disciplinare in cui un certo modello ha trovato, o non ha trovato, sostegno; e così, se ci sarà motivo di obiettare qualcosa, non si dovrà per forza restare confinati a un ambito specifico.

Già in queste dichiarazioni d'intenti c'è quanto basta per far inorridire molti filosofi della scienza. Per completare la confessione dei peccati, aggiungo che non sarà affrontato, se non di sfuggita, un problema pur strettamente connesso con la spiegazione, cioè, quello della *riduzione* di una teoria a un'altra. Non è solo per ragioni di spazio; non è perché, avendone trattato in due libri sulle definizioni, mi è passata la voglia di tornarci sopra; e neanche perché l'esame di questioni essenzialmente definitorie, come sono quelle relative alla riduzione di una teoria a un'altra, esige più sottigliezze di quante sia opportuno fare in una trattazione introduttiva. Il punto è semplicemente che tali sottigliezze non aggiungerebbero alcunché di sostanziale alla discussione dei modelli della spiegazione.

1.3 Filosofia della scienza e logica

L'analisi della spiegazione rientra a pieno titolo nell'odierna filosofia della scienza, ma il problema di capire cosa sia giusto intendere per 'spiegazione' è stato avvertito da molti filosofi anche in passato. Già nella filosofia greca cominciò la riflessione sul metodo 'scientifico', sulla natura delle teorie, su come raccogliere e interpretare i dati, sui criteri per catalogare le conoscenze e organizzarle in sistema, sul posto della matematica nelle scienze naturali, sul senso da attribuire all'oggettività scientifica. Quella riflessione, con la sua eredità e i suoi sviluppi, è oggi descritta come facente parte della filosofia della scienza; e così, per fare un solo nome, Aristotele si trova spesso ricordato nei testi di filosofia della scienza sia per i suoi contributi alla metodologia sia per la sua sistematica analisi del concetto stesso di scienza (naturalmente, il termine «scienza», venendo dal latino *scire*, cioè *sapere*, non era presente nel lessico di Aristotele). Ma la filosofia della scienza si è costituita come autonoma disciplina, prendendo appunto questo nome, solo nel Novecento; e, tipicamente, è solo dopo che si è battezzato qualcosa che ci si industria a rintracciarne genitori e progenitori. Dai tempi di Aristotele a oggi non sono certo mancati contributi significativi: nel corso della storia del pensiero scientifico ci sono stati diversi momenti in cui si è acceso un vasto dibattito sul formato ideale delle spiegazioni in rapporto ai modello di conoscenza che si aveva di fronte. Nel primo Novecento è avvenuto il salto di qualità, con la ferma determinazione a dare al battezzato (la filosofia della scienza) un'identità e anche un particolare ruolo strategico. Se così è stato e se il nuovo ambito disciplinare ha visto notevoli progressi, è principalmente merito di quel movimento di pensiero che prende il nome di «empirismo logico» (o «neoempirismo»). I progressi forse non hanno portato così lontano quanto si sperava all'inizio e forse i risultati conseguiti si sono rivelati meno definitivi di quanto si credeva, ma ci sono stati.

Non è che uno si alza la mattina e gli vien voglia di costituire una disciplina mettendo insieme tanti contributi sparsi. La nascita della *filosofia* della scienza deve molto all'emergere di nuove idee *scientifiche* sollecitate dal tumultuoso sviluppo di teorie fisiche, come la relatività generale e la meccanica quantistica, che hanno scompaginato l'immagine 'classica' del mondo; molto deve anche alla consapevolezza che il significato delle nuove idee scientifiche non andava d'accordo con l'idea (o ideale) di conoscenza che era stata messa a punto nella filosofia moderna. Da questo connubio di interessi è nata una nuova area della filosofia ma è nata anche una nuova visione della conoscenza umana, una visione che ha investito i fondamenti della matematica, la metodologia sperimentale, il rapporto fra dati osservativi e concetti astratti così come il rapporto fra linguaggio ordinario e linguaggio scientifico. Il movimento filosofico noto come «empirismo logico» ha offerto la principale cornice di idee entro la quale questa nuova visione della conoscenza si è precisata.

A far sì che il rinnovamento prendesse campo hanno giocato più fattori. Uno spicca tra gli altri, perché trasversale ai vari temi e problemi della filosofia della scienza. Si tratta di uno strumento che prima non c'era: la logica matematica.

La logica esisteva già. Aristotele ne aveva fornito la prima sistemazione, anche se limitatamente alle inferenze in forma di 'sillogismi' (ed era in questa forma che le spiegazioni dovevano essere formulate). Ma, dai tempi di Aristotele, lo sviluppo della matematica e delle scienze empiriche mostrava che i ragionamenti impiegati non erano descrivibili in termini di sillogismi. Galileo l'aveva intuìto e, subito dopo di lui, Cartesio. Per passare dalle loro intuizioni a una rigorosa descrizione delle più complesse strutture del pensiero matematico e delle sue concrete applicazioni, c'è stato bisogno di un lungo lavoro, che ha fatto capire *come* le operazioni logiche siano trattabili alla stessa stregua delle usuali operazioni algebriche, e *quali* siano le caratteristiche peculiari dell'algebra della logica, che non riguarda solo i sillogismi ma anche ogni altro tipo d'inferenza usata nel ragionamento scientifico. A questo si è arrivati alla fine dell'Ottocento: è allora che è nata la logica matematica nel suo più ampio senso.

Con la logica matematica è finalmente diventato possibile analizzare il linguaggio della matematica a un livello di raffinatezza che prima non poteva neppure essere immaginato, ma è diventato possibile anche analizzare efficacemente il linguaggio delle teorie scientifiche, sia perché le teorie scientifiche più sviluppate sono formulate in termini matematici sia perché, anche quando non è così, la forma dei principî teorici e la correttezza delle inferenze scientifiche possono essere precisate e controllate con l'analisi logica.

I problemi relativi alla spiegazione scientifica non sono semplicemente problemi di linguaggio e di forma logica; senza quest'analisi, però, non si possono impostare con la dovuta prrecisione e quindi non si può neppure dire di averli risolti. La logica matematica si è rivelata, poi, uno strumento indispensabile anche per l'analisi del linguaggio comune e per il confronto tra l'idea intuitiva di spiegazione e l'idea di spiegazione che si trova esemplificata all'interno della scienza. Dunque, la logica (matematica) è uno strumento basilare della filosofia della scienza e uno strumento del quale non si può fare a meno nell'analisi della spiegazione. L'errore, semmai, di molti filosofi della scienza è stato quello di attribuire all'analisi logica del linguaggio un compito esageratamente ambizioso. Un'analisi adeguata della spiegazione non si riduce all'analisi del significato del termine «spiegazione» né si riduce a un esercizio matematico. Se comprate un microscopio e passate tutto il tempo a pulire le lenti e aggiustare i meccanismi, non lo state usando per conoscere nulla che già non vediate a occhio nudo. Nell'indagine che faremo, quest'errore sarà raramente segnalato, sia in vista degli aspetti della spiegazione che, come vi ho già detto, saranno trascurati, sia in vista del carattere introduttivo dell'esposizione, che non permetterà di sfruttare a pieno la potenza della stessa analisi logica. Ciononostante, saranno almeno segnalati alcuni punti nei quali si manifesta la necessità di ampliare l'orizzonte di un'impostazione puramente logico-linguistica, in modo da apprezzare alcuni componenti della razionalità che non si riducono alla struttura del linguaggio e del ragionamento.

Ci interessa spiegare *cosa*? Il compito della spiegazione non si pone soltanto nei confronti dei *fatti*. Riguarda anche la conoscenza che abbiamo, o pensiamo di avere, dei fatti, perché ci interessa capire che cos'è la conoscenza stessa e come sia possibile. Se è un compito scientifico spiegare i fatti, quello di spiegare la conoscenza dei fatti è un compito meta-scientifico. Qui sta uno dei classici problemi della filosofia, ma anche molti scienziati se lo sono posto. Purtroppo, succede che ora sia affrontato soltanto in relazione a un determinato ambito da chi fa ricerca scientifica e soltanto nella sua solenne genericità dai filosofi che analizzano la conoscenza (si dicono «epistemologi», dal termine greco *episteme*, che significa *conoscenza* certa, solida, non controversa). Nel primo caso si finisce per trasferire quel che funziona nell'ambito prediletto a tutti gli altri, nel secondo per applicare, in maniera velleitaria, una vaga ricetta a tutti i casi specifici. Non crediate che sia facile evitare l'uno e l'altro difetto. Comunque, quando ci s'imbarca in questo compito, bisogna fare i conti con una congerie di presupposti e di *desiderata* (per esempio, con lo status ascritto alle definizioni, con i loro diversi tipi, le loro funzioni, la loro forma ottimale), ma ancora una volta è dubbio che ci troviamo coinvolti in spiegazioni di tipo sostanzialmente diverso da quelle che s'incontrano nella vita quotidiana e nella scienza. L'epistemologia non governa sulle teorie scientifiche: fa parte della stessa impresa.

In qualunque spiegazione della conoscenza entrano fattori descrittivi e valutativi né più né meno di quanto essi entrano nella spiegazione ordinaria e scientifica. Quel che si può trovare in filosofia, quando non si riduce a solenne genericità, è una più profonda consapevolezza, trasversale agli ambiti disciplinari, un maggiore scrupolo semantico (cioè, attenzione al significato delle parole che si usano), una più raffinata preoccupazione per l'immagine complessiva del rapporto uomo-mondo che dipende dall'immagine che ci facciamo della conoscenza, una più acuta responsabilità nei confronti dell'esigenza di fornire garanzie razionali della razionalità scientifica. Garanzie razionali? Sì, una filosofia che sappia usare gli strumenti della logica fa meno errori di una che non li sappia usare; e per metterli a frutto serve un minimo di pratica matematica oltre che un minimo di esperienza di ricerca. D'altra parte, non si fa filosofia sotto vuoto storico, come se fossimo Adamo ed Eva.

Per cominciare a inquadrare l'analisi della spiegazione, è dunque opportuno disporre di una minima base di elementi di logica e farsi una prima idea dei temi della filosofia della scienza, così come si configurano nell'empirismo logico[1]. Prima, però, vorrei dare un'indicazione sul percorso complessivo.

Tra gli esponenti di maggiore spicco nella seconda fase dell'empirismo logico c'è stato il filosofo tedesco Carl Gustav Hempel.

Carl Gustav Hempel (1905-1997)

Insieme al suo connazionale Paul Oppenheim, Hempel avanzò nel 1948, dopo che entrambi erano emigrati negli Stati Uniti, il primo vero e proprio modello della spiegazione scientifica, che differisce dall'idea tradizionale secondo la quale *spiegare* significa *trovare le cause*. Nel Capitolo 2 sarà illustrata quest'idea, mentre nel Capitolo 3 ci soffermeremo sul modello proposto da Hempel e Oppenheim, che prende il nome di «modello nomologico-deduttivo», diventato poi un punto centrale di riferimento, tanto da meritarsi l'appellativo di modello *standard* della spiegazione. Dopo aver discusso, nel Capitolo 4, la sua integrazione con spiegazioni probabilistiche, secondo un modello «statistico-induttivo», saranno considerate diverse obiezioni, accennando ad altri punti di vista via via emersi sul tema della natura, dei modi e degli scopi della spiegazione. Obiezioni e alternative al modello standard saranno oggetto del Capitolo 5. Occasionalmente verranno toccate anche questioni tecniche, ma solo nella misura minima per evitare potenziali fraintendimenti e per

[1] A questo proposito, le lezioni del corso sono state integrate da sue seminari: uno dedicato alla logica proposizionale e alla logica dei predicati del primo ordine, un altro dedicato alla presentazione degli aspetti principali dell'empirismo logico, seguendone gli sviluppi dalle origini agli anni Quaranta. Il materiale predisposto per entrambi i seminari non è stato qui riprodotto. I seguenti paragrafi §§ 1.4-1.7 offrono soltanto alcune indicazioni (estremamente sintetiche).

evitare l'impressione che stiamo interrogandoci sul sesso degli angeli e che stiamo dicendo cose prive di conseguenze scientifiche. Nei Capitoli 6 e 7 rivolgeremo l'attenzione a una questione delicata e tra le più controverse: quella del rapporto tra spiegazione e verità. Attraverso la discussione di varie opzioni al riguardo si fanno strada alcune idee con le quali, nel conclusivo Capitolo 8, ho inteso saggiare una cornice in cui possano trovare coerente sistemazione gli spunti via via emersi nei capitoli precedenti.

Dal 1948 a oggi, la letteratura sull'argomento è cresciuta su se stessa ma non è sterminata come quella riguardante altri temi della filosofia della scienza. Stranamente, per la spiegazione c'è stato un interesse minore che per altri temi. Gli ultimi decenni hanno visto gli studi sulla spiegazione scientifica rarefarsi. Se c'è stato un segno di ripresa, è stato soprattutto grazie ai contributi del filosofo americano Wesley Salmon. Naturalmente, ogni filosofo che si rispetti avrà da proporre una *sua* idea di spiegazione, ma prima di esporla sarebbe bene che facesse i conti con il modello standard e con le critiche di Salmon. La rapida ricostruzione che faccio di alcune fra le principali tappe nell'analisi filosofica della spiegazione non è in alcun modo esaustiva, anche volendo limitarsi al Novecento. Uno storico del pensiero scientifico saprebbe ripercorrere, secolo dopo secolo, la varietà di modi in cui la spiegazione è stata intesa. Purtroppo, non ho la competenza per farlo, ma dubito che passare in rassegna l'elenco delle idee degli antenati ci permetterebbe di rispondere a uno solo dei quesiti che già in queste prime pagine si sono delineati e agli altri che si aggiungeranno; e in tutta sincerità dubito che, gira e rigira, le idee testimoniate da qualche filosofo o scienziato del passato differiscano dalle poche che saranno prese in esame. Beninteso, sono pronto a ricredermi, se una storia dei modelli della spiegazione fornisse testimonianza in contrario. In certo senso sembra che lo spazio di manovra, nell'elaborare un modello della spiegazione, sia abbastanza ridotto e, se è così, varrebbe la pena chiedersi perché. Prima o poi spero che qualche scienziato cognitivo indaghi sulla questione.

La letteratura sulla spiegazione è, comunque, molto più copiosa di quanto risulti dai rimandi che nel seguito saranno effettuati. Oltre a indicare i contributi originali sul tema, i riferimenti bibliografici che trovate alla fine hanno lo scopo principale di suggerire una serie di testi, privilegiando quelli disponibili in italiano, in cui 'il problema della spiegazione' è trattato, spesso in maniera diversa da come ve lo presento; in più, ci sono solo alcuni saggi che forniscono strumenti teorici e metodologici oppure trattano argomenti strettamente collegati alla spiegazione.

1.4 Connettivi

L'*analisi logica* non si riduce a classificare le diverse funzioni grammaticali delle parti di una frase; serve a individuare gli schemi di ragionamento che rendono un'inferenza corretta o scorretta. Aristotele iniziò lo studio sistematico delle inferenze note come sillogismi. Così nacque la logica, quale teoria del ragionamento. Nell'Ottocento la logica è stata formulata matematicamente e in un solo secolo, il Novecento, la 'logica matematica' ha avuto uno sviluppo maggiore di tutti i secoli precedenti messi insieme, diventando una disciplina vasta e articolata, con applicazioni in numerosi campi.

Dietro all'analisi logica così come oggi è condotta c'è un modello matematico del linguaggio. Anche nel linguaggio ordinario le parole si combinano tra loro (dando luogo a espressioni complesse) in alcuni modi e non in altri. È vero: ci sono le regole della grammatica, ma ci sono margini di tolleranza nei confronti delle violazioni – dopotutto, non usiamo il linguaggio a fini di rigore ma a fini comunicativi. In un linguaggio matematico le regole della sua stessa grammatica sono formulate rigorosamente e non ammettono violazioni. In entrambi i casi non si tratta solo di combinare espressioni semplici in espressioni complesse. Tra tutti i tipi di combinazioni legittime, ce n'è uno privilegiato: sono quelle che chiamiamo *proposizioni*, o anche *enunciati*, e che si distinguono perché sono ciò cui possiamo attribuire un valore di verità. Non possiamo dire di un nome o di un aggettivo che è vero (o che è falso), mentre possiamo dirlo di un enunciato. Ma a esser più precisi un enunciato di per sé non è né vero né falso. Per esserlo bisogna che sia *asserito*. E quando un enunciato viene *asserito*, l'asserzione può essere o vera o falsa, ma non entrambe le cose. Nel seguito (salvo indicazione in contrario) ogni volta che parleremo di una proposizione, o enunciato, intenderemo la relativa asserzione.

Anche gli enunciati si possono combinare fra loro. Quando queste combinazioni si dispongono in un certo ordine sequenziale, possono esprimere un ragionamento, con le sue premesse e la sua conclusione. Una spiegazione comporta un ragionamento, per esprimere il quale bisogna che più enunciati (asseriti) siano connessi fra loro in certi modi e non in altri. Infatti, ci sono ragionamenti sbagliati e ragionamenti corretti. Le spiegazioni che si basano su ragionamenti sbagliati saranno sbagliate. Quindi, siccome non siamo interessati a dare e a ricevere spiegazioni sbagliate, ci interessano i ragionamenti corretti, dunque modi corretti di trarre una conclusione a partire dalle premesse, dunque *inferenze* corrette.

Si è già detto che gli enunciati si possono combinare, o *connettere*, per generare nuovi enunciati. La struttura di queste combinazioni è decisiva al fine di determinare in che modo il valore di verità di un enunciato composto, ottenuto connettendo tra loro un numero finito di altri enunciati, dipende dai (è funzione dei) valori di verità degli enunciati che lo compongono. Il valore di verità (l'esser vero o l'esser falso) del tutto dipende dal valore di verità delle parti – è quel che si chiama «principio di composizionalità». Si tratterà, quindi, di vedere quali sono le proprietà dei modi di connettere gli enunciati per sfruttare questo principio.

Inoltre, la logica esprime e precisa appunto i criteri di correttezza per le inferenze; e la correttezza ha a che fare con la verità. Per esaminare un'inferenza, c'è infatti un criterio fondamentale: la conclusione è conseguenza logica delle premesse? Dire che l'enunciato *B* è conseguenza logica dell'enunciato *A* significa che in ogni possibile situazione in cui sia vero *A* è vero *B*. I princìpî logici regolano i modi di comporre (connettere) tra loro più enunciati e permettono di controllare i ragionamenti che facciamo.

I ragionamenti possono avere forme molto diverse. Tradizionalmente, si distinguono due tipi fondamentali di ragionamento: il ragionamento INDUTTIVO e quello DEDUTTIVO. In ambedue i casi la struttura è inferenziale, cioè consiste in una successione di enunciati che inizia con una lista finita di premesse, dai quali sono inferiti altri enunciati, e termina con una conclusione.

Esempio di inferenza deduttiva: «Se vai via senza salutare, e se sono cortesi soltanto coloro i quali salutano andando via, allora sei scortese». Esempio di inferenza induttiva: «Siccome tutte le volte che sono venuto in questo ristorante il servizio è stato eccellente, verosimilmente lo sarà anche oggi». Il ragionamento induttivo non garantisce la verità della conclusione, data per ipotesi la verità delle premesse. Il ragionamento deduttivo la garantisce. La logica, in senso stretto, si interessa del ragionamento deduttivo. Per precisare quello induttivo bisogna considerare il calcolo delle probabilità.

Ci sono due livelli basilari in cui si articola l'analisi logica del linguaggio. Il primo è quello che si dice «proposizionale» e studia i modi di connettere tra loro le proposizioni (enunciati, asserzioni) e i princìpî che governano tali connessioni. Le particelle logiche che entrano in gioco a questo livello sono dette «connettivi». I connettivi sono: *non* (negazione), *e* (congiunzione), *o* (disgiunzione), *se... allora...* (condizionale o implicazione), *se e solo se* (equivalenza). Invece che *se A allora B* si può anche dire che *A implica B*. Il secondo è il livello che si dice «quantificazionale», perché, oltre a inglobare i connettivi, studia i quantificatori e i princìpî relativi. I quantificatori sono due: *ogni* (quantificatore universale) e *qualche* (quantificatore esistenziale). Invece che *ogni* si può anche dire *tutti* e invece che *qualche* si può anche dire *esiste* o *c'è* (gli enunciati «qualche numero è pari», «esiste almeno un numero pari» e «c'è un numero pari» sono dunque assimilati). Sia per i connettivi sia per i quantificatori è in uso da tempo una notazione simbolica. Ecco l'elenco dei simboli corrispondenti:

$\neg$ sta per *non*
$\wedge$ sta per *e*
$\vee$ sta per *o*
$\rightarrow$ sta per *implica*
$\leftrightarrow$ sta per *se e solo se*
$\forall$ sta per *per ogni*
$\exists$ sta per *per qualche*

Per capire la differenza tra i due livelli di analisi logica, facciamo un paio di esempi. La proposizione composta «Se Aldo è biondo e qualcuno dei presenti è calvo, allora Aldo è biondo» può essere analizzata in tre proposizioni tra loro connesse mediante congiunzione e implicazione. Indicando «Aldo è biondo» con p e «qualcuno dei presenti è calvo» con q, la struttura logica è: $(p \wedge q) \rightarrow p$ e non c'è bisogno di esaminare il rapporto fra il soggetto e il predicato di ciascuna proposizione e neanche la presenza di un quantificatore («qualcuno») per stabilire la correttezza e la verità di $(p \wedge q) \rightarrow p$. Invece, nel caso dell'implicazione «Se tutte le mie penne sono a inchiostro di china e qualcuna delle penne sul tuo tavolo è mia, allora qualcuna delle penne sul tuo tavolo è a inchiostro di china», bisogna esaminare la struttura interna delle tre proposizioni e tener conto delle leggi logiche relative ai quantificatori. Si noti che la validità logica (o meno) dell'implicazione è indipendente dal significato di aggettivi, sostantivi e verbi: si potrebbe anche dire «Se tutte le glubbole bertose sono lestanti e qualcuna delle glubbole sul tevo è bertosa allora qualcuna delle glubbole sul tevo è lestante» e l'inferenza risulterebbe ugualmente corretta.

Si è parlato di 'principî logici' e di 'leggi logiche'. Ma quali sono? E quanti sono? Anche nel caso della geometria ci sono tanti principî, ma già Euclide pensò bene di ricondurli a un numero minimo: i cinque assiomi, o postulati, della geometria euclidea. Come la geometria euclidea ha i suoi assiomi, così ci sono gli assiomi della logica. Però c'è una differenza: nella geometria le regole per dimostrare un teorema a partire dagli assiomi non sono geometriche: sono... logiche! Invece, la logica contiene sia i suoi assiomi sia le sue regole. Questi assiomi e queste regole sono lo scheletro di ogni ragionamento corretto, quindi sono un ingrediente essenziale della scienza. Per esprimere assiomi e regole della logica abbiamo bisogno di un linguaggio formale opportuno.

Indicheremo come L_0 il linguaggio in cui si connettono proposizioni senza però ricorrere ai quantificatori, e come L_1 il linguaggio in cui oltre ai connettivi abbiamo anche quantificatori su variabili (come x, y, z) che stanno per entità individuali. Ad esempio, «per ogni numero razionale c'è un altro numero razionale che moltiplicato per il primo fa uno» si esprime in forma logica come $\forall x \, \exists y \, (x \times y = 1)$ ove è inteso che le variabili x e y variano su quelle entità individuali che sono appunto i numeri razionali. L_1 è detto «linguaggio del primo ordine». Continuando a incrementare le risorse espressive, avremmo L_2, come linguaggio in cui si può anche quantificare su proprietà e su relazioni tra individui. Per esempio: «Fra le proprietà dei metalli c'è quella di essere buoni conduttori di calore» è un enunciato che quantifica sulle proprietà dei metalli. E poi potremmo passare a L_3, ecc. ogni volta riuscendo a esprimere enunciati che non sono presenti nel linguaggio precedente.

A ciascuno di questi linguaggi corrisponde un particolare livello di analisi logica, con i relativi principî, quindi avremo una LOGICA (o calcolo)

PROPOSIZIONALE, una LOGICA PREDICATIVA, o calcolo del primo ordine, riferita a L_1. Andando avanti, avremmo una logica del secondo ordine, riferita a L_2, ecc. Ci limiteremo a considerare la quantificazione come riferita a variabili per individui (cioè, variabili individuali) e non anche sulle loro proprietà e relazioni, quindi ci fermeremo a L_1.

L'esempio precedente «Se tutte le mie penne sono a inchiostro di china e qualcuna delle penne sul tuo tavolo è mia, allora qualcuna delle penne sul tuo tavolo è a inchiostro di china» è pienamente formulabile in L_1. Ma se continuasse così: «e, dato che *c'è una proprietà* di ciascuna delle penne sul tavolo che le differenzia da tutte le tue penne, allora nessuna penna sul tavolo è tua», non potremmo esprimere questa continuazione in L_1. Tuttavia, almeno in casi come questo, non ci vuole molto a riformulare l'enunciato in modo da evitare il riferimento alle proprietà come oggetti cui ci riferiamo direttamente nel discorso. L'esempio circa i metalli si può riformulare dicendo «I metalli sono buoni conduttori di calore» e non si perde niente.

Conviene ripeterlo: la limitazione a L_1 vuol dire che, quando c'è un'espressione come «per ogni *x*» o «per qualche *x*», la *x* sarà sempre intesa come una variabile *individuale* che scorre su individui di un certo dominio *U*. La ragione per cui ci fermiamo a L_1 è duplice: innanzitutto perché la logica del primo ordine è più semplice di quella del secondo, del terzo ecc., e poi perché già a questo livello abbiamo la possibilità di trattare le questioni che interessano la spiegazione. Ci sono spiegazioni che richiedono un linguaggio di ordine superiore al primo? L'ipotesi comunemente accettata dalla maggior parte dei filosofi della scienza è che ogni teoria scientifica sia formulabile in L_1 e che ogni spiegazione sia pure formulabile in tale linguaggio. È un'ipotesi che si potrebbe discutere, ma sarebbe come mettere il carro davanti ai buoi: avremo già abbastanza da fare con le spiegazioni nel linguaggio più semplice e non possiamo permetterci di complicare ulteriormente le cose. Così, anche se personalmente ho qualche dubbio sull'ipotesi, eviterò di entrare in questioni che coinvolgono la sua accettazione o il suo rifiuto.

La logica è in primo luogo teoria della dimostrazione, in quanto stabilisce i criteri per la correttezza delle inferenze. Fissato un insieme $\boldsymbol{P} = p_1, \ldots, p_n$ di enunciati che decidiamo di assumere come assiomi (o postulati), una dimostrazione è una successione finita di proposizioni ciascuna delle quali è o uno degli assiomi in $\boldsymbol{P}$ oppure è ottenuta dalle proposizioni precedenti mediante una regola logica d'inferenza. Un enunciato *E* è *dimostrabile* da $\boldsymbol{P}$ se esiste una siffatta dimostrazione che termina con *E*. Se un enunciato è dimostrabile a partire da un sistema di assiomi si dice che è un *teorema* (del dato sistema). Lo stesso enunciato può non essere un teorema di un altro sistema di assiomi. Come, accanto alla geometria euclidea, con i suoi cinque assiomi, ci sono altre geometrie (non-euclidee) con assiomi diversi, così non c'è un unico sistema assiomatico di logica.

Qui ci limiteremo a quello normalmente e tradizionalmente usato, sia nel comune modo di ragionare sia in ambito scientifico.

A questo punto sarebbe necessario elencare tutti gli assiomi della logica proposizionale e di quella predicativa, nonché le regole logiche d'inferenza impiegabili in una dimostrazione. Gli assiomi della logica, e così pure le regole, dovranno esprimere principî che valgano indipendentemente dal contenuto specifico degli enunciati. Non potendo entrare nei dettagli che solo un corso di logica può fornire, mi limito a indicare alcuni assiomi e alcune regole che entreranno in gioco nell'analisi della spiegazione. Un assioma della logica proposizionale è il seguente: $A \rightarrow (B \rightarrow A)$, che si chiama «assioma dell'*a fortiori*» (perchè se sapete che A allora sapete *a fortiori* che A sotto una qualunque ipotesi aggiuntiva B). Un secondo assioma è $[A \rightarrow (B \rightarrow C)] \rightarrow [(A \rightarrow B) \rightarrow (A \rightarrow C)]$. Un terzo assioma è $(\neg B \rightarrow \neg A) \rightarrow (A \rightarrow B)$. In aggiunta a questi tre assiomi sono sufficienti due regole. La prima è la *regola del modus ponens*: se è dimostrabile A ed è dimostrabile $A \rightarrow B$, allora è dimostrabile B. Si scrive:

$$\frac{A \qquad A \rightarrow B}{\mathrm{B}}$$

La seconda è la *regola di sostituzione*: se è dimostrabile che $A \leftrightarrow B$ ed è dimostrabile che C, e in C compare A, allora è dimostrabile che C^*, ove C^* è ottenuta da C sostituendo B ad A. Si scrive:

$$\frac{C(\ldots A \ldots) \qquad A \leftrightarrow B}{\mathrm{C}(\ldots\mathrm{B}\ldots)}$$

Si possono fornire semplici istruzioni, che anche una macchina può eseguire, per calcolare quale valore di verità assegnare a una proposizione composta, dati i valori di verità delle proposizioni componenti: una congiunzione sarà vera quando entrambi i congiunti lo sono, una disgiunzione sarà vera quando almeno uno dei disgiunti è vero, la negazione di p, cioè $\neg p$ sarà vera quando p è falsa, un condizionale $p \rightarrow q$ sarà vero in tutti i casi eccetto quando p è vera e q è falsa, un'equivalenza $p \leftrightarrow q$ sarà vera quando p e q hanno lo stesso valore (o tutte e due vere o tutte e due false). Le proposizioni che sono vere indipendentemente dai valori di verità delle proposizioni che le compongono si dicono «tautologie»: sono le proposizioni vere in ogni caso possibile, succeda quel che succeda, cioè vere indipendentemente da quel che è di fatto vero. Per esempio $\neg (p \wedge \neg p)$, il principio di non-contraddizione, è una tautologia.

Il precedente sistema di assiomi si indica come *logica proposizionale classica*. In esso giocano infatti un ruolo essenziale alcuni principî 'classici': il principio del terzo escluso, il quale afferma che, per qualunque proposizione *p, o è vera p o è vera* $\neg p$ (non ci sono altri casi oltre questi due); il principio di bivalenza, secondo cui ci sono solo due possibili valori di verità (il vero e il falso); e il non meno classico principio di composizionalità: la verità (o falsità) di una proposizione complessa è determinata dalla verità (falsità) delle proposizioni che la compongono. In questo sistema tutto quanto è dimostrabile (dunque ogni possibile teorema) è una tautologia e si può far vedere che, servendosi delle regole d'inferenza specificate, *tutte* le proposizioni che risultano 'tautologie' sono dimostrabili a partire dagli assiomi dati.

1.5 Quantificatori

Passiamo ora a L_1. Per dire com'è fatto l'insieme delle proposizioni esprimibili in L_1 dobbiamo specificare i termini e specificare i predicati.

L'insieme di base dei *termini* (singolari) è dato da variabili (individuali) $x, y, z, \ldots$ e da costanti (individuali) $a, b, c, \ldots$; in qualunque ambito scientifico che faccia uso della matematica, sono poi da aggiungere i termini funzionali, che servono ad esprimere funzioni di uno, due, ..., n argomenti, cioè sono del tipo $f(t), f(t, t')$, ecc. per un generico simbolo di funzione f. Nell'uso standard, il simbolo per una funzione di due argomenti si scrive tra gli argomenti: per esempio, invece di $+(x, 4)$ si scrive $x + 4$. È da notare che un termine t può essere una variabile o una costante, ma può essere a sua volta un altro termine funzionale: per esempio, $\sqrt{}\,(x+4)$, dando luogo a un termine funzionale composto. Per comodità espositiva, supporrò che nel linguaggio L_1 non siano presenti termini funzionali, dunque gli unici termini presenti sono o variabili o costanti.

L'insieme dei *predicati* è dato da simboli $P^1, Q^1, R^1, \ldots, P^2, Q^2, R^2, \ldots, P^n, Q^n, R^n$, ecc., per proprietà attribuibili a singoli individui, relazioni (binarie) tra due possibili individui..., relazioni (n-arie) tra n individui, ecc. Se M^1 sta per la proprietà di essere un metallo e a è uno specifico corpo, $M^1(a)$ significherà che il corpo a è di metallo. Se R^2 sta per la relazione di avere-lo-stesso-peso-di, e b sta per un altro specifico corpo allora $R^2(a,b)$ significherà che a e b hanno lo stesso peso. Infine, includeremo nell'alfabeto un simbolo speciale, = , per una non meno speciale relazione binaria: l'uguaglianza. Con i connettivi e i quantificatori si possono esprimere enunciati complessi, come per esempio $a = b \rightarrow R^2(a,b)$, $\forall y \exists x \neg R^2(x,y)$, che esprimono rispettivamente il fatto che se due corpi coincidono hanno lo stesso peso e che per ogni corpo ce n'è un altro di peso diverso; se parliamo di numeri possiamo esprimere in L_1 il fatto che «x è un numero pari», con $\exists z\ (x = 2z)$ e il fatto che «la temperatura di ogni corpo è maggiore di –273° C», con $\forall x\ (T(x) > -273°\ C)$.

Questa potrebbe essere la prima volta che incontrate i simboli $\forall$ e $\exists$, ma di sicuro vi saranno familiari le nozioni così simbolizzate; e di sicuro sapete usarle anche senza saper elencare i principî del loro uso corretto. Già nell'uso del linguaggio comune e nella matematica che s'impara a scuola i quantificatori hanno grande importanza nei ragionamenti. Talvolta sono presenti anche se restano impliciti o sono espressi con parole diverse. Per esempio, dicendo nel linguaggio comune che «ognuno ama qualcuno», intendete dire che per ogni essere umano x c'è un essere umano y tale che x ama y; il che in L_1 si esprime con $\forall x[U(x) \rightarrow \exists y\ (U(y) \wedge A(x,y)]$, ove U sta per il predicato *essere umano* e A sta per la relazione *ama*. Il guaio di quel che resta implicito è che non significa sempre la stessa cosa: quando il professore di matematica definiva la proprietà commutativa dell'addizione scrivendo sulla lavagna $x+y = y+x$ intendeva che questa identità vale per *tutti* i numeri x e y, cioè $\forall x \forall y\ (x+y = y+x)$. Invece, quando scriveva $x^2 +2x +1 = 0$ intendeva che *c'è almeno* un valore della x per cui l'equazione data vale, cioè $\exists x\ (x^2 +2x +1 = 0)$.

Ora, supponiamo di aver fissato un universo di discorso ai cui oggetti (elementi, individui) ci riferiamo mediante i termini del linguaggio. Quale relazione logica c'è fra attribuire una proprietà a un oggetto particolare, attribuirla a tutti gli oggetti e attribuirla a qualche oggetto? La risposta è intuitivamente nota a tutti e si articola in due idee. Qualunque sia l'universo di discorso fissato, ecco quali sono le due idee: in primo luogo, se si attribuisce una proprietà a *tutti* gli oggetti allora ci s'impegna ad attribuirla a *ciascun* oggetto particolare, singolarmente preso; in secondo luogo, se un particolare oggetto ha la proprietà data, allora *esiste* qualcosa che ha la proprietà data. Queste due idee intuitive stanno alla base dei due assiomi della logica dei predicati del primo ordine (o semplicemente logica predicativa), che per una generica formula A in una variabile si esprimono come $\forall x\ A(x) \rightarrow A\ (t)$ e, rispettivamente, come $A\ (t) \rightarrow \exists x\ A(x)$. A questi due assiomi si aggiungono poi alcune regole, in aggiunta a quella del *modus ponens* già introdotta nella logica proposizionale.

Si è detto che le spiegazioni comportano un qualche ragionamento, dunque impiegano connettivi e quantificatori. Già Aristotele si preoccupò di precisare i principî di quei ragionamenti che hanno la forma di un sillogismo, inaugurando la 'sillogistica'. All'interno del sistema di assiomi e regole della logica predicativa è possibile riformulare tutta la sillogistica classica e dunque tutte le spiegazioni che hanno forma di sillogismi. Inoltre è possibile esprimervi anche quelle spiegazioni che sfruttano enunciati in cui sono presenti termini funzionali e relazioni, nonché sequenze di quantificatori come $\forall x \exists y$ ..., $\forall x \exists y \forall z$ ... La logica del primo ordine è dunque un primo, basilare, strumento di controllo sulla correttezza delle spiegazioni.

Per chi non avesse mai sentito parlare di sillogismi: un sillogismo è uno schema di ragionamento che si compone di due proposizioni come premesse e di una proposizione come conclusione, ove ciascuna proposizione è di forma soggetto-predicato (dunque i predicati da usare sono solo quelli che si applicano a un solo termine) e inoltre le due premesse hanno in comune una nozione (che può essere il soggetto o il predicato). Aristotele codificò i principî in base ai quali la conclusione segue dalle premesse di un sillogismo. Il ruolo chiave è svolto dalla nozione che è comune alle due premesse (in posizione di soggetto o di predicato) e che non compare nella conclusione. Questa nozione si indica tradizionalmente come *termine medio*. Per esempio, «Tutti i *pianeti* sono corpi celesti, qualche *pianeta* cambia posizione; quindi, qualche corpo celeste cambia posizione» è un sillogismo (valido) in cui il termine medio è *pianeta*; mentre «Tutti i pianeti sono *corpi celesti*, qualche *corpo celeste* cambia posizione; quindi, qualche pianeta cambia posizione» è un sillogismo (invalido) in cui il termine medio è «corpo celeste». Anzi, per Aristotele la ricerca del *perché* una cosa è quel che è viene a sovrapporsi alla ricerca del termine medio di un sillogismo: «in effetti, il medio è la causa, ed è proprio questa che viene cercata in ogni indagine» (*Analitici Secondi*).

Scusate se lo ripeto, ma è importante: il sistema assiomatico della logica predicativa è essenzialmente più potente della sillogistica aristotelica, permettendo di formulare al suo interno ragionamenti che non hanno forma di sillogismi; dunque, se le spiegazioni hanno la forma di un ragionamento, la logica predicativa consente di formulare più spiegazioni di quante consenta la sillogistica.

Avendo, per comodità, incluso il simbolo di uguaglianza (identità) in L_1 si aggiungono due assiomi relativi all'impiego di tale simbolo: $t = t$, cioè la proprietà riflessiva dell'identità, e $t = s \leftrightarrow [A(t) \leftrightarrow A(s)]$, il principio di sostituibilità degli identici. In conformità alla tradizione filosofica, possiamo leggere questi due assiomi nel modo seguente, ove per «cosa» s'intende «individuo». L'assioma $t = t$ significa che ogni cosa è uguale a se stessa. L'assioma $t = s \leftrightarrow [A(t) \leftrightarrow A(s)]$ significa, in un verso, che se due cose sono uguali allora ogni proprietà (esprimibile nel linguaggio) che vale dell'una vale dell'altra (in altre parole, se due termini sono nomi della stessa cosa, allora in ogni proposizione che contiene uno dei due termini si può sostituire l'altro senza che cambi il valore di verità); nell'altro verso significa che se in ogni proposizione che contenga il nome di una cosa si può sostituire al suo posto il nome di un'altra ottenendo una proposizione equivalente, allora le due cose sono la stessa.

Questo secondo assioma relativo all'identità costituisce la versione in L_1 dei due principî leibniziani: quello di «indiscernibilità degli identici» (se due cose sono uguali allora ogni proprietà dell'una è una proprietà dell'altra) e quello inverso, di «identità degli indiscernibili». Notate che la sostituibilità è una versione debole dell'indiscernibilità perché è intesa come relativa esclusivamente alle proprietà esprimibili in L_1 e non in assoluto (tenendo conto, cioè, di *tutte* le proprietà, dunque anche quelle esprimibili in L_2, L_3, ecc.).

1.6 Semantica formale

Per dire se un enunciato del linguaggio L_1 è vero, o falso, bisogna sapere di che cosa parla. Occorre dunque specificare un *universo di discorso* **M** che comprende ciò cui si riferiscono le espressioni (termini e predicati) di L e occorre specificare che tipo di *interpretazione* viene assegnata a tali espressioni in **M**. L'universo di discorso **M** si chiama anche dominio (o campo) d'interpretazione. In linea di principio, ci possono essere molti domini **M**, **M'**, ecc., in cui interpretare un dato linguaggio e, fissato uno di questi domini, sono possibili molte interpretazioni su tale dominio. Specificare un'interpretazione vuol dire, fondamentalmente, specificare a cosa, entro **M**, si riferisce un qualsiasi termine e un qualsiasi predicato del linguaggio dato. Onde evitare guai derivanti da espressioni ambigue, si assume che un'interpretazione sia una *funzione*: una stessa espressione non può essere simultaneamente interpretata su entità diverse di **M**. Detto intuitivamente: ogni espressione ha un solo significato.

Un enunciato atomico di L_1 è della forma $P(t)$ o $R(t_1,...,t_n)$, ove P è un predicato unario, che esprime una proprietà di un singolo ente, R è un predicato n-ario, che esprime una relazione a n-posti (binaria, ternaria ecc.) e i termini sono per semplicità ridotti a costanti individuali (nomi propri). Se abbiamo deciso di aggiungere anche l'identità, tra gli enunciati atomici ci sarà anche ogni equazione fra termini semplici: $t = t'$. Fissati L e **M**, un'interpretazione I associa a una costante individuale t un qualche elemento **a** del dominio **M**, cioè $I(t) = \mathbf{a}$; inoltre, I associa a un predicato P un sottoinsieme **S** di **M**, cioè $I(P) = \mathbf{S}$, e associa a una relazione **R** a n posti un certo sottoinsieme **U** di ennuple di elementi di M, cioè $I(R) = \mathbf{U}$. (Nel linguaggio comune non sentiamo il bisogno di tutte queste specificazioni. Perché? Per il semplice motivo che supponiamo fissata una volta per tutte l'interpretazione e quindi il *riferimento* di ogni espressione: Umberto è **Umberto** e una rosa è proprio una **rosa**.)

A questo punto possiamo scrivere le condizioni di verità per gli enunciati atomici di L:

$P(t)$ è vero nell'interpretazione I se e solo se $I(t) \in I(P)$, cioè, se e solo se $\mathbf{a} \in \mathbf{S}$.
$R(t_1,...,t_n)$ è vero nell'interpretazione I se e solo se la n-pla $<I(t_1), ..., I(t_n)> \in I(R)$, cioè, se e solo se $\mathbf{a}_1, ..., \mathbf{a}_n \in \mathbf{U}$.

E se abbiamo anche = nel linguaggio, aggiungiamo anche una terza condizione: $t = t'$ è vero nell'interpretazione I se e solo se $I(t)$ coincide con $I(t')$. Dico «coincide» per far capire che il simbolo = non avrebbe necessariamente il significato che siamo portati ad ascrivergli. La condizione esprime invece una garanzia in tal senso. Ebbene, a partire da questa definizione si può definire la verità per proposizioni composte mediante connettivi.

Quanto ai quantificatori, un enunciato della forma $\forall x P(x)$ sarà vero nell'interpretazione *I* se e solo se per ogni **a** in **M**, è vero $P(t_a)$, e un enunciato della forma $\exists x P(x)$ sarà vero nell'interpretazione *I* se e solo se per almeno un qualche **a** in **M**, è vero $P(t_a)$. Quando, e solo quando, è fissato a quale linguaggio e a quale interpretazione ci riferiamo, si parla di *verità in **M***. In luogo di «*p* è vero in **M**» si dice anche «**M** è modello di *p*».

Capisco che le condizioni precedenti vi sembrino banali, perché le parole che fanno parte del linguaggio ordinario hanno una interpretazione standard, che resta sempre sottintesa. Qualora vi fosse chiesto se è vero l'enunciato «Sul pianeta Terra ci sono palme», non avreste dubbi sul significato di ciò che vi è chiesto e sapreste rispondere immediatamente, mentre se vi fosse chiesto se è vero che «Sul pianeta Alpha ci sono glubboli», prima di rispondere vorreste sapere a quale pianeta si riferisce il nome «Alpha» e quale interpretazione dare al predicato «glubbolo».

Invece che di un singolo enunciato ci può interessare la verità di un insieme di enunciati. Una *teoria* assiomatica *T* (espressa nel linguaggio dato) è un insieme di enunciati deduttivamente chiuso: fissati p_1, p_2, ..., p_n, come assiomi (principî) di *T* e stabilito che un teorema di *T* è un enunciato dimostrabile, mediante le regole della logica, a partire da p_1, p_2, ..., p_n, si identifica *T* con l'insieme dei teoremi dimostrabili a partire dai principî dati. Se ogni teorema di *T* è vero in **M**, si dice che **M** è modello di T. Dato che le regole della logica applicate a enunciati veri conducono a enunciati veri, perché **M** sia modello di *T* è sufficiente che **M** sia modello degli assiomi di *T*.

Si può anche definire la nozione di *verità logica*: un enunciato *p* (di un dato linguaggio *L*) è una verità logica se e solo se è vero in ogni interpretazione (di *L*) su ogni dominio. Le verità della logica sono dunque principî che valgono (sono validi) universalmente, cioè, risultano veri indipendentemente da come s'interpreta il linguaggio e da quello che c'è o che non c'è nel dominio di volta in volta considerato. Non è difficile mostrare che tutto ciò che è dimostrabile in logica, sia al livello proposizionale sia al livello predicativo, è universalmente valido. Il punto è che vale anche l'inverso: *ogni proposizione logicamente vera è dimostrabile*. E più in generale: *ogni proposizione che sia vera in ogni modello di una teoria T (espressa in L_1) è dimostrabile in T*. Questo risultato si chiama Teorema di Completezza. Un suo corollario è il Teorema di Compattezza: se ogni sottoinsieme finito di proposizioni di una teoria T è non-contradditorio allora l'intera teoria è non-contraddittoria.

Le verità logiche non danno alcuna informazione su ciò che è di fatto vero nel mondo reale, così come ci è accessibile all'osservazione. «Se il sistema solare ha 14 pianeti allora ha 14 pianeti» è logicamente vero anche se il sistema solare non ha 14 pianeti. Le verità fattuali vanno scoperte attraverso l'indagine empirica, dunque *non semplicemente ragionando* (anche se ragionare bene non è affatto semplice).

1.7 La cornice storica del neoempirismo

Si è soliti datare l'inizio del *neoempirismo* con le prime riunioni che presero avvio da un seminario tenuto a Vienna da Moritz Schlick nel 1923. Le riunioni proseguirono tutti i giovedì sera in un caffé viennese e portarono alla formazione di un laboratorio di idee che avrebbe segnato profondamente la storia della filosofia del Novecento. Questo primo cenacolo si ampliò nel «Circolo di Vienna» e ad esso si affiancò poi il «Circolo di Berlino». A Vienna: Moritz Schlick, Rudolf Carnap, Otto Neurath, Hans Hahn, Herbert Feigl, ecc. A Berlino: Hans Reichenbach, Wolfgang Köhler, Kurt Lewin, Carl Gustav Hempel, ecc.

Rudolf Carnap (1891-1970)

A fare da collante di questo gruppo di scienziati-filosofi agirono in maniera decisiva alcuni fattori, che portarono a un radicale rinnovamento dello scenario epistemologico:

- l'introduzione della teoria einsteiniana della relatività – la relatività speciale (o ristretta) nel 1905 e la relatività generale, inclusiva della gravità, nel 1916;
- il ruolo fondazionale della nuova logica matematica e il suo impiego per riformulare e risolvere i problemi filosofici, seguendo le orme di Bertrand Russell;
- la portata antimetafisica delle tesi espresse nel *Tractatus* di Ludwig Wittgenstein;
- la lezione che si intendeva trarre dal convenzionalismo di Henri Poincaré, alla luce della teoria della relatività;
- successivamente, la sfida lanciata dalla meccanica quantistica, che metteva in crisi l'immagine del mondo ancor più di quanto la relatività avesse cambiato la fisica 'classica'. Questo, perché la meccanica quantistica, con il «principio di indeterminazione» (formulato da Werner Heisenberg) scompaginava l'idea di determinismo causale comune sia al quadro newtoniano sia a quello einsteiniano e poneva

nuovi problemi filosofici, inerenti all'interpretazione del rapporto tra osservatore e sistema osservato.

Ciascuno di questi punti avrebbe bisogno di molte parole di chiarimento. Come vedete, le nozioni di logica finora accennate entrano esplicitamente in gioco al secondo punto dell'elenco, pur essendo implicitamente usate anche negli altri punti. Col termine «neoempirismo» (ma anche «empirismo logico», «positivismo logico» e «neopositivismo») si indica genericamente la filosofia che fu messa a punto nei due Circoli di Vienna e di Berlino. Semplificando, si può dire che, mentre l'empirismo *classico* supponeva che ogni verità è ricavata dall'esperienza, per il *neo*empirismo né le verità logico-matematiche né le numerose convenzioni linguistiche presenti nelle teorie scientifiche sono ricavate dall'esperienza. Se non sono ricavate dall'esperienza, sono *a priori*. Ma se sono a priori, sono anche sintetiche, cioè, danno informazioni sulla struttura del mondo? La risposta dei neoempiristi era risoluta: no. Centrale alla loro filosofia è infatti la tesi che non ci sono verità sintetiche a priori, contrariamente a quel che Kant aveva affermato. Le uniche verità a priori (che ci sono) sono analitiche, cioè sono verità che risultano tali attraverso la sola analisi logica, dunque sono o verità logiche o verità che, a partire da queste, si ottengono fissando per definizione il significato di questo o quel termine. Le verità a priori non esprimono dunque conoscenze sul mondo, ma fissano soltanto i principî da cui è governato il linguaggio e il ragionamento.

Complementare alla tesi secondo la quale non esistono verità sintetiche a priori, e non meno centrale, è il *principio di verificazione,* in base al quale il significato di una proposizione (che intenda esprimere una qualche conoscenza) sta nel metodo della sua verifica. Da ciò deriva l'altrettanto risoluta critica che i neoempiristi fanno della metafisica, come composta da proposizioni che, all'analisi logica, risultano prive di significato. Infine, sia la negazione di verità sintetiche a priori sia la critica della metafisica si inquadrano in un progetto di un'unificazione di tutto il sapere umano, resa possibile dall'analisi logica del linguaggio delle teorie fisiche e dal ruolo fondante attribuito alla fisica nei confronti di ogni altra scienza.

Rudolf Carnap fu uno dei *leader* del Circolo di Vienna e l'evoluzione del suo pensiero, più di ogni altro, ha punteggiato le varie fasi del neoempirismo. Il manifesto programmatico, redatto da Hans Hahn, Otto Neurath e appunto da Carnap, fu pubblicato nel 1929 con il titolo *La concezione scientifica del mondo: il Circolo di Vienna*. Con l'avvento del nazismo al potere nel 1933 e, cinque anni dopo, con l'*Anschluss* dell'Austria al Terzo Reich, il Circolo di Vienna e quello di Berlino si sciolsero. Molti dei loro affiliati, di origine ebraica, furono costretti a emigrare e trovarono asilo negli Stati Uniti. Già negli anni Trenta ma poi soprattutto negli anni Quaranta i neoempiristi si impegnarono in una progressiva liberalizzazione del quadro iniziale (e in ciò ebbe una parte importante Carl Gustav

Hempel), mettendo in evidenza il carattere *probabilistico* dei concetti e dei metodi della scienza. A questi sviluppi accennerò in seguito e solo marginalmente, per il loro impatto sul tema della spiegazione scientifica. Ora conviene avere un primo quadro schematico delle tesi di fondo, così come si trovano espresse nel manifesto del 1929.

- Le uniche verità si trovano nella scienza.
- Ci sono solo due tipi di verità, le verità empiriche e quelle che riguardano il linguaggio: le prime sono a posteriori, le seconde sono analitiche. Dunque non esistono verità sintetiche a priori.
- Hanno significato (conoscitivo) solo le proposizioni che sono verificabili empiricamente.
- La metafisica è priva di significato.
- La filosofia è un'attività di chiarificazione del linguaggio.
- Lo strumento della filosofia è la logica.
- La matematica è riducibile a logica.
- La scienza è organizzata in teorie e le teorie sono sistemi ipotetico-deduttivi.
- Nel linguaggio di qualunque teoria ci sono definizioni, le quali sono puramente convenzionali.
- La fisica è un modello per tutte le altre scienze.
- In ogni scienza c'è una netta distinzione tra termini teorici e termini osservativi.

Per i neoempiristi, la filosofia è chiarificazione dei concetti (in particolare, di quelli scientifici) mediante l'analisi del linguaggio: non è una diversa forma di conoscenza del mondo ma piuttosto *un'attività di chiarificazione del significato* delle proposizioni. Dunque la filosofia non parla del mondo, ma del linguaggio: è meta-linguistica. Il fatto che il compito della filosofia sia quello di effettuare un'analisi *meta-linguistica* è in netto contrasto con la filosofia del passato e in particolare con l'idea che abbia senso elaborare *sistemi* filosofici, che avevano la pretesa di dire com'è fatto il mondo, qual è la natura ultima della realtà ecc.

La filosofia sistematica, nel momento stesso in cui si poneva al di sopra della scienza, diventava metafisica e i neoempiristi intendevano opporsi a ogni forma di metafisica. Il termine «metafisica» era da loro usato in senso dispregiativo per tutti quei sistemi filosofici che pretendevano di cogliere verità non soggette all'osservazione e all'esperimento e che, per giunta, le esprimevano in un linguaggio esoterico. Per dirla tutta, l'intima convinzione dei neoempiristi era che tanti pomposi discorsi dei filosofi sono solo spazzatura semantica. Come riconoscerla? E come liberarsene? Con l'analisi logica del linguaggio. La logica entra dunque a far parte della terapia con cui si vuole curare la ricorrente tendenza dei filosofi a trascendere il mondo osservabile e i metodi scientifici.

L'analisi del linguaggio scientifico richiede però la costruzione di un linguaggio-modello, completamente formalizzato. E questo linguaggio-modello è appunto fornito dalla logica, che nella sua veste matematica torna a essere l'*organon* della conoscenza scientifica, garantendo il pieno controllo della validità di qualunque inferenza.

Anzi, per i neoempiristi, tutta la matematica è riducibile alla logica, dunque tutte le verità matematiche si riducono a verità analitiche e, in quanto tali, sono a priori ma non danno alcuna informazione sul mondo, così come ugualmente analitiche sono le pure relazioni tra concetti, introdotte per definizione. Tutte le proposizioni che hanno invece un contenuto empirico sono o il risultato di osservazioni dirette (riguardanti dati particolari) o sono ipotesi generali, e come tali sono rivedibili alla luce di nuove esperienze: in ambedue i casi le eventuali verità così conseguite sono sintetiche a posteriori. Con ciò ha luogo una vera propria *disgregazione del sintetico a priori* e di conseguenza la teoria kantiana della conoscenza è da respingersi in blocco. Il ragionamento che soggiace a questo rifiuto può essere così riassunto: se una proposizione dice qualcosa sul mondo, e dunque è sintetica, ciò che dice, nel caso che sia vero, è vero a posteriori; se invece è analitica, e dunque a priori, non dice nulla sul mondo.

La prova specifica dell'errore di Kant è offerta dalla relatività generale. Per Kant le verità della geometria euclidea dovevano essere sintetiche a priori e, in quanto a priori, dovevano avere validità universale e necessaria. Dunque la loro applicazione ai fenomeni non avrebbe mai *potuto* essere smentita da alcun fatto empirico. La teoria di Einstein descrive uno spazio-tempo in cui, in presenza di un campo gravitazionale, le linee rette, come 'geodetiche' del campo, non sono più quelle euclidee. La teoria trovò una prima conferma osservativa nel 1919, quando il fisico britannico Arthur Eddington notò, nell'occasione di una eclisse, la deflessione della luce di una stella in prossimità del disco solare. Né c'è motivo di supporre che quanto mostrato in questo caso non possa ripetersi in ogni altro, dunque anche ogni altro principio che fosse supposto come verità sintetica a priori sarebbe suscettibile di condanna da parte del tribunale dell'esperienza.

Nel 1930 Schlick formula un celebre motto: «il significato di una proposizione è il metodo della sua verificazione». Questo motto offre la formulazione più abbreviata di un altro dei cardini del neoempirismo: il già ricordato *principio di verificazione*. Tale principio individua, quale condizione per poter accettare una proposizione come 'scientifica', la sua *verificabilità*, cioè la possibilità, *in linea di principio*, di controllare empiricamente (facendo riferimento a ciò che è osservabile) se una proposizione è vera o falsa. Qui, l'espressione «in linea di principio» indica che, anche se, di fatto, non si hanno a disposizione i mezzi per effettuare tale controllo, l'importante è essere in grado di specificare come effettuarlo; cioè, si sia in grado di indicare le condizioni necessarie e sufficienti in base alle quali è possibile dire in quali casi la proposizione risulta vera (o falsa). Ne segue che, se una proposizione non è verificabile, non ha significato, cioè, non ha valore conoscitivo (empirico); tutt'al più, potrà avere un significato emotivo, soggettivo, personale, ma la spinta emotiva che induce a credere (o a non credere) una proposizione non garantisce in alcun modo la sua portata *conoscitiva*[2].

In parallelo con la disgregazione del sintetico a priori, i neoempiristi iniziano anche un programma di *ricostruzione del linguaggio* della scienza, per eliminare ogni possibile fraintendimento delle proposizioni scientifiche (ovvero: del loro senso *empiristico*). Le conoscenze sul mondo sono organizzate in teorie e le teorie scientifiche sono intese dai neoempiristi come sistemi ipotetico-deduttivi in cui c'è una netta distinzione tra termini *teorici* e termini (direttamente) *osservativi*. I termini teorici compaiono in maniera essenziale nei principî (leggi, assiomi) di ciascuna scienza; i termini osservativi nelle conseguenze che si deducono dai principî e che descrivono particolari qualità e quantità empiriche.

Inizialmente si pensò di consolidare i legami delle teorie con l'esperienza mostrando che *tutti* i concetti presenti nella scienza (dunque anche quelli *teorici*) sono ottenibili a partire da una base di *dati osservativi immediati*, associati all'esperienza diretta di qualità fenomeniche localizzate. Era un programma 'riduzionistico', perché voleva ridurre il contenuto teorico al contenuto osservativo. Questo programma sarebbe andato incontro a ostacoli presto riconosciuti come insormontabili. Verrà quindi abbandonato, limitandosi a dire che per collegare una teoria al piano osservativo ci vogliono delle opportune 'regole di corrispondenza' che non appartengono in senso stretto alla teoria, ma ne consentono l'interpretazione empirica. Sarà lo stesso Carnap, una volta abbandonato l'iniziale proposito riduzionistico, a precisare l'idea, poi divenuta standard, di com'è strutturata una qualsiasi teoria scientifica *T*.

Struttura di una teoria scientifica

- un *linguaggio formalizzato* (sul modello della logica dei predicati) che comprende termini teorici e termini osservativi; in questo linguaggio sono espressi assiomi, regole, teoremi e definizioni di *T*;

[2] Nelle parole che Carnap scrisse nel 1936: «Se conoscessimo ciò che deve darsi affinché una proposizione risulti vera, allora conosceremmo il suo significato. E se, nel caso di due proposizioni, le condizioni sotto cui dovremmo considerarle vere risultano identiche, allora tali proposizioni hanno lo stesso significato. Così, il significato di una proposizione è in un certo senso identico al modo in cui ne determiniamo la verità o la falsità, e una proposizione possiede significato solo se è possibile una simile determinazione. Se per verificazione s'intende una dimostrazione assoluta di verità, allora, come vedremo, nessuna proposizione (sintetica) è mai verificabile. Possiamo, al più, confermare una proposizione».

- un sistema di *assiomi generali* (forniti da logica e matematica);
- un sistema di *assiomi specifici* della teoria *T*, intesi come 'leggi fondamentali' relative all'ambito di fenomeni considerato;
- un insieme di *definizioni* per semplificare le proposizioni esprimibili in *T*;
- un insieme di *teoremi* di *T* ottenuti seguendo le regole logiche d'inferenza;
- un insieme di *regole di corrispondenza* tra termini teorici e osservativi, che permettono di dare un significato empirico, anche se *indiretto*, ad assiomi e teoremi della teoria (il significato dei termini osservativi è specificato mediante procedure *dirette*, il significato empirico dei termini teorici è specificato indirettamente, mettendoli in corrispondenza con termini osservativi).

Che cosa ha a che fare tutto questo con la spiegazione? L'idea cui una simile analisi prepara è che la *spiegazione* di un fatto consiste nel dedurre logicamente la proposizione (osservativa) che descrive il fatto dall'accoppiata «leggi teoriche + condizioni specifiche del fatto». Quest'idea, poi esplicitata da Hempel e Oppenheim, ha un effetto immediato: la scienza fornisce spiegazioni, mentre la metafisica, così come la magia e l'astrologia, no.

Infine, la nuova «concezione scientifica del mondo» si proponeva di conseguire un'unificazione della scienza in una cornice coerente e omogenea. E l'unificazione era dichiarata programmaticamente nel nome della fisica: tutte le scienze dovevano essere riformulate in linguaggio 'fisicalistico', puramente quantitativo. La concezione neoempiristica si configurava come un nuovo illuminismo, che è sì di stampo positivistico per il valore attribuito alle scienze 'positive', ma è appunto 'nuovo', perché (1) riconosce la presenza, nel linguaggio di ogni teoria scientifica, di componenti a priori di tipo ipotetico e convenzionale, liberamente scelte e sempre soggette a essere sostituite da altri, e (2) riconosce, come unica componente *puramente* razionale, la struttura generale di ogni linguaggio, che è appunto una struttura di carattere *logico*.

Come anticipato, le linee-guida del quadro originario dovettero essere riviste, e non per il gusto di cambiare idea, ma alla luce di specifiche questioni tecniche cui non si riusciva a dare soluzione adeguata. Da un lato il principio di verificazione subì una progressiva *liberalizzazione*, dall'altro il rapporto fra teoria e base osservativa si rivelò problematico. L'analisi logica del linguaggio si aprì alla dimensione *pragmatica* (inerente all'uso concreto degli enunciati in un contesto comunicativo), mentre l'attenzione agli aspetti probabilistici della metodologia condusse all'ampliamento della logica da deduttiva a *induttiva*. Queste modifiche complicarono notevolmente il quadro originario e, oltre a ridurne la forza d'urto, finirono per generare più problemi di quanti i tentativi di mettere le cose a posto riuscissero a risolvere. Nessuno è perfetto a questo mondo, ma c'è imperfezione e imperfezione. I guai del neoempirismo sono poca cosa rispetto a quelli di altri 'ismi'.

In un simile scenario si inserirono le acute, quanto esplosive, critiche mosse ai neoempiristi da un logico e filosofo americano: Willard Van Orman Quine, che era stato in contatto con Carnap a Vienna. Quine argomentava che non esiste alcun criterio empirico per separare nettamente le verità in virtù del linguaggio da quelle in virtù dei fatti; e aggiungeva che non è possibile verificare le proposizioni una per una, ma solo come un corpo solidale di conoscenze, tanto che quando si dice di voler verificare una teoria, quel che si verifica non è solo la teoria in questione ma la totalità del sapere. Per queste ragioni si descrive la posizione sviluppata da Quine come «olismo». Quine non voleva confutare l'empirismo: voleva un empirismo migliore di quello «neo». Comunque, l'eredità del neoempirismo non è morta sotto i colpi delle critiche di Quine. Anzi, costituisce ancora oggi un patrimonio difficilmente ignorabile per chiunque intenda praticare la filosofia come seria discussione razionale che tenga conto della struttura della conoscenza scientifica. Bisogna, infine, aggiungere che quel che oggi si indica come «neoempirismo» non è *mai* stato un sistema del tutto omogeneo di pensiero e che dietro alla facciata unitaria, che non mi sono fatto scrupolo di semplificare, c'erano accese controversie tra gli esponenti dei Circoli di Vienna e di Berlino.