

12. La filosofia della scienza del ricostruzionismo logico

<i>Una gerarchia di livelli del linguaggio</i>	169
<i>Operazionismo</i>	170
<i>Il modello deduttivo della spiegazione</i>	173
<i>Generalizzazioni nomiche e generalizzazioni accidentali</i>	175
<i>La conferma delle ipotesi scientifiche</i>	177
LA CONFERMA QUALITATIVA: IL PARADOSSO DEI CORVI	178
CARNAP E LA CONFERMA QUANTITATIVA	179
<i>La struttura delle teorie scientifiche</i>	180
<i>Sostituzione di teorie: crescita per incorporazione</i>	182
LE CONDIZIONI FORMALI PER LA RIDUZIONE	183
LE CONDIZIONI NON-FORMALI PER LA RIDUZIONE	183
IL PROGRESSO PER INCORPORAZIONE	183

PERCY WILLIAMS BRIDGMAN (1882-1962), fisico, vincitore del premio Nobel, svolse ricerche d'avanguardia sulle proprietà della materia sottoposta a pressioni elevate. I suoi rilevamenti sperimentali comprendevano le proprietà elettriche e termiche di varie sostanze a pressioni estremamente elevate, dell'ordine di 100 000 atmosfere. Nel 1939 precluse l'accesso ai suoi laboratori di Harvard per lo studio dell'alta pressione ai cittadini dei paesi totalitari, un atto che suscitò controversie nella comunità accademica. Bridgman fu l'artefice di un orientamento metodologico noto con il nome di "operazionismo", che mette in rilievo le operazioni eseguite per assegnare dei valori ai concetti scientifici.

CARL HEMPEL (1905-1997), filosofo di origine tedesca, studiò a Göttingen, Heidelberg e Berlino. Membro del gruppo di Berlino, che sosteneva le finalità e i punti di vista del Circolo di Vienna nei primi anni trenta, nel 1937 si trasferì negli Stati Uniti, e insegnò a Yale e a Princeton. Scrisse importanti saggi sulla logica della spiegazione scientifica e sulla struttura delle teorie. Un certo numero di questi saggi è raccolto nel volume *Aspects of Scientific Explanation* (Aspetti della spiegazione scientifica, 1965).

ERNEST NAGEL (1901-1987), nato in Cecoslovacchia, emigrò negli Stati Uniti nel 1911, dove trascorse quasi tutta la sua carriera accademica come professore di filosofia alla Columbia University. Nagel fu uno dei primi filosofi americani a prendere posizione favorevole nei confronti del lavoro del Circolo di Vienna. Il suo libro *La struttura della scienza. Problemi di logica nella spiegazione scientifica* (1961) contiene penetranti analisi della logica della spiegazione scientifica, dell'universalità nomica, della causalità della struttura, e dello status cognitivo delle teorie.

Una gerarchia di livelli del linguaggio

Dopo la Seconda guerra mondiale, la filosofia della scienza venne costituendosi quale disciplina accademica autonoma, provvista di specifici programmi per i corsi di laurea e di una stampa periodica specializzata. Questa professionalizzazione avvenne, in parte, perché i filosofi della scienza credevano che si sarebbero potuti conseguire risultati importanti, e che da essi la scienza avrebbe tratto considerevoli vantaggi.

La filosofia della scienza del dopoguerra è stata il tentativo di realizzare il programma proposto da Norman Campbell. Nei suoi *Foundations of Science* (I fondamenti della scienza, 1919),¹ Campbell osservava che i recenti studi sui fondamenti della matematica prodotti da Hilbert, Peano e altri avevano chiarito la natura dei sistemi assiomatici. Questo sviluppo aveva avuto una considerevole importanza per gli studi matematici a venire. Campbell ipotizzava che uno studio dei "fondamenti" della scienza empirica potesse avere valore simile per la pratica della scienza. I "fondamenti" che Campbell discusse comprendono la natura della misurazione e la struttura delle teorie scientifiche.*

I filosofi della scienza che cercavano di elaborare la loro disciplina in maniera analoga agli studi sui fondamenti della matematica accettavano la distinzione proposta da Hans Reichenbach tra il contesto della scoperta scientifica e il contesto della giustificazione.² Essi concordavano sul fatto che il dominio vero e proprio della filosofia della scienza è il contesto della giustificazione. Inoltre cercavano di riformulare le leggi e le teorie scientifiche entro gli schemi della logica formale, di modo che le questioni riguardanti la spiegazione e la conferma potessero essere affrontate come problemi di logica applicata.

Il grande risultato ottenuto dal ricostruzionismo logico fu un nuovo modo di intendere il linguaggio della scienza, il quale comprende una gerarchia di livelli, alla cui base stanno le asserzioni che registrano le letture degli strumenti, e al cui vertice stanno le teorie.

I filosofi della scienza ricostruzionisti trassero alcune importanti conclusioni circa la natura di questa gerarchia:

* La posizione di Campbell sulla struttura delle teorie scientifiche è discussa nel capitolo 9, pagg. 133-138.

Livelli di linguaggio nella scienza

Livello	Contenuto	Esempio
Teorie	Sistemi deduttivi in cui le leggi sono teoremi	Teoria cinetica molecolare
Leggi	Rapporti invarianti (o statistici) tra concetti scientifici	Legge di Boyle (" $P \propto 1/V$ ")
Valori dei concetti	Asserzioni che assegnano dei valori ai concetti scientifici	" $P = 2,0 \text{ atm}$ " " $V = 1,5 \text{ l}$ "
Dati sperimentali primari	Asserzioni riguardo a letture di indicatori, menischi, contatori <i>et al.</i>	"La lancetta indica 3,5."

1. Ogni livello è un' "interpretazione" del livello sottostante.
2. Il potere predittivo delle asserzioni aumenta via via che si procede dalla base verso il vertice.
3. La principale divisione entro il linguaggio della scienza è quella tra un "livello osservativo", che comprende i tre livelli più bassi della gerarchia, e un "livello teorico", il livello più elevato della gerarchia. Il livello osservativo contiene asserzioni riguardanti "osservabili" come "pressione" e "temperatura"; il livello teorico contiene asserzioni riguardanti "non-osservabili" come "geni" e "quark".
4. Le asserzioni del livello osservativo forniscono una base di controllo per le asserzioni del livello teorico.

Operazionismo

In analisi risalenti al 1927, Bridgman aveva sottolineato che ogni concetto *bona fide* scientifico deve essere riconducibile a procedure sperimentali che ne determinano i valori.³ Bridgman era rimasto colpito dalla disamina del concetto di "simultaneità" elaborata da Einstein.

Einstein aveva analizzato le operazioni implicate nel giudicare che due eventi sono simultanei, e aveva osservato che una determinazione di simultaneità presuppone un trasferimento di informazione, per mezzo di qualche segnale, dagli eventi in questione a un osservatore. Tuttavia il trasferimento di informazione da un punto a un altro richiede un lasso di tempo finito. Perciò, nell'eventualità che gli eventi in questione si verifichino in sistemi che sono in movimento l'uno rispetto all'altro, i

giudizi di simultaneità dipendono dai moti relativi dei sistemi e dell'osservatore. Dato un particolare insieme di moti, l'osservatore Lince sul sistema 1 può giudicare che l'evento x sul sistema 1 e l'evento y sul sistema 2 sono simultanei, mentre l'osservatore Falco sul sistema 2 può giudicare altrimenti. Si badi bene che non c'è alcun punto di vista privilegiato da cui determinare che Lince ha ragione e Falco ha torto, o viceversa. Einstein ne concludeva che la simultaneità è un rapporto tra due o più eventi e un osservatore, non un rapporto oggettivo tra eventi.

Bridgman dichiarò che sono le operazioni in virtù delle quali vengono assegnati dei valori a fornire significato empirico a un concetto scientifico. Osservò anche che le definizioni operative collegano i concetti ai dati sperimentali primari tramite lo schema

$$(x) [Ox \supset (Cx \equiv Rx)]^*$$

A partire da una definizione operativa e dai dati sperimentali primari appropriati, si può dedurre un valore del concetto. Si consideri un caso in cui la presenza di un corpo elettricamente carico è determinata mediante operazioni con un elettroscopio:

$$(x) [Nx \supset (Ex \equiv Dx)]$$

$$\frac{Na}{Da}$$

$$\therefore \frac{Ea}{Ea}$$

dove $Nx = x$ è un caso in cui un oggetto viene portato in prossimità di un elettroscopio neutro,
 $Ex = x$ è un caso in cui l'oggetto è elettricamente carico
 e
 $Dx = x$ è un caso in cui le foglie dell'elettroscopio divergono.

Dato che Na e Da sono dati sperimentali primari, questo argomento deduttivo permette allo scienziato di risalire, per così dire, dai dati sperimentali primari, il livello del "direttamente osservato", al livello dei concetti scientifici (*vedi* lo schema nella pagina seguente).

Bridgman ribadiva che se per un certo concetto non si può specificare alcuna definizione operativa, allora il concetto non ha significato empirico e va escluso dalla scienza. Tale fu il destino della «simultaneità assoluta», e Bridgman raccomandava un'esclusione simile per lo "spazio assoluto" e per la teorizzazione di Clifford secon-

* In tutti i casi, se vengono eseguite le operazioni O , allora il concetto C si applica se, e solo se, si presentano i risultati R .

Livello del linguaggio	Esempio
Assertzioni che assegnano valori a concetti scientifici	Ea
Schemi operazionali	$(x) [Nx \supset (Ex \equiv Dx)]$
Dati sperimentali primari	Na, Da

do cui, man mano che il sistema solare si sposta attraverso lo spazio, sia gli strumenti di misurazione sia le dimensioni degli oggetti misurati manifestano il medesimo tasso di contrazione.⁴

Eppure, sebbene avesse ribadito che devono essere stabiliti dei nessi tra le asserzioni riguardanti i termini teorici e il linguaggio osservativo in cui vengono registrati i risultati delle misurazioni, Bridgman riconosceva che i nessi possono essere effettivamente complessi. Uno degli esempi da lui forniti è il concetto di «sforzo in un corpo elastico deformato». Lo sforzo non può essere misurato direttamente, ma può essere calcolato per mezzo di una teoria matematica a partire da misurazioni effettuate sulla superficie del corpo. Perciò, per il concetto di sforzo, le operazioni eseguite includono operazioni «con carta e matita». Nessuna materia. Dato il rapporto formale tra «sforzo» e «deformazione», e dati i risultati delle operazioni strumentali eseguite sulla superficie del corpo, segue deduttivamente un valore dello sforzo. Questo è sufficiente a conferire allo sforzo la qualifica di concetto ammissibile dal punto di vista operazionista.

Nei suoi scritti del dopoguerra, Bridgman sottolineò due limiti dell'analisi operazionista.⁵ Un limite è che non si possono specificare tutte le circostanze presenti quando viene eseguita un'operazione. Bisogna arrivare a un compromesso tra il requisito della ripetibilità intersoggettiva e l'auspicabilità di una completa elaborazione delle condizioni in cui viene eseguita un'operazione.

Gli scienziati hanno credenze antecedenti riguardo a quali fattori siano rilevanti per la determinazione dei valori di una quantità, e procedono sulla base dell'assunto che sia giusto ignorare numerosi fattori «irrilevanti» quando si ripete un certo tipo di operazione per misurare quella quantità. Gli scienziati, per esempio, eseguono operazioni con i manometri per determinare la pressione dei gas senza prendere in considerazione l'intensità dell'illuminazione nella stanza o l'attività delle macchie solari. Bridgman osservava che l'esclusione di certi fattori può essere giustificata solo in base all'esperienza, e avvertiva che un'estensione delle operazioni a nuovi ambiti dell'esperienza può richiedere che si prendano in considerazione fattori precedentemente ignorati.

Una seconda limitazione dell'analisi operazionistica è la necessità di accettare

alcune operazioni non analizzate. Per ragioni pratiche, l'analisi delle operazioni in termini di operazioni più elementari non può procedere indefinitamente. Il concetto di «più pesante di», per esempio, può essere analizzato in termini di operazioni con una bilancia a giogo. Queste operazioni, a loro volta, possono essere ulteriormente analizzate specificando i metodi per costruire e calibrare le bilance. Ma, ammesso che siano state rispettate le precauzioni standard riguardo all'errore di parallasse, gli scienziati assumono che la determinazione della posizione della lancetta sulla scala della bilancia sia un'operazione che non richiede ulteriori analisi.

Le operazioni eseguite per misurare «l'ora locale» e la «lunghezza locale» vengono accettate come operazioni non analizzate sia nella fisica classica sia nella fisica della relatività. L'«ora locale» di un evento è la sua coincidenza con la posizione di una lancetta su un orologio. La «lunghezza locale» di un corpo è la coincidenza delle sue estremità con una barra rigida, opportunamente calibrata, nei casi in cui non vi è moto del corpo rispetto alla barra.

Naturalmente la determinazione delle coincidenze nel modo sopra specificato non può garantire che lo strumento coinvolto funzioni in maniera appropriata in quanto bilancia o orologio, oppure che la barra sia una misura appropriata della lunghezza. Inoltre si possono accettare determinati generi non analizzati di determinazione di coincidenza senza necessariamente adottare l'inderogabile posizione secondo cui questi generi di determinazione della coincidenza sarebbero non analizzabili. Bridgman sottolineava che, sebbene sia necessario accettare *alcune* operazioni in quanto non analizzate, la decisione di accettare come non analizzato un particolare insieme di operazioni è soggetta a revisione man mano che la nostra esperienza si fa sempre più estesa. Il fisico osservava che finora la nostra esperienza è stata tale che non sono sorte difficoltà per la teoria fisica dall'accettazione del fatto che le summenzionate determinazioni di coincidenza non fossero state analizzate. Tuttavia ribadì che è sempre possibile fornire un'analisi più particolareggiata delle operazioni.⁶ Così, secondo Bridgman, quelle determinazioni di coincidenza comunemente accettate senza preventiva analisi forniscono alle asserzioni teoriche un ancoraggio pur sempre provvisorio nel linguaggio osservativo.

Il modello deduttivo della spiegazione

Gli schemi operativi mettono in rapporto asserzioni riguardanti concetti scientifici con dati sperimentali primari. Al livello immediatamente superiore, il programma ortodosso consiste nello specificare le relazioni logiche tra concetti scientifici e leggi. Il programma può essere messo in pratica partendo da una qualsiasi delle estremità. Data un'asserzione relativa al valore di un concetto scientifico, si può cercare di spiegare questo fatto facendo riferimento a qualche legge. E data una legge, se ne possono cercare le conferme tra le asserzioni relative ai valori dei concetti scientifici.

In un articolo del 1948, che esercitò una vasta influenza, Carl Hempel e Paul Oppenheim affrontarono il problema della spiegazione scientifica.⁷ Commentando l'osservazione di un rematore secondo cui il suo remo era "piegato", Hempel e Oppenheim proposero che

l'interrogativo "perché si verifica questo fenomeno?" dovrebbe essere analizzato come se significasse: "secondo quali leggi generali e in virtù di quali condizioni antecedenti avviene il fenomeno?"⁸

Il modello deduttivo della spiegazione di un fenomeno assume la forma seguente:

$$\begin{array}{l} L_1, L_2, \dots, L_k \quad \text{Leggi generali.} \\ C_1, C_2, \dots, C_r \quad \text{Asserzioni delle condizioni antecedenti.} \\ \hline \therefore E \quad \text{Descrizione del fenomeno.} \end{array}$$

Nel caso del rematore, le leggi generali sono la legge di rifrazione e la legge secondo cui l'acqua è otticamente più densa dell'aria. Le condizioni antecedenti sono che il remo sia diritto e che venga immerso nell'acqua con un particolare angolo.

Hempel e Oppenheim enunciarono l'importante considerazione logica secondo cui le asserzioni riguardo a un fenomeno non possono essere dedotte dalle sole leggi generali. È necessario includere una premessa sulle condizioni in presenza delle quali il fenomeno si verifica. Le condizioni antecedenti comprendono sia le condizioni di contorno in cui si ritiene che le leggi valgano, sia quelle condizioni iniziali che vengono realizzate precedentemente al, o nello stesso tempo del, fenomeno che deve essere spiegato. Per esempio, una spiegazione deduttiva dell'aumento del volume di un palloncino riscaldato potrebbe assumere la seguente forma:

$$\left(\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \right) \quad \text{Legge di Gay-Lussac}$$

$m, P = k$

Massa e pressione sono costanti Condizioni di ritorno

$$\frac{T_2}{T_1} = 2 \quad \text{Condizioni "iniziali"}$$

$\therefore V_2 = 2V_1$

Analizzando lo schema deduttivo della spiegazione, Hempel e Oppenheim sottolinearono che numerose spiegazioni *bona fide* scientifiche non corrispondono allo

schema deduttivo. È il caso, per esempio, di molte spiegazioni basate su leggi statistiche.⁹

Un esempio fornito da Hempel in un saggio successivo è:

Un'elevata percentuale di pazienti con infezioni da streptococco si rimettono entro 24 ore dalla somministrazione di penicillina. Jones ha avuto un'infezione da streptococco e gli è stata somministrata penicillina.

\therefore Jones si è rimesso dall'infezione da streptococco entro 24 ore dalla somministrazione di penicillina.¹⁰

Questa argomentazione esplicativa non ha cogenza deduttiva. Anzi, le premesse forniscono solo un forte sostegno induttivo alla conclusione.

In tal modo Hempel riconosceva che la sussunzione sotto leggi generali può essere ottenuta deduttivamente o induttivamente. Tuttavia affermò coerentemente che ogni spiegazione scientifica accettabile implica la sussunzione deduttiva o induttiva di un *explanandum* sotto leggi generali.

Generalizzazioni nomiche e generalizzazioni accidentali

Secondo la concezione ortodossa, una spiegazione scientifica riuscita sussume il suo *explanandum* sotto leggi generali. Ma come possiamo essere sicuri, in un caso particolare, che le premesse comprendano delle leggi? Accettiamo la seguente argomentazione come spiegazione del risultato del controllo di una fiamma verde:

Tutte le fiamme influenzate dal bario sono verdi.
Questa è una fiamma influenzata dal bario.

\therefore Questa fiamma è verde.

Ma neghiamo il potere esplicativo della seguente argomentazione:

Tutte le monete che ora sono nella mia tasca contengono rame.
Questa moneta ora è nella mia tasca.

\therefore Questa moneta contiene rame.

Le due argomentazioni hanno forma identica. Eppure la prima sussume il suo *explanandum* nell'ambito di una legge valida, mentre la seconda sussume il suo *explanandum* sotto una generalizzazione "meramente accidentale".

I teorici ortodossi accettavano la posizione di Hume sulle leggi scientifiche. R.B. Braithwaite, per esempio, dichiarava:

Concordo con la parte principale della tesi di Hume, la parte che asserisce che gli obiettivi universali della legge sono proprio universali di fatto, e che in natura non vi è più alcun elemento di connessione necessaria.¹¹

Braithwaite notava, comunque, che vi sono alcune difficoltà nell'analisi humeana della nozione di legge. Una difficoltà è che tale analisi sfuma la distinzione tra universali legisimili e universali accidentali.

Supponiamo che due orologi a pendolo simili vengano disposti in maniera da essere sfasati con un angolo di 90°, affinché i ticchettii dei due orologi siano in costante congiunzione sequenziale. Se le leggi scientifiche *non fossero altro che* asserzioni di congiunzione costante, allora la seguente asserzione sarebbe una legge: "Per tutti gli x , se x è il ticchettio dell'orologio 1, allora x è un ticchettio seguito da un ticchettio dell'orologio 2".

Ora supponiamo che i pendoli dei due orologi vengano fermati. È lecito affermare che la "legge" sostiene il condizionale controfattuale: "Se l'orologio 1 dovesse ticchettare, allora questo ticchettio sarebbe seguito da un ticchettio dell'orologio 2"? Presumibilmente no.

Le "leggi scientifiche genuine", dal canto loro, sostengono condizionali controfattuali. L'asserto "tutte le fiamme influenzate dal bario sono verdi" in effetti sostiene l'affermazione secondo cui "se quella fosse una fiamma influenzata dal bario, allora sarebbe verde".

Oltre a ciò, un certo numero di leggi scientifiche sembrano non riguardare affatto congiunzioni costanti, dato che esse si riferiscono a situazioni idealizzate che non si verificano. L'equazione fondamentale dei gas perfetti è una legge di questo tipo. Anche se non ci sono gas nei quali le molecole abbiano estensione zero e i campi di forza intermolecolari siano pari a zero, se ipoteticamente esistesse un simile gas, allora la sua pressione, il suo volume e la sua temperatura sarebbero così correlati:

$$\frac{PV}{T} = \text{costante}$$

Dunque esiste una differenza palese tra universali legisimili e universali accidentali. Gli universali legisimili sostengono condizionali controfattuali, gli universali accidentali no. Ma che cosa significa "sostenere" in questo contesto? Secondo Braithwaite, questo "sostegno" risulta dal rapporto deduttivo degli universali legisimili con generalizzazioni di livello superiore. A suo avviso, una proposizione universale condizionale h è legisimile se h

ricorre in un sistema scientifico deduttivo stabilito come deduzione da ipotesi di livello superiore, sostenute da un'evidenza empirica che non sia evidenza empirica diretta a favore di h .¹²

La generalizzazione riguardante il colore della fiamma del bario è una conseguenza deduttiva dei postulati della teoria atomica. E vi sono ampie prove che confermano questi postulati (in aggiunta al colore delle fiamme influenzate dal bario). Viceversa, non si conosce alcun rapporto deduttivo per la generalizzazione sui due orologi.

Ernest Nagel sosteneva in termini analoghi una posizione humeana sulle leggi scientifiche, e affermava che le generalizzazioni legisimili possono essere distinte dalle generalizzazioni accidentali senza fare alcun riferimento a nozioni modali quali "necessità" e "possibilità". Nagel elencava quattro caratteristiche degli universali legisimili:¹³

1. Un universale non acquista status legisimile esclusivamente in virtù del fatto di essere vacuamente vero. Se i marziani non esistono, allora è vero che "tutti i marziani sono verdi". Ma la verità conseguita in questo modo non conferisce status legisimile a un'asserzione. Naturalmente vi sono leggi vacuamente vere. Ma il loro status di leggi è determinato dal loro rapporto logico con altre leggi in una teoria scientifica.
2. Non è noto che la portata della predicazione di un universale legisimile sia preclusa a ulteriore incremento. La portata della predicazione di un universale accidentale, per contro, è spesso notoriamente chiusa. Un caso specifico è "Tutte le monete che sono nella mia tasca contengono rame".
3. Gli universali legisimili non restringono a specifiche regioni dello spazio o del tempo gli individui che soddisfano le condizioni antecedenti e conseguenti.
4. Gli universali legisimili trovano spesso sostegno indiretto nell'evidenza che sostiene in modo diretto altre leggi nello stesso sistema scientifico deduttivo. Per esempio, se le leggi L_1 , L_2 e L_3 sono congiuntamente derivabili all'interno di un sistema assiomatico interpretato, allora l'evidenza che sostiene direttamente L_2 e L_3 fornisce indirettamente sostegno a L_1 . Per esempio, dato che la legge di Boyle, la legge di Charles e la legge della diffusione di Graham sono tutte conseguenze deduttive all'interno della teoria cinetica dei gas, la legge di Boyle è indirettamente confermata dall'evidenza che conferma la legge di Charles o quella di Graham. Gli universali accidentali, per contro, non godono di questo genere di sostegno indiretto.

La conferma delle ipotesi scientifiche

Nel 1945 Hempel sostenne che vi sono tre fasi nella valutazione di un'ipotesi scientifica:¹⁴

1. Accumulare resoconti osservativi che enunciano i risultati di osservazioni o esperimenti.
2. Accertare se questi resoconti osservativi confermino, disconfermino o siano neutrali nei confronti dell'ipotesi.
3. Decidere se accettare, respingere o sospendere il giudizio sull'ipotesi alla luce di questa evidenza confermatrice o disconfermatrice.

Hempel delineò un programma di ricerca per la seconda e la terza di queste fasi. La fase 2 è il problema della conferma. Hempel affermava che si tratta di un problema di logica applicata. Tanto i resoconti osservativi quanto le ipotesi sono enunciati, e i rapporti tra enunciati possono essere espressi con le categorie della logica formale. Quello che occorre fare è formulare una definizione di "o conferma H" nei termini di concetti logici come coerenza o implicazione. Armato di una definizione adeguata, il filosofo della scienza sarà a quel punto in grado di decidere se un particolare resoconto osservativo confermi o meno un'ipotesi.

LA CONFERMA QUALITATIVA: IL PARADOSSO DEI CORVI

Nel 1945 Hempel aveva rilevato il carattere paradossale della nozione di «conferma qualitativa». Si consideri la relazione tra l'ipotesi "tutti i corvi sono neri" e asserzioni che registrano le osservazioni. La nostra intuizione ci dice che un corvo nero suffraga l'ipotesi mentre un corvo arancione la confuterebbe. Fin qui, tutto bene. Ma le proposizioni seguenti sono tutte logicamente equivalenti:

- 1) $(x) (Rx \supset Bx)$
- 2) $(x) (\sim Rx \vee Bx)$
- 3) $(\sim Bx \supset \sim Rx)$

Appare plausibile ritenere che se un resoconto osservativo conferma una generalizzazione, allora conferma anche qualunque enunciato logicamente equivalente a essa. Ma una scarpa nera ($\sim Ra \cdot Ba$) conferma 2),* e un guanto bianco ($\sim Ra \cdot \sim Ba$) conferma 3). Se accettato un principio di equivalenza, allora l'ipotesi del corvo è confermata sia dalla scarpa nera sia dal guanto bianco. Questo è un risultato paradossale: suggerisce che sarebbe appropriato praticare l'ornitologia in casa!

Hempel sottolineò che il "paradosso dei corvi" risulta quando vengono affermati quattro principi. Vale a dire:

1. Il principio della conferma mediante esempi (criterio di Nicod).

* Poiché 2) asserisce che "data una cosa qualsiasi nell'universo, o non è un corvo oppure è nera", si può considerare qualsiasi oggetto nero che non sia un corvo un esempio di 2).

2. Il principio di equivalenza.
3. L'assunto in base a cui molte importanti leggi scientifiche sono proposizioni condizionali universali adeguatamente espresse in termini simbolici " $(x) (Ax \supset Bx)$ ".
4. Le nostre intuizioni riguardo a ciò che dovrebbe avere il valore di esempio confermatrice.

Per risolvere il paradosso, è necessario riconsiderare uno o più dei quattro principi. Hempel affermava che il principio della conferma mediante esempi e il principio di equivalenza sono profondamente radicati nella pratica scientifica e che molte leggi scientifiche importanti vengono correttamente rappresentate come proposizioni condizionali universali. La sua posizione riguardo al paradosso dei corvi era che noi siamo fuorviati dalle nostre intuizioni. In primo luogo, crediamo erroneamente che sia valida esclusivamente "riguardo" ai corvi. In realtà non è così. Essa è valida, semmai, "riguardo" a tutti gli oggetti dell'universo, poiché asserisce che "data una qualunque cosa nell'universo, se essa è un corvo, allora è anche nera". Una formulazione equivalente è $(x) [\sim Rx \vee Bx]$, la quale asserisce che "data una qualunque cosa nell'universo, o non è un corvo o è nera".

Un secondo motivo per cui le nostre intuizioni riguardo alla conferma sono spesso errate è che quando giudichiamo se un'asserzione riguardante le osservazioni confermi una generalizzazione, ci appelliamo tacitamente alla nostra conoscenza di sfondo. Per esempio sappiamo che vi sono molti più oggetti non neri che corvi. E sappiamo anche che le nostre possibilità di scoprire un caso disconfermatrice ($\sim Ra \cdot \sim Ba$) sono maggiori se esaminiamo i corvi quanto al loro colore, di quanto non sarebbero se esaminassimo gli oggetti non neri quanto alla loro "corvitudine". Dato che il rischio di falsificazione è maggiore se ci concentriamo sulla classe dei corvi, considereremo un caso in cui un corvo ha superato il controllo ($Ra \cdot Ba$) come un caso confermatrice. D'altro canto non siamo stupiti se un oggetto non nero supera il controllo ($\sim Ra \cdot \sim Ba$).

Ma supponiamo di sapere che ci sono solo dieci oggetti nell'universo, che nove di quei dieci sono corvi, e che solo uno dei dieci è non nero. Se queste fossero le nostre conoscenze di sfondo, allora le nostre intuizioni riguardo alla conferma sarebbero diverse. Cercheremmo l'evidenza confermatrice per "tutti i corvi sono neri" esaminando l'oggetto non nero quanto alla sua corvitudine. Hempel concludeva che il rapporto tra le generalizzazioni e i loro esempi confermatrice non è paradossale per un'intuizione adeguatamente educata. Se si tiene a mente la forma logica di una generalizzazione universale, e se si esclude la conoscenza di sfondo riguardo a dimensioni di classe relative, allora non vi è paradosso. Hempel ribadiva che le asserzioni riguardo ai corvi neri, le asserzioni riguardo alle scarpe nere e le asserzioni riguardo ai guanti bianchi contano tutte come evidenza confermatrice di "tutti i corvi sono neri".¹⁶

Rudolf Carnap giunse alla conclusione che le prospettive di una teoria della conferma qualitativa erano poco promettenti, e cercò di formulare una teoria per misurare il *grado* di conferma fornita all'ipotesi H dall'evidenza e . Il progetto di Carnap era di:

1. Specificare la struttura e il vocabolario di un linguaggio artificiale nel quale potesse essere definito " $c(H, e) = k$ ";*
2. elencare le risorse della teoria matematica della probabilità per assegnare valori a k ; e
3. argomentare che i valori calcolati sono coerenti con le nostre intuizioni riguardo alla conferma.¹⁷

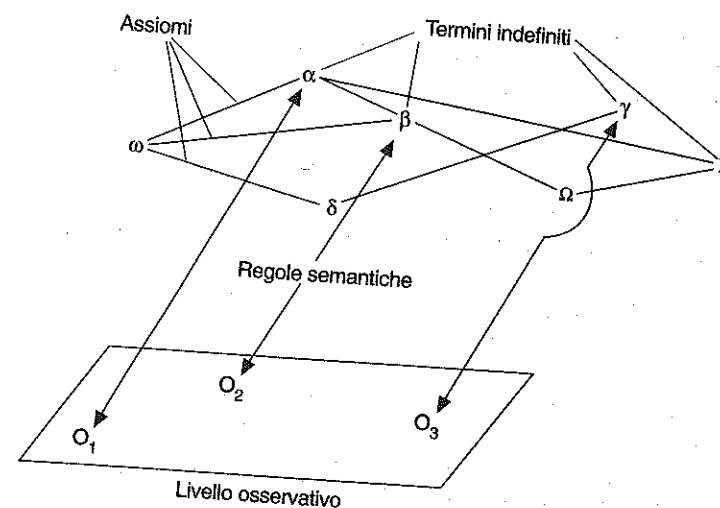
Sfortunatamente le "funzioni c " elaborate da Carnap assegnano il valore " $c = 0$ " a quei condizionali universali per cui sono possibili esempi di sostituzione infinitamente numerosi. Questo è contro-intuitivo. Crediamo, per esempio, che il grado di conferma della legge di attrazione gravitazionale da parte dell'evidenza sia considerevolmente maggiore di 0. Questo Carnap lo riconosceva, e insisteva che quando uno scienziato impiega una generalizzazione universale, non deve impegnarsi nei confronti della verità della generalizzazione su un gran numero di esempi. È sufficiente che la generalizzazione continui a valere per il prossimo esempio. Carnap fu in grado di dimostrare che questa conferma del "prossimo esempio" di una generalizzazione universale si avvicina a 1 via via che crescono le dimensioni del campione, sempre che non vi siano esempi confutanti nel campione stesso.¹⁸ Riguardo all'adeguatezza di questo spostamento dell'attenzione dalla "conferma" alla "conferma del prossimo esempio" le opinioni erano divise.

La struttura delle teorie scientifiche

Nel dopoguerra le analisi sulla struttura delle teorie scientifiche erano basate sulla distinzione campbelliana tra un sistema assiomatico e le sue applicazioni all'esperienza. Carnap riaffermò la concezione "ipotesi più dizionario" delle teorie scientifiche nel suo influente contributo pubblicato nell'*International Encyclopedia of Unified Science* nel 1939. Carnap affermava che « qualsiasi teoria fisica, e analogamente

* Gli ingredienti del linguaggio artificiale includono:

- 1) connettivi vero-funzionali e quantificatori;
- 2) costanti individuali che nominano individui;
- 3) predicati primitivi che siano in numero finito, coordinati e logicamente indipendenti tra loro; e
- 4) regole di formazione per gli enunciati e regole per l'inferenza deduttiva.



L'immagine delle teorie come "rete di sicurezza" secondo Hempel.

l'intera fisica, può [...] essere presentata sotto forma di un sistema interpretato, che consiste di uno specifico calcolo (sistema assiomatico) e di un sistema di regole semantiche in vista della sua interpretazione».¹⁹

Questa affermazione fu riproposta da Philipp Frank e Carl Hempel nel saggio successivo della stessa enciclopedia.²⁰

La versione hempeliana della concezione "ipotesi più dizionario" presenta qualche somiglianza con le reti di sicurezza usate per salvaguardare l'incolumità dei trapezisti al circo. Il sistema assiomatico è una rete sostenuta dal basso da pali ancorati al livello osservativo del linguaggio scientifico.²¹

Sulla scorta di Campbell, Hempel osservava che non è necessario che ogni nodo della rete abbia un punto di sostegno tra le asserzioni del livello osservativo. Se le cose stanno così, sorge naturalmente la questione: quali sono le condizioni in cui la rete è sicuramente ancorata? Come si fa a sapere se c'è un numero sufficiente di nessi abbastanza forti tra la rete e il piano dell'osservazione? La robustezza del rapporto di ancoraggio è massima per le "teorie matematiche" in cui a ciascun termine del calcolo viene assegnata una regola semantica. La geometria fisica è un esempio di una teoria di questo tipo. Ciascuno dei termini del calcolo ("punto", "linea", "congruenza"...) è correlato con operazioni fisiche. All'estremo opposto, si potrebbe immaginare una "teoria meccanica" il cui calcolo sia connesso agli osservabili da un'unica regola semantica. Una "teoria" del genere sarebbe empiricamente significativa?

Hempel suggerì che si sarebbe potuto dare una risposta soddisfacente a questo quesito qualora fosse stata disponibile un'adeguata teoria della conferma. Secondo Hempel, una teoria della conferma adeguata conterrebbe regole che, per ogni teorema (T) e per ogni enunciato del linguaggio osservativo che registra l'evidenza (E), attribuiscono uno specifico livello di conferma a T tenuto conto di E . Una teoria per la quale valessero in questo modo le regole di conferma sarebbe empiricamente significativa, e le regole semantiche di una teoria siffatta avrebbero forza sufficiente per ancorare il suo calcolo. Comunque Hempel ammetteva che nessuna teoria della conferma disponibile a quell'epoca era adeguata allo scopo.²² Di conseguenza la sua proposta (nel 1952) di misurare l'adeguatezza dell'interpretazione empirica dei calcoli mediante una teoria della conferma aveva lo status di un programma per le indagini future.

I termini teorici per cui non vi sono voci del dizionario vengono cionondimeno ritenuti empiricamente significativi. Braithwaite proponeva che la significanza empirica venisse accordata procedendo verso l'alto, dalle asserzioni sugli osservabili fino agli assiomi.²³ Nella teoria quantistica, per esempio, sono i teoremi sulle densità di carica degli elettroni, sulle densità di dispersione e simili a conferire significanza empirica alla "funzione Ψ ". Noretta Koertge ha osservato che la posizione del ricostruzionismo logico è che il significato empirico percola verso l'alto per mezzo di un'"azione capillare" dal terreno del livello osservativo del linguaggio scientifico.²⁴

Sostituzione di teorie: crescita per incorporazione

La posizione ortodossa era quella secondo cui spiegare un fenomeno significa dimostrare che la sua descrizione segue logicamente (di solito deduttivamente) dalle leggi e dalle asserzioni delle condizioni antecedenti. Analogamente, spiegare una legge significa mostrare che essa segue logicamente da altre leggi.²⁵

Applicato alla storia della scienza, questo interesse per la ricostruzione logica della relazione fra leggi si trovò riflesso nel particolare rilievo attribuito alla «crescita per incorporazione». Ernest Nagel osservava che

il fenomeno che una teoria relativamente autonoma venga assorbita da una qualche teoria più vasta, o ridotta a essa, è innegabilmente una caratteristica ricorrente nella storia della scienza moderna.²⁶

Nagel distingueva due tipi di riduzione. Il primo tipo è la riduzione omogenea, in cui una legge viene successivamente incorporata in una teoria che utilizza "sostanzialmente gli stessi" concetti che compaiono nella legge. Nagel proponeva che l'"assorbimento" della legge di Galilei sulla caduta dei gravi nella meccanica newtoniana

fosse considerata appunto una riduzione di questo tipo.²⁷ Secondo Nagel, la legge di Galilei era stata ridotta ai, e spiegata dai, principi della meccanica newtoniana.

Un secondo tipo di riduzione, ancora più interessante, è la sussunzione deduttiva di una legge da parte di una teoria che manca di alcuni dei concetti con i quali la legge è espressa. Spesso la legge sussunta fa riferimento a proprietà macroscopiche degli oggetti e la teoria riducente fa riferimento alla microstruttura degli oggetti. Un esempio a cui Nagel dedicò una qualche attenzione è la riduzione della termodinamica classica alla meccanica statistica.²⁸ Nelle leggi della termodinamica compaiono concetti che non sono compresi tra quelli della meccanica statistica. Tra questi concetti vi sono "temperatura" ed "entropia". Eppure James Clerk Maxwell e Ludwig Boltzmann riuscirono a dedurre le leggi della termodinamica classica dalle premesse che includevano leggi statistiche sui moti delle molecole.

Riflettendo su questi casi tipici di riduzione eterogenea, Nagel cercava di scoprire le condizioni necessarie e sufficienti per la riduzione di un settore della scienza a un altro, e non mancava di rilevare che le condizioni per la riduzione possono essere formulate solo per settori della scienza che siano stati formalizzati. Un requisito della formalizzazione è che i significati dei termini che compaiono nelle teorie in questione siano fissati da regole d'uso appropriate a ogni disciplina. Posto che questo sia proprio ciò che avviene, e che le relazioni di dipendenza logica all'intero di ciascuna teoria siano state enunciate, queste sono le condizioni necessarie per la riduzione di T_2 a T_1 .²⁹

LE CONDIZIONI FORMALI PER LA RIDUZIONE

1. *Connettibilità*: per ciascun termine che compare in T_2 ma non in T_1 , c'è un'asserzione di connessione che collega il termine con i termini teorici di T_1 .
2. *Derivabilità*: le leggi sperimentali di T_2 sono conseguenze deduttive degli assunti teorici di T_1 .

LE CONDIZIONI NON-FORMALI PER LA RIDUZIONE

3. *Sostegno empirico*: gli assunti teorici di T_1 sono supportati dalle prove in aggiunta a quelle che supportano T_2 .
4. *Fecondità*: gli assunti teorici di T_1 suggeriscono ulteriori sviluppi di T_2 .

IL PROGRESSO PER INCORPORAZIONE

La riduzione riuscita è incorporazione. Una teoria viene assorbita in una seconda teoria che ha un campo di applicazione più vasto. Questo sembra indicare che il progresso nella scienza è molto simile alla creazione di una serie di matrisoske russe.

In saggi scritti negli anni venti del XX secolo e anche in seguito, Niels Bohr fu il

campione di questa concezione del progresso scientifico. Bohr affermava che la concezione delle *matrioske* è un'applicazione metodologica feconda del Postulato della Corrispondenza.*

Applicare il Postulato della Corrispondenza come criterio di accettabilità significa richiedere a ogni candidato a succedere alla teoria *T*: 1) che la nuova teoria abbia un contenuto controllabile maggiore di *T* e 2) che la nuova teoria sia in accordo asintotico con *T* nell'ambito in cui *T* è ben confermata.

Joseph Agassi ha espresso nei seguenti termini questo ampliamento metodologico del Postulato della Corrispondenza:

Ci sono due requisiti dichiaratamente metodologici che possono essere avanzati per ogni teoria appena introdotta: dovrebbe produrre la teoria che essa viene a rimpiazzare come una sua conseguenza, o una sua prima approssimazione, e anche come un caso speciale. Il primo requisito equivale a nulla più che alla richiesta che la nuova teoria spieghi il successo della precedente. Il secondo requisito equivale alla richiesta che la nuova teoria sia più generale e controllabile indipendentemente.³¹

* Il Postulato della Corrispondenza era un assioma della teoria dell'atomo di idrogeno di Bohr (1913). Al fine di spiegare lo spettro osservato dell'idrogeno, Bohr avanzò l'ipotesi che l'elettrone dell'idrogeno potrebbe esistere solo in certe orbite stabili, le cui quantità di moto angolari sono date da $m v r = n h / 2\pi$, dove m è la massa dell'elettrone, v la sua velocità, r è il raggio della sua orbita, h è la costante di Planck e n è un numero intero positivo. La transizione da un'orbita stabile a un'altra è accompagnata dall'emissione o dall'assorbimento di energia (vale a dire che la transizione da $n = 3$ a $n = 2$ produce la prima linea spettrale della serie di Balmer). Il Postulato di Corrispondenza stabilisce che, entro il limite in cui n si avvicina all'infinito e l'elettrone non è più legato al nucleo, l'elettrone obbedisce alle leggi dell'elettrodinamica. Incoraggiato dal successo della sua teoria dell'atomo di idrogeno, Bohr affermò che una versione generalizzata del Postulato di Corrispondenza costituisce un criterio di accettabilità per le teorie della meccanica quantistica. Secondo Bohr, quale che sia la forma di una teoria del dominio quantistico, essa deve essere in accordo asintotico con l'elettrodinamica classica negli ambiti in cui la teoria classica ha dimostrato di essere adeguata.³⁰

13. Attacco all'ortodossia

<i>Esiste un linguaggio osservativo indipendente dalle teorie?</i>	186
<i>I dubbi sul modello a legge di copertura della spiegazione scientifica</i>	188
<i>Una concezione non asserzionale delle teorie</i>	190
<i>Il "nuovo enigma dell'induzione" di Goodman</i>	192
<i>I dubbi sulla concezione del progresso scientifico come una serie di matrioske</i>	194
LA TESI DELL'INCOMMENSURABILITÀ DI FEYERABEND	194
CRESCITA PER INCORPORAZIONE O ROVESCIMENTO RIVOLUZIONARIO?	195
<i>La morte dell'ortodossia secondo Feyerabend e Feigl</i>	197

PAUL K. FEYERABEND (1924-1994) conseguì il dottorato in filosofia all'Università di Vienna e insegnò all'Università della California. Fu un "anarchico" dichiarato, che si oppose alla ricerca di regole per la sostituzione delle teorie e alle "ricostruzioni razionali" del progresso scientifico. La sua posizione era che «qualsiasi cosa può andare bene», e che il tratto distintivo della creatività nella scienza è la proliferazione delle teorie. Coerentemente con questo orientamento, intitolò la sua opera principale *Contro il metodo* (1975).

NELSON GOODMAN (1906-1998) conseguì il dottorato in filosofia a Harvard e insegnò all'Università della Pennsylvania, a Brandeis e a Harvard. Fornì importanti contributi alla logica induttiva, all'epistemologia e alla filosofia dell'arte. Scrisse *La struttura dell'apparenza* (1951), *Fatti, ipotesi e previsioni* (1955) e *Linguaggi dell'arte* (1968).

STEPHEN TOULMIN (1922-) ha conseguito il dottorato in filosofia a Oxford e ha insegnato alle Università di Leeds, del Michigan, di Chicago e all'Università della California. Ha scritto ampiamente su temi di storia e filosofia della scienza, epistemologia ed etica. Nelle sue opere più recenti ha delineato una ricostruzione della crescita scientifica in categorie prese a prestito dalla teoria dell'evoluzione organica.

HERBERT FEIGL (1902-1988) prese parte alle attività del Circolo di Vienna (1924-1930) in qualità di amico e sodale di Moritz Schlick e Rudolf Carnap. Si trasferì negli Stati Uniti nel 1930 per