

Titolo dell'opera originale
The Structure of Science
(Copyright ©, 1961, by Harcourt, Brace & World, Inc.)

Traduzione dall'inglese di
Carla Sborgi per i cc. 1-10
Aurelia Monti per i cc. 11-15

Prima edizione italiana: gennaio 1968

Copyright by

©

Giangiaco Feltrinelli Editore
Milano

Ernest Nagel

La struttura della scienza

Problemi di logica nella spiegazione scientifica

Prefazione di Aurelia Monti

FACOLTA' MAGISTERO
VERONA
N.R.I. 10417



Feltrinelli Editore Milano

senso comune sono generalmente accettate senza una valutazione critica delle prove disponibili, per le conclusioni della scienza la prova risponde a norme tali che una porzione notevole di conclusioni che poggiano su dimostrazioni strutturalmente simili rimane in sostanziale accordo con gli ulteriori dati di fatto quando se ne aggiungano dei nuovi.

Dobbiamo rimandare al seguito una discussione supplementare su queste considerazioni. Tuttavia, è necessario aggiungere a questo punto una breve osservazione. Se le conclusioni della scienza sono il prodotto di ricerche condotte in accordo con una ben definita tattica per ottenere e stabilire la prova, il giudizio per poter considerare tali conclusioni come garantite deve essere fondato sui meriti della tattica stessa. E bisogna ammettere che i canoni adottati per stabilire la prova, e che definiscono tale tattica sono stati, nella migliore delle ipotesi, esplicitamente codificati solo in parte, mentre nel maggior numero dei casi operano solo come abiti intellettuali che i ricercatori competenti manifestano nella condotta delle loro ricerche. Ma, nonostante ciò, la storia di quanto è stato raggiunto mediante questa tattica sulla strada della conoscenza fondata e sistematicamente ordinata non lascia la possibilità di seri dubbi sulla superiorità di tale tattica rispetto ad altre.

Questa breve rassegna delle caratteristiche che distinguono, genericamente parlando, la pretesa conoscitiva e il metodo logico della scienza moderna suggerisce una quantità di domande da esaminarsi in dettaglio. Le conclusioni della scienza sono il frutto di un sistema istituzionalizzato di ricerca che giuoca un ruolo sempre più importante per la vita degli uomini. Ed infatti sociologi, economisti, storici e moralisti hanno fatto oggetto di ripetuti studi l'organizzazione di questa istituzione sociale, le circostanze e gli stadi del suo sviluppo e del suo influsso, e le conseguenze della sua espansione. Tuttavia, se si vuol pienamente comprendere la natura dell'opera scientifica e il suo posto nella società contemporanea, occorre dedicare un'accurata analisi anche ai tipi ed alla articolazione delle affermazioni scientifiche, come pure alla logica con cui vengono stabilite le conclusioni scientifiche. È questo un compito — uno dei più grandi anche se non l'unico — intrapreso dalla filosofia della scienza. Tre ampie zone di questa analisi risultano di fatto suggerite dalla rassegna testé compiuta: gli schemi logici presentati dalle spiegazioni della scienza; la costruzione dei concetti scientifici; la convalida delle conclusioni scientifiche. I capitoli che seguono trattano ampiamente, benché non esclusivamente, di problemi inerenti alla struttura delle spiegazioni scientifiche.

Schemi di spiegazione scientifica

Nel capitolo precedente si è detto che lo scopo caratteristico dell'opera scientifica è di fornire spiegazioni sistematiche e fondate. Come vedremo, queste spiegazioni potranno esser date per casi singoli, per processi ricorrenti, o per fenomeni regolari che si presentino sia invariabilmente sia statisticamente. Questo compito non è la sola cura della scienza, se non altro per tutto lo sforzo che essa deve dedicare nell'accertare i fatti in zone nuove dell'esperienza, per le quali si penserà in seguito alle spiegazioni. È evidente che in ogni tempo le varie scienze differiscono tra loro nell'importanza che attribuiscono allo sviluppo di spiegazioni sistematiche, come pure nel grado di completezza raggiunto dal sistema stesso. Tuttavia, la ricerca di queste spiegazioni sistematiche non manca mai in maniera totale in nessuna delle discipline scientifiche riconosciute. Comprendere i requisiti e la struttura delle spiegazioni scientifiche significa perciò comprendere una caratteristica comune a tutte le opere scientifiche. Il capitolo presente cerca di preparare il terreno per tale comprensione, annotando in via preliminare le forme palesemente diverse di spiegazioni che si incontrano nelle varie scienze.

I. Esempi di spiegazione scientifica

Le spiegazioni sono risposte alla domanda 'perché?' Tuttavia, è sufficiente una breve riflessione per rilevare che la parola 'perché' non è priva di ambiguità, e che, in contesti diversi, diversi tipi di risposte costituiscono risposte significanti. Il breve elenco che segue contiene esempi dell'uso del termine 'perché', alcuni dei quali impongono certe restrizioni distintive circa le risposte ammissibili alle domande poste per mezzo di tale termine.

1. Perché la somma di qualsiasi numero di interi dispari consecutivi a iniziare da 1 è sempre un quadrato perfetto (per esempio, $1 + 3 +$

+ 5 + 7 = 16 = 4²)? Qui il fatto da spiegarsi (chiamato *explicandum*) sembra poter pretendere alla etichetta, familiare se pur non trasparentemente chiara, di "verità necessaria", nel senso che il negarla è autocontraddittorio. Una risposta significativa alla domanda è perciò una dimostrazione che stabilisce non soltanto la "verità necessaria", ma anche la necessarietà dell'*explicandum*. Ciò sarà compiuto dalla spiegazione se i passi della dimostrazione soddisferanno i requisiti formali della prova logica, e se, inoltre, le premesse della dimostrazione saranno esse stesse necessarie in qualche senso. Presumibilmente, tali premesse saranno postulati dell'aritmetica; e il loro carattere di necessità sarà assicurato se, per esempio, esse potranno esser spiegate come vere in virtù dei significati associati alle espressioni che compaiono nella formulazione.

2. Perché ieri si è formata dell'umidità sulla superficie esterna del bicchiere quando lo si è riempito di acqua ghiaccia? Qui il fatto da spiegarsi è il verificarsi di un singolo evento. La sua spiegazione, per sommi capi, può essere di questo tipo: la temperatura del bicchiere dopo che lo si è riempito di acqua ghiaccia era considerevolmente più bassa della temperatura dell'aria ambiente; l'aria conteneva vapor acqueo; e il vapor acqueo si condensa generalmente in liquido ogniqualvolta l'aria venga a contatto con una superficie sufficientemente fredda. In questo esempio, come in quello precedente, lo schema formale della spiegazione sembra essere quello della deduzione. Di fatto, se le premesse della spiegazione fossero formulate più completamente e con maggior precisione, la forma deduttiva sarebbe inconfondibile. Ma in questo caso l'*explicandum* non è una verità necessaria, né lo sono, rispetto ad esso, le premesse della spiegazione; al contrario, esse sono affermazioni che risultano basate presumibilmente su prove osservative o sperimentali in materia.

3. Perché c'è stata una percentuale minore di suicidi tra i cattolici che tra i protestanti nei paesi europei nell'ultimo quarto del XIX secolo? Una risposta ben nota è che le istituzioni sotto cui vivevano i cattolici creavano un grado maggiore di "coesione sociale" di quello creato dalle organizzazioni sociali dei protestanti, e che in generale l'esistenza di legami sociali più stretti fra membri di una comunità contribuisce a sostenere gli esseri umani nei periodi di crisi personali. In questo caso l'*explicandum* è un fenomeno storico descritto statisticamente, invece di un evento singolo come nel caso precedente; e perciò la spiegazione proposta non cerca di rendere conto del caso individuale di suicidio nel periodo in esame. Di fatto, benché le premesse esplicative non siano stabilite né con precisione né con completezza, è chiaro che alcune di esse sono a contenuto statistico, precisamente come l'*explicandum*. Ma, dato che le premesse non sono formulate in modo comple-

to, non è del tutto chiaro quale sia la struttura logica della spiegazione. Possiamo tuttavia supporre che le premesse implicite si possano esplicitare e che, inoltre, la spiegazione riveli allora uno schema deduttivo.

4. Perché il ghiaccio galleggia sull'acqua? In questo caso l'*explicandum* non è un fatto storico, singolo o statistico, ma una legge universale che asserisce un'associazione immutabile di certi tratti fisici. Generalmente si spiega il fatto mostrandolo come la conseguenza logica di altre leggi — la legge che la densità del ghiaccio è minore di quella dell'acqua, la legge di Archimede per cui un fluido spinge verso l'alto un corpo immerso in esso con una forza uguale al peso del fluido spostato dal corpo, e altre leggi relative alle condizioni di equilibrio dei corpi soggetti a forze. È degno di nota il fatto che, contrariamente a quanto accadeva nei due esempi immediatamente precedenti, le premesse esplicative sono affermazioni di leggi universali.

5. Perché l'aggiunta di sale all'acqua ne abbassa il punto di congelamento? L'*explicandum* in questo caso è ancora una legge, per cui da questo punto di vista questo esempio non differisce dal precedente. Inoltre, la sua spiegazione corrente consiste nel dedurre tale legge dai principi della termodinamica combinati con determinate ipotesi sulla composizione dei miscugli eterogenei; e di conseguenza questo esempio concorda col precedente anche rispetto allo schema formale della spiegazione. Ciononostante si è incluso questo esempio per potersi riferire più avanti, e ciò perché le premesse esplicative offrono certe caratteristiche *prima facie* distintive, aventi un considerevole interesse metodologico. Infatti i principi della termodinamica, inclusi tra le premesse esplicative di questo esempio, sono ipotesi che abbracciano un campo molto più vasto di quello abbracciato da qualsiasi delle leggi degli esempi precedenti. A differenza di queste ultime, le ipotesi in questione fanno uso di nozioni "teoriche" come quelle di energia e di entropia, che non appaiono associate a nessuna procedura sperimentale esplicitamente fissata per identificare o misurare le proprietà fisiche presumibilmente rappresentate da tali nozioni. Ipotesi di questo genere sono spesso chiamate "teorie" e talvolta nettamente distinte dalle "leggi sperimentali". Tuttavia, dobbiamo rimandare la discussione sull'opportunità di tale distinzione, e in caso affermativo sulla sua importanza. Per il momento, il presente esempio registra semplicemente una specie chiaramente distinta di spiegazione deduttiva nella scienza.

6. Perché nella discendenza di piselli ibridi, ottenuta incrociando genitori lisci e rugosi, circa i 3/4 dei piselli sono sempre lisci mentre quelli del rimanente quarto sono rugosi? L'*explicandum* è corrente-

mente spiegato deducendolo dai principi generali della teoria mendeliana dell'ereditarietà, in combinazione con alcune ulteriori assunzioni sulla costituzione genetica dei piselli. È evidente che qui il fatto spiegato consiste in una regolarità statistica, e non in un'associazione invariabile di attributi, ed è formulato come frequenza relativa di un certo tratto caratteristico in una certa popolazione di elementi. Inoltre, come diventa evidente quando si stabiliscono con esattezza le premesse esplicative, anche alcune delle premesse hanno un contenuto statistico, in quanto formulano la probabilità (nel senso di una frequenza relativa) con cui i piselli genitori trasmettono alla loro discendenza i determinanti di dati tratti genetici. Questo esempio è simile al precedente per il fatto che illustra uno schema deduttivo di spiegazione contenente ipotesi teoriche tra le premesse; differisce invece da ogni esempio precedente, per il fatto che tanto l'explicandum quanto alcune delle premesse sono manifestamente leggi statistiche, che affermano regolarità statistiche anziché invariabili.

7. Perché Cassio tramò la morte di Cesare? Il fatto da spiegarsi è di nuovo un singolo avvenimento. Se dobbiamo credere a Plutarco, la spiegazione va trovata nell'odio innato di Cassio contro i tiranni. Tuttavia, questa risposta è evidentemente incompleta senza un certo numero di ulteriori assunzioni generali, come quella sul modo in cui l'odio viene manifestato in una data civiltà da persone di un certo rango sociale. È tuttavia improbabile che tali assunzioni, per essere credibili, possano venir asserite in un senso rigorosamente universale. Perché l'assunzione risulti in accordo con i fatti noti, essa potrà, nella migliore delle ipotesi, essere una generalizzazione statistica. Per esempio, una generalizzazione credibile asserirà che la maggior parte degli uomini (o una certa percentuale di uomini) di un certo genere in un certo tipo di società si comporterà in un certo modo. Di conseguenza, poiché in questo esempio il fatto da spiegarsi è un singolo avvenimento storico, mentre l'assunzione esplicativa cruciale è sotto forma statistica, l'explicandum non è una conseguenza deduttiva delle premesse esplicative. Al contrario, l'explicandum in questo caso è semplicemente reso "probabile" da queste ultime. Questa è una caratteristica distintiva del presente esempio, che lo colloca in una categoria a parte rispetto ai precedenti, dai quali inoltre esso differisce anche per la importante circostanza che le sue premesse esplicative fanno menzione di una disposizione psicologica (cioè uno stato o un modo di essere emozionale) come di una delle molle dell'azione. E se la domanda 'perché?' è sollevata con lo scopo di ottenere una risposta in termini di disposizioni psicologiche, la domanda stessa è significativa solo se vi è qualche seria garanzia per supporre che tali disposizioni effettivamente si presentino nell'argomento in considerazione.

8. Perché Enrico VIII di Inghilterra cercò di annullare il suo matrimonio con Caterina di Aragona? Una comune spiegazione per questo avvenimento storico consiste nell'attribuire ad Enrico uno scopo coscientemente perseguito piuttosto che una disposizione psicologica, come era invece il caso dell'esempio precedente. Così gli storici spesso spiegano gli sforzi di Enrico per annullare il suo matrimonio con Caterina citando il fatto che, non avendogli dato figli, egli desiderava risposarsi per avere un erede maschio. Senza dubbio Enrico aveva molte disposizioni psicologiche che possono essere state parzialmente responsabili del suo comportamento verso Caterina. Tuttavia, nella spiegazione quale l'abbiamo or ora formulata, tali "molle d'azione" psicologiche non compaiono, e i suoi sforzi per ottenere l'annullamento vengono spiegati come mezzi deliberatamente adottati per realizzare uno scopo consapevole (ovvero un fine-in-vista). Quindi la differenza tra questo esempio e il precedente sta nella distinzione tra una disposizione psicologica o molla di azione (di cui un individuo può non essere consapevole anche se essa controlla le sue azioni) e un fine coscientemente perseguito (per il quale un individuo può adottare certi mezzi). Questa distinzione viene correntemente riconosciuta. Il comportamento di un uomo viene talvolta spiegato in termini di moventi all'azione, appunto quando egli non abbia per quel comportamento un corrispondente fine. Invece, per una certa classe di azioni umane, non viene considerata soddisfacente una spiegazione che non si riferisca a qualche scopo consapevole per la realizzazione del quale tali azioni vengono compiute. Di conseguenza, in certi contesti un requisito per la intelligibilità di domande introdotte da 'perché?' è che in essi si possano asserire degli obiettivi esplicitamente perseguiti.

9. Perché gli esseri umani hanno i polmoni? La domanda posta così è ambigua, perché può venir interpretata sia come rivolta a sollevare un problema di evoluzione storica della specie umana, sia come rivolta a chieder conto della funzione dei polmoni nel corpo umano al suo attuale stadio di sviluppo evolutivo. È in quest'ultimo senso che la domanda viene intesa qui. In tal caso, la risposta abituale fornita dalla fisiologia corrente richiama l'attenzione sulla indispensabilità dell'ossigeno per la combustione delle sostanze alimentari del corpo, e sulla funzione strumentale dei polmoni per il passaggio di ossigeno dall'aria al sangue e di lì alle varie cellule dell'organismo. Quindi la spiegazione descrive il funzionamento dei polmoni come essenziale per il mantenimento di certe attività biologiche e mostra così una forma *prima facie* distintiva; essa non menziona esplicitamente le condizioni in cui si verificano i complessi eventi chiamati "il funzionamento dei polmoni", ma piuttosto stabilisce in qual modo i polmoni, in qualità di parte specificatamente organizzata del corpo umano, contribuiscono alla continuità di alcune tra le altre attività del corpo.

10. Perché la lingua inglese nella sua forma corrente ha tante parole di origine latina? Il fatto storico di cui qui si richiede la spiegazione è una serie complessa di costumi linguistici, manifestati da uomini in varie parti del mondo durante un periodo storico delimitato piuttosto imprecisamente. È anche importante notare che la domanda 'perché?' in questo esempio, a differenza che nei precedenti, chiede tacitamente conto di come un certo sistema si sia sviluppato nella sua forma corrente da uno stadio precedente. Per il sistema in considerazione, tuttavia, non siamo in possesso di "leggi dinamiche di sviluppo" generali, come ve ne sono in fisica, per esempio, per lo sviluppo di una massa gassosa rotante. Una spiegazione accettabile del fatto storico in questione dovrà perciò menzionare variazioni consecutive per un certo periodo di tempo, e non semplicemente una serie di avvenimenti in un qualche tempo antecedente iniziale. Infatti, la spiegazione abituale per questo fatto comprende il riferimento alla conquista normanna dell'Inghilterra, al linguaggio usato dai vincitori e dai vinti prima della conquista, e ai suoi sviluppi in Inghilterra e altrove dopo la conquista. Inoltre, la spiegazione comprende un certo numero di generalizzazioni più o meno vaghe (non sempre stabilite esplicitamente, e, per alcune di esse, indubbiamente a contenuto statistico) sul modo in cui i costumi linguistici di comunità linguisticamente differenti si alterano quando tali comunità entrano in date relazioni reciproche. In breve, la spiegazione richiesta nell'esempio presente è di tipo genetico, con struttura palesemente più complessa di quella delle spiegazioni esemplificate sopra. Non si deve attribuire tale complessità al fatto che qui l'explicandum è un fatto di comportamento umano; ed invero una complessità simile si trova pure in una spiegazione genetica del fatto che il contenuto salino degli oceani attualmente è circa il 3% del volume.

II. Quattro tipi di spiegazioni

L'elenco precedente non esaurisce i tipi di risposte che possono venir chiamate "spiegazioni". È comunque abbastanza lungo perché si possa stabilire il seguente punto di notevole importanza: neppure le risposte alla limitata classe di domande, introdotte dal termine, 'perché?', appartengono allo stesso genere. L'elenco infatti suggerisce chiaramente che le spiegazioni offerte dalle varie scienze in risposta a tali domande possono differire nel modo in cui le ipotesi esplicative sono correlate ai loro explicanda, così che le spiegazioni stesse cadono entro schemi logici distinti.

Seguendo tale suggerimento, caratterizzeremo quelli che appaiono essere i tipi distinti di spiegazioni in cui si possono classificare gli esempi dell'elenco precedente. Né a questo punto ci occuperemo della questione se quelli che sembrano essere schemi logici di spiegazione

diversi siano in realtà solo varianti imperfettamente formulate o casi limiti di qualche schema comune. Per il momento, ad ogni modo, identifichiamo quattro schemi di spiegazione principali e visibilmente distinti.

1. *Il modello deduttivo.* — Un tipo di spiegazione che si incontra comunemente nelle scienze naturali, benché non esclusivamente in esse, ha la struttura formale di un argomento deduttivo, in cui l'explicandum è una conseguenza logicamente necessaria delle premesse esplicative. Infatti, nelle spiegazioni di questo tipo le premesse stabiliscono una condizione sufficiente (e talora, ma non sempre, necessaria) per la verità dell'explicandum. Questo tipo è stato ampiamente studiato fin dall'antichità; esso è stato considerato come il paradigma di ogni spiegazione "genuina", e spesso è stato adottato come forma ideale a cui far tendere tutti gli sforzi diretti a una spiegazione.

I primi sei esempi nell'elenco precedente sono, come si scorge a prima vista, illustrazioni di questo tipo. Vi sono tuttavia tra loro delle differenze significative che val la pena di rilevare. Nel primo esempio, tanto l'explicandum quanto le premesse sono verità necessarie. Tuttavia, benché questo sia un punto da discutere ulteriormente, pochi — se non nessuno — tra i cultori della scienza sperimentale pensano, oggi, si possa dimostrare che i loro explicanda sono intrinsecamente necessari. Ed infatti, proprio perché le proposizioni, tanto singolari quanto generali, investigate dalle scienze empiriche possono venir negate senza cadere in un assurdo logico, è necessario sostenerle mediante prove osservative. Del pari, la giustificazione della tesi della necessità di talune proposizioni, come pure la spiegazione del perché tali proposizioni siano necessarie, compete a discipline formali come la logica e la matematica, e non alla ricerca sperimentale.

Negli esempi secondo e terzo, l'explicandum è un fatto storico. Nel secondo però si tratta di un evento individuale, mentre nel terzo si tratta di un fenomeno statistico. In entrambi gli esempi le premesse contengono almeno un'assunzione avente la struttura di legge, cioè generale quanto alla forma, e almeno un'asserzione singolare (sia essa individuale o statistica). Invece, la spiegazione dei fenomeni statistici è contraddistinta dalla presenza di una generalizzazione statistica nelle premesse.

Negli esempi quarto, quinto e sesto l'explicandum è una legge — nei casi quarto e quinto un'asserzione strettamente universale circa una associazione invariabile di certi tratti, nel sesto caso una legge statistica. Nel quarto esempio però la legge viene spiegata deducendola da assunzioni ciascuna delle quali è un "legge sperimentale" nel senso già brevemente indicato; negli esempi quinto e sesto, invece, le premesse esplicative includono affermazioni cosiddette "teoriche"; nel sesto, in

cui l'explicandum è una legge statistica, la teoria esplicativa stessa contiene assunzioni di forma statistica.

Le differenze ora notate tra spiegazioni conformi al modello deduttivo sono state descritte solo in modo schematico; in seguito ne renderemo conto in modo più completo. Inoltre, i requisiti puramente formali che devono essere presenti nelle spiegazioni deduttive non esauriscono la totalità delle condizioni che spesso ci si attende siano possedute da spiegazioni soddisfacenti del tipo in questione; sarà necessaria una discussione su varie condizioni ulteriori. In particolare, benché si sia brevemente accennato all'importante ruolo delle leggi generali nelle spiegazioni deduttive, rimane la questione dibattutissima se le leggi possono venir caratterizzate semplicemente come asserzioni universali presumibilmente vere, oppure se un'asserzione universale, per funzionare come premessa in una spiegazione soddisfacente, debba in più possedere un tipo distintivo di struttura relazionale. Inoltre mentre si è menzionato il fatto che la scienza, mediante l'uso delle cosiddette assunzioni "teoriche", raggiunge sistemi di spiegazione altamente integrati ed estesi, sarà necessario indagare più profondamente quali siano i tratti che distinguono le teorie dalle altre leggi, quali siano le caratteristiche che le rendono capaci di spiegare in maniera sistematica una ampia varietà di fatti, e quale *status* conoscitivo possa venir loro assegnato.

2. *Spiegazioni probabilistiche.* — Molte spiegazioni, praticamente in tutte le discipline scientifiche, non posseggono a prima vista una forma deduttiva, in quanto le loro premesse esplicative non implicano formalmente i loro explicanda. Purtuttavia, benché le premesse siano logicamente insufficienti ad assicurare la verità dell'explicandum, si dice che esse lo rendono "probabile".

Generalmente si incontrano spiegazioni probabilistiche quando le premesse esplicative contengono un'assunzione statistica concernente qualche classe di elementi, mentre l'explicandum è un'asserzione singola che riguarda un dato membro individuale di quella classe. Questo tipo di spiegazione è illustrato dagli esempi settimo e decimo dell'elenco precedente, ma più chiaramente dal settimo. Quando si formuli questo ultimo un po' più esplicitamente, esso suona così: nell'antica Roma era alta (per esempio, maggiore di 1/2) la frequenza relativa (o probabilità) che un individuo, appartenente agli strati superiori della società e in preda ad un grande odio per la tirannia, tramasse la morte di uomini che fossero nella possibilità di procacciarsi un potere tirannico. Cassio era un romano in tali condizioni e Cesare era un tale tiranno potenziale. Quindi, benché non ne segua che Cassio abbia tramato la morte di Cesare, ciò è altamente probabile.

Alcune osservazioni sono qui opportune. Talora si sostiene che le spiegazioni probabilistiche sono solo tappe intermedie sulla stra-

da dell'ideale deduttivo, e che quindi non costituiscono un tipo distinto. Tutto quanto occorre fare, così viene suggerito, è di sostituire le assunzioni statistiche nelle premesse delle spiegazioni probabilistiche con un'asserzione rigorosamente universale — per esempio, nel caso di cui sopra, con un'asserzione che stabilisca un'associazione invariabile tra certi tratti psicosociologici delimitati con precisione (e che Cassio presumibilmente possedeva) e la partecipazione a congiure di assassinio. Ma, benché tale suggerimento non sia privo di merito e possa costituire un buono stimolo per un'ulteriore indagine, di fatto è estremamente difficile in molti argomenti asserire, con plausibilità sia pure moderata, leggi rigorosamente universali che non siano banali e quindi oziose. Spesso, il meglio che si possa stabilire con una certa garanzia è una regolarità statistica. Di conseguenza non si possono ignorare le spiegazioni probabilistiche senza escludere dalla discussione della logica della spiegazione, importanti zone di indagine.

È essenziale non confondere il problema, se le premesse di una spiegazione sono note come vere, con quello, se una spiegazione sia di tipo probabilistico. Può darsi benissimo che in nessuna spiegazione scientifica le ipotesi generali contenute nelle premesse siano note come vere, e che ognuna di tale ipotesi possa venir dichiarata solo come "probabile". Tuttavia, anche in questo caso, non viene abolita la distinzione tra tipo deduttivo e tipo probabilistico di spiegazione, perché tale distinzione si basa su palesi differenze circa il modo in cui sono in relazione reciproca le premesse e gli explicanda, e non già su supposte differenze circa la nostra conoscenza delle premesse.

Si noterà infine che è tuttora una questione non definita se per essere probabilistica una spiegazione debba contenere un'assunzione statistica, oppure se da premesse non statistiche possa derivare un explicandum che, in un senso non statistico della parola, sia "probabile". Gli studiosi dell'argomento non sono d'accordo neppure sul modo in cui vada analizzata la relazione tra premesse e explicanda anche in quelle spiegazioni probabilistiche in cui le premesse sono statistiche e gli explicanda sono asserzioni che riguardano casi individuali. Su ciò torneremo in seguito.

3. *Spiegazioni funzionali o teleologiche.* — In molti contesti di ricerca — specialmente, ma non esclusivamente, in biologia e nello studio delle cose umane — le spiegazioni prendono la forma di indicazioni di una o più funzioni (od anche disfunzioni) svolte da una unità nel mantenere o nel realizzare certi tratti di un sistema a cui essa appartiene, oppure stabiliscono il ruolo strumentale svolto da un'azione nel conseguimento di qualche scopo. Tali spiegazioni sono comunemente chiamate "funzionali" o "teleologiche". È caratteristico delle spiegazioni funzionali l'impiego di locuzioni tipiche, come "al fine di", "con lo scopo di", e simili. Inoltre, in molte spiegazioni funzionali

vi è un riferimento esplicito a qualche stato o evento ancora a venire, in termini del quale sono resi intelligibili l'esistenza di una cosa o il verificarsi di un atto.

È implicito in quanto si è detto che si possono distinguere due sottocasi di spiegazione funzionale. Si può cercare una spiegazione funzionale per una cosa, stato o atto particolari verificantisi ad un dato tempo. Questo caso è illustrato dall'esempio ottavo nell'elenco precedente. Oppure, si può dare una spiegazione funzionale per una caratteristica che è presente in tutti i sistemi di un certo tipo, in qualsiasi tempo essi esistano. Questo caso è illustrato dall'esempio nono. Entrambi gli esempi mostrano le caratteristiche delle spiegazioni funzionali. Così, gli sforzi di Enrico VIII per annullare il suo primo matrimonio sono spiegati dall'indicazione che essi furono intrapresi allo scopo di avere in futuro un erede maschio; e l'esistenza dei polmoni nel corpo umano è spiegata mostrando che essi operano in una determinata maniera allo scopo di mantenere un certo processo chimico e in tal modo assicurare la continuità della vita del corpo nel futuro.

Quale sia la dettagliata struttura delle spiegazioni funzionali, quale sia il loro rapporto con quelle non teleologiche e perché le spiegazioni teleologiche siano più frequenti in certi campi di indagine e rare in altri, sono tutte questioni che rinviando ad una discussione più avanti. Tuttavia, è necessario accennare immediatamente a due equivoci comuni riguardo alle spiegazioni teleologiche.

È supposizione errata quella che le spiegazioni teleologiche siano intelligibili solo se le cose e le attività spiegate da esse sono agenti consapevoli o i prodotti di tali agenti. Così, nella spiegazione funzionale dei polmoni, non si fa nessuna supposizione, esplicita o implicita, sul fatto che i polmoni abbiano uno scopo consapevole in vista, e siano stati progettati da un qualche agente per uno scopo definito. In breve, l'esistenza in biologia e altrove di spiegazioni teleologiche non è necessariamente un segno di antropomorfismo. D'altra parte, alcune spiegazioni teleologiche suppongono apertamente l'esistenza di deliberati piani e di scopi consapevoli; ma tale supposizione non è illegittima quando, come nel caso delle spiegazioni teleologiche di certi aspetti del comportamento umano, viene garantita dai fatti.

È anche erroneo supporre che, per il fatto che le spiegazioni teleologiche contengono riferimenti al futuro nel rendere conto di ciò che già esiste, esse debbano tacitamente assumere che il futuro agisca causalmente sul presente. Così, nel rendere conto degli sforzi di Enrico VIII per ottenere l'annullamento del suo matrimonio, non si suppone che lo stato futuro e non ancora realizzato di possedere un erede maschio abbia fatto sì che egli abbia intrapreso certe azioni. Al contrario, la spiegazione del comportamento di Enrico VIII è completamente compatibile col punto di vista secondo cui i desideri in lui presenti per un certo tipo di futuro, e non il futuro stesso, furono cau-

salmente responsabili della sua condotta. Similmente, nella spiegazione funzionale dei polmoni dell'uomo non si suppone che sia la futura ossidazione degli alimenti nel corpo ciò che fa esistere i polmoni o li fa agire; e questa spiegazione non si basa sulla negazione che l'attività dei polmoni sia causalmente determinata dalla costituzione esistente del corpo e del suo ambiente. Il dare una spiegazione teleologica non significa perciò necessariamente fornire garanzie alla dottrina che il futuro è un agente della propria realizzazione.

4. *Spiegazioni genetiche.* — Resta da menzionare un altro tipo di spiegazione, benché sia irrisolta la questione se esso costituisca un tipo distinto. Le ricerche storiche spesso si propongono di spiegare perché un dato soggetto di studio abbia certe caratteristiche, col descrivere come il soggetto si sia evoluto da un altro precedente. Tali spiegazioni vengono comunemente chiamate "genetiche"; ne sono state date per cose tanto animate quanto inanimate, tanto per tratti di un individuo quanto per caratteristiche di un gruppo. L'esempio decimo dell'elenco precedente illustra questo tipo.

Il compito delle spiegazioni genetiche consiste nel mostrare la sequenza dei principali eventi attraverso cui un sistema anteriore si è trasformato in uno posteriore. Le premesse esplicative di tali spiegazioni conterranno perciò necessariamente un gran numero di asserzioni singole su eventi passati del sistema in esame. Occorre notare altri due punti circa le premesse esplicative delle spiegazioni genetiche. Il primo è quello ovvio che non verranno menzionati tutti gli eventi passati nello sviluppo del sistema. Il secondo è quello che gli eventi menzionati sono scelti sulla base di assunzioni (spesso tacite) circa la specie di eventi che sono causalmente rilevanti per lo sviluppo del sistema. Quindi, oltre alle asserzioni singole, le premesse includeranno (esplicitamente o implicitamente) delle assunzioni generali circa le dipendenze causali delle varie specie di eventi.

Tali assunzioni generali possono essere leggi di sviluppo ben precise, per le quali sono ottenibili prove induttive indipendenti. (Questo può verificarsi quando il sistema allo studio può essere considerato, per gli scopi preposti come membro di una classe di sistemi simili che subiscono una simile evoluzione — per esempio, nello studio dello sviluppo dei tratti biologici di un membro individuale di qualche specie, perché in tal caso è spesso possibile impiegare metodi di analisi comparata per stabilire tali leggi di sviluppo.) In altri casi, le assunzioni generali possono essere soltanto vaghe generalizzazioni, magari a contenuto statistico, e non contenere alcun riferimento a qualcuna delle caratteristiche altamente specifiche dell'argomento allo studio. (Ciò accade spesso quando il sistema esaminato è relativamente unico — per esempio, quando si indaghi intorno allo sviluppo di qualche istituzione di una particolare civiltà.) Tuttavia, in nessun caso le

premesse esplicative negli esempi familiari delle spiegazioni genetiche stabiliscono le condizioni sufficienti per il verificarsi del fatto stabilito nell'explicandum, benché spesso tali premesse stabiliscano alcune delle condizioni che, nelle circostanze generalmente considerate come sicure, sono necessarie per quanto detto sopra. È quindi una conclusione ragionevole quella che le spiegazioni genetiche siano nel complesso probabilistiche. Dobbiamo tuttavia rinviare al seguito ulteriori considerazioni sulla struttura delle spiegazioni genetiche — e più generalmente sulle spiegazioni storiche.

III. Le scienze forniscono effettivamente delle spiegazioni?

Si sono distinti questi quattro tipi principali di spiegazione, perché sembra che essi corrispondano a reali differenze di struttura negli esempi di spiegazione presi in esame, e perché tale classificazione provvede un inquadramento opportuno per l'esame di importanti punti nella costruzione delle spiegazioni sistematiche. Il prossimo capitolo considererà in modo particolare, ma non esclusivo, alcuni dei problemi connessi con le spiegazioni deduttive.

Prima però di chiudere il quadro degli schemi esplicativi tracciato in questo capitolo, occorre commentare brevemente un'obiezione storicamente importante sollevata contro la pretesa che la scienza fornisca effettivamente delle spiegazioni. Secondo tale obiezione, nessuna scienza (e certamente non la fisica) risponde veramente alle domande sul *perché* si verifichi un qualsiasi evento, o perché le cose siano in certe relazioni. A tali domande si risponderebbe soltanto se si potesse mostrare che gli eventi che si verificano *devono* verificarsi e che le relazioni esistenti tra le cose *devono* esistere. Invece, i metodi sperimentali della scienza non possono scoprire alcuna necessità assoluta o logica nei fenomeni che sono gli oggetti ultimi di ogni ricerca empirica; e, anche se le leggi e le teorie della scienza sono vere, non sono niente di più che verità logicamente contingenti intorno alle relazioni di concomitanza o all'ordine di successione dei fenomeni. Di conseguenza, le domande a cui la scienza risponde sono domande relative al *come* (in quale maniera o in quali circostanze) si verificano gli eventi o sono relazionate le cose. Le scienze perciò raggiungono solo, nella migliore delle ipotesi, dei sistemi, precisi e ad ampio raggio, di *descrizione*, non di spiegazione.¹

¹ "L'idea molto comune che sia funzione della scienza naturale spiegare i fenomeni fisici non può venire accettata come vera, a meno di usare la parola 'spiegare' in un senso molto limitato. Non essendo applicabili al mondo dei fenomeni fisici le nozioni di causa efficiente e di necessità logica, la funzione della scienza naturale è di descrivere concettualmente le successioni di eventi che vengono osservati in natura; ma la scienza naturale non può render conto dell'esistenza di tali successioni, e perciò non può spiegare i fenomeni del mondo fisico, nel senso più stretto in cui si può usare il termine spie-

Questo argomento solleva più questioni di quante se ne possano discutere con profitto a questo punto; in particolare, meriterebbe più attenzione di quanta si possa ora dargliene la questione se le leggi e le teorie siano semplicemente formulazioni di relazioni di concomitanza e di successione tra fenomeni. Ma anche mantenendo tale concezione delle leggi e delle teorie, è evidente che l'argomento poggia in una certa misura su una questione verbale. Infatti esso suppone che vi sia un solo senso corretto in cui si possano sollevare le domande 'perché?' — e cioè, il senso in cui la risposta corretta alla domanda è una prova della necessità inerente della proposizione. Questa è però una supposizione errata, come è ampiamente testimoniato dall'elenco precedente di esempi. Quindi una risposta sufficiente all'argomento, quando esso sia presentato come sorretto da tale supposizione, è che di fatto esistono usi ben stabiliti per le parole 'perché?' e 'spiegazione', tali che è del tutto corretto designare una risposta a una domanda 'perché?' come spiegazione, anche quando la risposta non fornisce ragioni per considerare l'explicandum come intrinsecamente necessario. E succede infatti che anche scrittori che ufficialmente respingono la tesi che la scienza possa mai spiegare alcunché, cadono talvolta in un linguaggio che descrive certe scoperte scientifiche come "spiegazioni".²

Fin quando l'argomento riposa esclusivamente su assunzioni intorno all'uso linguistico, esso non è né importante né interessante. In realtà però esso ha maggiore sostanza. Esso esprime un'obiezione che era diretta in origine contro vari bersagli. Uno di questi era il sopravvivere nella fisica e nella biologia di antropomorfismi, alcuni dei quali annidati nei significati che normalmente si associano perfino a nozioni tecniche come forza ed energia, altri invece manifesti nell'uso acritico delle categorie teleologiche. Sotto questo aspetto, l'obiezione era una richiesta di chiarimento intellettuale, e ha agito come stimolo di un programma di accurata analisi delle idee scientifiche, programma che rimane tuttora attivo. Un secondo bersaglio dell'obiezione era costituito da una particolare concezione della scienza, una volta ampiamente diffusa e che continua oggi a riscuotere sotto varie forme adesioni non prive di importanza. Secondo tale concezione, sarebbe compito della scienza spiegare i fenomeni sulla base di leggi di natura che codificano un ordine necessario delle cose, e perciò sono vere in modo più che contingente. L'obiezione è così una negazione della pretesa

gazione. Così la scienza naturale descrive, fin dove può, *come* i fenomeni si verificano, e secondo quali regole, ma è del tutto incompetente a rispondere alla domanda *perché* si verifichino" (E. W. HOBSON, *The Domain of Natural Science*, London, 1923, pp. 81-82).

² Per esempio, Mach descrive l'analisi galileiana dell'equilibrio del piano inclinato in termini del principio della leva, come una spiegazione di tale equilibrio. (E. MACH, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Leipzig, 1883, c. I, sez. 1^a; trad. it. a cura di D. Gambioli, 1909.)

che le leggi di natura possiedano più che una universalità *de facto*, negazione che coincide con una delle principali conclusioni dell'analisi della causalità fatta da Hume. Il reale contenuto di questo argomento non è certamente una banale questione circa un uso linguistico, bensì una questione sostanziale circa l'adeguatezza di un punto di vista sulla legge scientifica essenzialmente conforme a quello di Hume. Di ciò ci occuperemo al capitolo quarto.

Lo schema deduttivo di spiegazione

Da quando Aristotele ha analizzato la struttura di quello che egli reputava essere l'ideale della scienza, è stato ampiamente accolto il punto di vista secondo cui le spiegazioni scientifiche debbono sempre esser poste in forma di deduzioni logiche. Benché si possa mettere in discussione l'universalità dello schema deduttivo, anche quando lo si proietti come un ideale, difficilmente si può mettere in dubbio il fatto che molte spiegazioni scientifiche — e per certo i sistemi di spiegazione più ampi e importanti — hanno tale forma. Inoltre, molte spiegazioni che non la raggiungono in maniera manifesta, possono esservi riportate esplicitando le ipotesi sottintese nelle spiegazioni; né tali casi vanno considerati come eccezioni al modello deduttivo, bensì come illustrazioni dell'uso frequente di argomenti entimematici.¹

Dobbiamo tuttavia chiederci se, oltre al requisito essenziale per definizione, secondo cui nei tipi deduttivi di spiegazione l'explicandum segue logicamente dalle premesse esplicative, sussistano altre condizioni cui debbano sottostare le spiegazioni di questo tipo onde essere soddisfacenti. È infatti evidente che non basta che una spiegazione proposta abbia struttura deduttiva perché sia accettabile. Per esempio, nessuno considererà soddisfacente che per spiegare il fatto che Giove ha almeno un satellite si proponga di riferirsi all'altro fatto, che Giove ha otto lune — anche se la prima asserzione consegue logicamente dalla seconda. Le discussioni intorno a questa questione risalgono agli antichi greci; sono state suggerite condizioni aggiuntive in gran quantità. Tali condizioni possono venir raggruppate per convenienza in tre tipi: *logiche*, che specificano vari requisiti formali per le premesse esplicative; *epistemologiche*, che stabiliscono quali relazioni conoscitive si debbano avere

¹ Per esempio, la dilatazione di un pezzo di filo metallico in un certo caso può venir spiegata facendo ricorso al fatto che esso era appena stato scaldato; è evidente che l'explicandum non segue logicamente dalla premessa esplicativa nella forma in cui è stata formulata. Tuttavia è plausibile considerare che la spiegazione proposta assuma tacitamente altre premesse — per esempio quella che il filo metallico fosse di rame e che il rame quando viene riscaldato si dilati sempre; con l'esplicitazione di tali assunzioni addizionali, la spiegazione è conforme al modello deduttivo.

con le premesse; e di *sostanza*, che prescrivono quale tipo di contenuto (empirico od altro) debbano avere le premesse. Risulterà chiaro in seguito il significato di tali definizioni. Sarebbe difficile e richiederebbe interminabili ripetizioni il discutere separatamente intorno a ciascun tipo di condizione, per cui non verrà neanche tentata una tale analisi rigidamente suddivisa. Tuttavia in questo capitolo si prenderà in considerazione la maggior parte delle condizioni logiche che richiedono di venir esaminate.

I. Spiegazione di eventi singoli

Cominciamo con un esempio di spiegazione deduttiva in cui l'explicandum sia il verificarsi di un evento singolo. Consideriamo la descrizione, menzionata nel capitolo precedente, dell'umidità formata sulla superficie di un bicchiere in un certo giorno. La spiegazione, formulata in modo più preciso di prima, benché più pedante, può venir enunciata come segue:

Ogniqualevolta la temperatura di qualsiasi volume d'aria contenente vapor acqueo viene portata al di sotto del punto in cui la densità del vapor acqueo nell'aria è maggiore della densità di saturazione del vapor acqueo nell'aria a quella temperatura, il vapore contenuto nel volume d'aria considerato si condensa in acqua liquida in quei punti in cui la temperatura dell'aria è discesa sotto al punto di saturazione.

Il volume di aria che ieri circondava il bicchiere conteneva vapor acqueo.

La temperatura dello strato d'aria immediatamente adiacente al bicchiere si è abbassata quando è stata versata acqua ghiacciata nel bicchiere.

La densità effettiva del vapore in questo strato di aria, quando la sua temperatura si è abbassata, era pertanto maggiore della densità di saturazione alla nuova temperatura.

Di conseguenza il vapore in questo strato adiacente di aria si è condensato sulla superficie del bicchiere sotto forma di acqua liquida: in breve, sul bicchiere si è formata dell'umidità.

Il primo punto da osservarsi in questo esempio è che le premesse contengono un'asserzione che è universale dal punto di vista formale e che afferma una connessione invariabile di certe proprietà. In altri esempi nelle premesse vi possono essere più di una di tali leggi universali.² Se

² Di fatto, anche nell'esempio presente vi sono altre leggi tacitamente ammesse. Una di esse è che l'aria ha una ben determinata densità di saturazione per ogni temperatura. Altre leggi che facilmente sfuggono all'osservazione a causa della loro familiarità si nascondono nella caratterizzazione di varie cose come acqua, bicchiere, ecc. Queste leggi effettivamente affermano che vi sono tipi distinti di sostanze, ognuna delle quali offre certi concatenamenti fissi di tratti e di modi di comportamento. Per esempio, l'asserzione che alcunché è acqua afferma implicitamente che sono associate uniformemente tra loro certe proprietà (un certo stato di aggregazione, un certo colore, un certo punto di congelamento e di ebollizione, certe affinità ad entrare in reazione chimica con al-

ora generalizziamo partendo da questo esempio, appare manifesto che almeno una delle premesse in una spiegazione deduttiva di un singolo explicandum deve essere una legge universale, e per di più una premessa che non rivesta una parte secondaria, ma essenziale nella derivazione dell'explicandum.³ È evidente che il porre questa condizione è sufficiente per escludere come caso di genuina spiegazione la deduzione sopra menzionata del fatto che Giove ha almeno un satellite dal fatto che il pianeta ne ha otto.

Ma oltre ad una legge universale, le premesse di cui sopra contengono anche un certo numero di asserzioni singole, o riguardanti il caso particolare, le quali affermano che certi eventi si sono verificati in determinati tempi e luoghi o che certi oggetti hanno determinate proprietà. Tali asserzioni singole verranno denominate "asserzioni di condizioni iniziali" (o più brevemente "condizioni iniziali"). Più generalmente, le condizioni iniziali costituiscono le circostanze speciali a cui sono applicate le leggi incluse nelle premesse esplicative. Non è tuttavia possibile stabilire in termini generali quali circostanze vadano scelte per fungere appropriatamente da condizioni iniziali, perché la risposta alla questione dipende tanto dal contenuto specifico delle leggi usate quanto dai problemi speciali per la soluzione dei quali si invocano tali leggi.

La indispensabilità di condizioni iniziali per la spiegazione deduttiva

(tre sostanze, ecc.). La scoperta e la classificazione delle specie è uno stadio remoto ma indispensabile nello sviluppo di una conoscenza sistematica; e tutte le scienze, compreso la fisica e la chimica, accettano, come pure continuamente perfezionano e modificano, le distinzioni delle specie inizialmente riconosciute dall'esperienza comune. Di fatto, lo sviluppo di sistemi teorici estesi sembra essere possibile solo dopo una classificazione preliminare delle specie, e la storia della scienza conferma ripetutamente il punto di vista che il prender nota e l'ordinare le varie specie — uno stadio di ricerca spesso definito "storia naturale" — sia un prerequisito per la scoperta di tipi di leggi più comunemente riconosciute e per la costruzione di teorie a lungo raggio. La fisica e la chimica moderne non nacquero se non dopo il compimento di tali classificazioni preliminari delle specie (il cui inizio si è perso nella più primitiva antichità); la botanica e la zoologia tradizionali consistono in gran parte di specificazioni e subordinazioni di specie; ed alcune tra le scienze sociali sono ancora in una fase di tentativi per trovare delle formulazioni utilizzabili e attendibili delle specie degli esseri umani e delle istituzioni sociali. Il riconoscimento di specie diverse va di pari passo con la subordinazione e l'inclusione di una specie in un'altra. Così la chimica distingue non soltanto tra la specie rame e la specie zolfo, ma anche tra metalli e non-metalli, includendo il rame tra i metalli e lo zolfo tra i non-metalli. Analogamente la biologia include la specie tigre e leone nel genere comune felini, questo nell'ordine dei carnivori, di più vasta estensione, i carnivori nella classe dei mammiferi, e così via. Quando si è stabilito un sistema di inclusione tra specie, è possibile spiegare (sia pure in maniera schematica) perché una determinata cosa è membro di una data specie, mostrando che l'individuo è membro di una specie subordinata (per esempio, il micio di casa appartiene ai mammiferi perché è un gatto e i gatti sono mammiferi). Queste spiegazioni sono evidentemente assai lontane dalla sorta di spiegazioni a cui ci ha abituato la moderna scienza teorica; eppure costituiscono i primi passi sulla strada che conduce a quest'ultima.

³ Questa clausola viene introdotta per eliminare delle banali eccezioni. Per esempio, benché l'asserito "Brown è più vecchio di Smith" sia deducibile dalle due premesse "Smith è più giovane di Brown" e "Tutti i mammiferi sono vertebrati", ciò non varrà come spiegazione, anche se le premesse comprendono una legge generale, semplicemente perché la seconda premessa non è richiesta per la deduzione.

del verificarsi di fatti singoli è ovvia quale punto della logica formale. È infatti logicamente impossibile dedurre una asserzione che abbia la forma di caso particolare da un'asserzione avente la forma di un condizionale universale. (Per esempio, è impossibile far derivare un'asserzione particolare della forma ' x è B ' da un condizionale universale della forma 'per ogni x , se x è A , allora x è B '.) Ma benché tale punto possa essere ovvio, esso ha la sua importanza, mentre nelle discussioni sulle procedure scientifiche viene spesso trascurato, il che è almeno parzialmente responsabile della maniera disinvolta con cui talora si ricorre ad ampie generalizzazioni per rendere conto di dettagliate materie di fatto (specialmente nello studio delle cose umane), nonché della scarsa stima che talvolta si riscontra da parte degli osservatori verso laboriose investigazioni di come stiano i fatti. Tuttavia spesso è difficile far un uso concreto di leggi e teorie, semplicemente perché le condizioni iniziali specifiche per la loro applicazione sono inaccessibili e restano pertanto sconosciute. Reciprocamente, spesso vengono proposte spiegazioni errate e previsioni false, perché le ipotesi generali impiegate, benché sufficientemente fondate per se stesse, vengono applicate a situazioni che non costituiscono condizioni iniziali appropriate per tali ipotesi. Benché per le spiegazioni scientifiche del reale corso degli eventi siano indispensabili leggi, di un tipo o di un altro, tuttavia ciò che realmente avviene non può venir spiegato riferendosi esclusivamente alle leggi. Nel corso della comprensione scientifica, così come nello svolgersi delle discussioni legali, i principi generali da soli non determinano nessun caso singolo.

Una spiegazione deduttiva scientifica, il cui explicandum sia il verificarsi di qualche evento o il fatto che un dato oggetto possieda una data proprietà, deve dunque soddisfare due condizioni logiche. Le premesse devono contenere almeno una legge universale, la cui inclusione nelle premesse stesse sia essenziale per la deduzione dell'explicandum; e debbono contenere inoltre un numero convenzionale di condizioni iniziali.⁴

⁴ Benché la spiegazione di un fatto singolo richieda l'inclusione nelle premesse tanto di asserzioni di leggi quanto di asserzioni di condizioni iniziali, la ricerca può essere diversa a seconda che sia diretta verso la scoperta e l'affermazione di uno o dell'altro tipo di premesse. Così, possiamo notare il verificarsi di un evento, indi cercare di spiegarlo scoprendo un qualche altro evento che, sulla base di una legge già stabilita, venga assunto come condizione per il verificarsi dell'evento dato. Per esempio, se una gomma di automobile va a terra, possiamo metterci a cercare una foratura, basandoci sulla supposizione generale che le gomme a terra siano la conseguenza di forature nelle camere d'aria. Possiamo invece notare il verificarsi di due o più eventi, sospettare che siano in relazione in modo significativo e cercare di scoprire le leggi che formulano le modalità specifiche di dipendenza tra eventi di quel carattere. Così può capitarci di osservare che il ritmo delle pulsazioni di una persona cresce dopo che questa si è impegnata in qualche esercizio vigoroso; e, dopo che ci è venuto il sospetto che il ritmo del polso sia in qualche modo legato con l'esercizio fisico, possiamo metterci a cercare la precisa modalità di relazione tra le due attività, in modo da arrivare a una formula generale per la loro relazione di dipendenza. In più, nel tentativo di spiegare qualche evento, possiamo dirigere la ricerca verso la scoperta di entrambi i tipi di premesse esplicative convenienti. Per esempio, può darsi che non conosciamo nessuna legge intorno all'apparire di una certa crescita cancerosa, e possiamo anche essere all'oscuro

II. Spiegazione di leggi

I trattati dedicati all'esposizione sistematica di alcuni rami della scienza organizzata in modo deduttivo non contengono di solito spiegazioni di accadimenti singoli o di fatti particolari; e, quando le contengono, spesso ciò accade solo nell'illustrare applicazioni di leggi e teorie. Nelle scienze fisiche più avanzate, in ogni modo, l'oggetto principale di studio riguarda la spiegazione di leggi e, di conseguenza, la loro sistematica interrelazione.

Tutte le spiegazioni di leggi sembrano essere del tipo deduttivo,⁵ e noi dobbiamo esaminare quali siano le loro caratteristiche particolari. Considereremo per prima la spiegazione delle leggi universali. Anzi, per il momento ignoreremo non solo le leggi statistiche ma anche la distinzione fatta più sopra tra spiegazioni in cui tutte le premesse sono "leggi sperimentali" e spiegazioni in cui le premesse includono ipotesi "teoriche". Riprendiamo perciò l'esempio, di cui si è parlato nel paragrafo precedente, della spiegazione della legge che il ghiaccio galleggia sull'acqua. Sarebbe laborioso, tuttavia, elencare dettagliatamente la deduzione rigorosa di questa legge dalle premesse da cui partono generalmente i fisici per spiegarla. I cenni che già abbiamo dato circa l'identità di queste premesse possono bastare per i nostri scopi.⁶

sugli eventi specifici nel corso dei quali tale crescita si è verificata. Dobbiamo perciò cercare di scoprire tanto le circostanze particolari che dettero inizio al cancro quanto le leggi che stabiliscono il nesso tra tali circostanze e la crescita del cancro.

⁵ Ciò non significa, tuttavia, che le leggi siano sempre stabilite per la sola via deduttiva. È stato rilevato che la maggior parte delle leggi trae la sua garanzia da prove osservative.

⁶ Una prima approssimazione di tale deduzione è la seguente: la spinta che un liquido esercita su un corpo immerso in esso è in direzione perpendicolare alla superficie del liquido, ed è uguale, ma diretta in senso opposto, al peso del liquido spostato dal corpo. [Perciò, la forza che da parte dell'acqua fa galleggiare il ghiaccio immerso in essa è in direzione perpendicolare alla superficie dell'acqua, ed è uguale al peso dell'acqua spostata dal ghiaccio.]

Un corpo è in equilibrio se, e solo se, la somma vettoriale delle forze che agiscono su di esso è zero. [Quindi, il ghiaccio immerso in acqua è in equilibrio se, e solo se, la somma vettoriale delle forze che agiscono sul ghiaccio è zero.]

La somma vettoriale delle forze che agiscono su un corpo immerso in un liquido in una direzione parallela alla superficie del liquido, è zero.

Ogni forza è la somma vettoriale di due forze (chiamate le "componenti" della forza data) le cui direzioni sono tra loro ad angolo retto. [Perciò, il ghiaccio immerso nell'acqua è in equilibrio se, e solo se, la somma vettoriale delle forze che agiscono sul ghiaccio in direzione perpendicolare alla superficie dell'acqua è zero. Perciò, anche se le sole forze che agiscono sul ghiaccio immerso in acqua sono la spinta dell'acqua e la forza-peso del ghiaccio, il ghiaccio immerso in acqua è in equilibrio se, e solo se, la spinta dell'acqua è uguale, ma diretta in senso opposto, al peso totale del ghiaccio.]

La densità dell'acqua è maggiore della densità del ghiaccio. [Perciò, il peso di un dato volume di acqua è maggiore del peso di un ugual volume di ghiaccio.]

Quindi, se le sole forze che agiscono sul ghiaccio immerso in acqua sono la spinta dell'acqua e il proprio peso, il ghiaccio immerso in acqua è in equilibrio se, e solo se, una porzione di ghiaccio non è sommersa, e la spinta dell'acqua è uguale e opposta al peso dell'acqua spostata dalla porzione sommersa di ghiaccio. In breve, il ghiaccio immerso in acqua (e sotto l'azione di nessuna forza oltre a quelle "normali") è in equilibrio se, e solo se, galleggia.

In questa spiegazione tre punti sono immediatamente evidenti; tutte le premesse sono asserzioni universali; vi è piú di una premessa, ciascuna delle quali risulta essenziale per la derivazione dell'explicandum;⁷ e le premesse, prese singolarmente o in congiunzione, non conseguono logicamente dall'explicandum. Il primo punto non richiede commento, essendo logicamente inevitabile, in quanto l'explicandum stesso è una legge universale. Quindi l'introduzione di condizioni iniziali nelle premesse sarebbe gratuita in una spiegazione di leggi universali.

Ma il secondo punto fa sorgere la questione se la presenza di piú di una legge universale nelle premesse sia soltanto una particolarità dell'esempio usato o sia un tratto essenziale per tutte le spiegazioni accettabili. La questione non può venir risolta definitivamente, poiché non vi è un criterio preciso per distinguere tra spiegazioni soddisfacenti e non soddisfacenti. È tuttavia pertinente il chiedersi se la deduzione di una legge universale da una premessa singola verrebbe normalmente considerata come spiegazione della legge stessa. Per fissare le idee, consideriamo la legge di Archimede, la quale dice che la spinta di un liquido su un corpo in esso immerso è uguale al peso del liquido spostato dal corpo. Da ciò segue come caso particolare che la spinta dell'acqua sul ghiaccio immerso in essa è uguale al peso dell'acqua spostata dal ghiaccio.⁸ Sembra però improbabile che i fisici, nella maggioranza, trovino che in tal modo risulti spiegata questa particolare legge; e certamente poche persone "sentirebbero" come una spiegazione questa deduzione della legge particolare. Se si può prendere come tipico questo esempio, e se sono fondate le congetture sulla reazione degli scienziati, sembra essere una condizione logica ragionevolmente esigibile nella spiegazione di leggi quella che le ipotesi esplicative contengano almeno due premesse formalmente indipendenti.

Un'ulteriore considerazione parla in favore di tale richiesta, anche se si tratti di un punto per se stesso di non molto peso. Noi riserviamo spesso la parola "spiegazione" per l'esame di leggi in uno dei due casi seguenti. Nel primo di essi, il "fenomeno" formulato dalla legge compare come risultante di vari fattori indipendenti che entrano in qualche se-

⁷ È sempre possibile ottenere una sola premessa, formando la congiunzione di diverse premesse. Ciò che si intende nel testo è che, se ci fosse solo una singola premessa costituita da una congiunzione, essa equivarrebbe a una classe di premesse, logicamente indipendenti, ove la classe conterrebbe piú di un elemento.

⁸ La deduzione è effettivamente ottenuta sostituendo valori particolari delle "variabili" implicite nella formulazione della legge di Archimede. La forma schematica della deduzione è la seguente:

Per tutte le proprietà P che sono in K_1 e per tutte le proprietà Q che sono in K_2 , tutti i P sono Q .

A è in K_1 , e B è in K_2 , *ex vi terminorum*.

Quindi tutti gli A sono B .

La deduzione è del tutto analoga alle derivazioni della legge di Boyle, la quale dice che per ogni gas ideale il prodotto della pressione e del volume del gas è costante, dalla legge di Boyle-Charles, la quale dice che per ogni gas ideale il prodotto della pressione per il volume è proporzionale alla temperatura del gas.

rie speciale di relazioni. Nel secondo caso, l'associazione invariabile tra i tratti asseriti dalla legge compare come il prodotto di due o piú associazioni, di cui l'ultima connette i tratti menzionati dalla legge a vari altri che sono maglie intermedie in una catena o rete. Ciò che si intende con queste alternative risulterà forse piú chiaramente dalle seguenti illustrazioni schematiche. Supponiamo che una legge universale abbia la forma di un semplice condizionale universale: 'per ogni x , se x è A , allora x è B ' (oppure: 'tutti gli A sono B '), dove ' A ' e ' B ' designano determinate proprietà. Supponiamo che la proprietà A si verifichi solo se si verificano congiuntamente le proprietà A_1 e A_2 ; e supponiamo analogamente che B si verifichi solo se si verificano congiuntamente B_1 e B_2 . Supponiamo inoltre che tutti gli A_1 siano B_1 e tutti gli A_2 siano B_2 . Ne segue che tutti gli A sono B , cosicché questa legge è ora spiegata. Questo schema illustra la prima delle due alternative sopra accennate. Un esempio concreto è la spiegazione della legge che il ghiaccio galleggia sull'acqua, in quanto il comportamento del ghiaccio nell'acqua è mostrato come il risultato di varie forze indipendenti che agiscono sul corpo immerso. L'effettiva struttura logica di questa spiegazione è tuttavia molto piú complessa di quella esemplificata dal semplice schematismo or ora esposto.

Un'illustrazione schematica della seconda alternativa è fornita dalla spiegazione di una legge che ha la forma: 'tutti gli A sono B ', quando essa sia dettata dalle due leggi aventi la forma, rispettivamente, 'tutti gli A sono C ' e 'tutti i C sono B '. Un esempio pratico di questo caso è la spiegazione della legge: "quando dei gas contenenti vapore acqueo si sono sufficientemente espansi senza cambiamento della quantità di calore contenuta in essi, il vapore si condensa", se la si deduce dalle due leggi seguenti: "quando dei gas si espandono senza cambiamento della loro quantità di calore, la loro temperatura si abbassa" e "quando la temperatura di un gas che contiene vapore acqueo viene abbassata, la densità di saturazione del vapore diminuisce".

È evidente che le spiegazioni raggruppabili in entrambi questi schemi impiegano almeno due premesse. Ma si accetti o no la condizione che nelle spiegazioni soddisfacenti debbano essere presenti almeno due premesse, possiamo essere ragionevolmente certi di non trovare nella scienza molte spiegazioni che le vengono meno.

Il terzo punto, notato sopra a proposito dell'esempio del ghiaccio — quello cioè che l'explicandum non implichi logicamente le premesse — è meno discutibile come condizione generale nelle spiegazioni. Se infatti tale condizione non venisse soddisfatta, la congiunzione delle premesse equivarrebbe logicamente all'explicandum, ed in tal caso esse non farebbero che formulare nuovamente la legge per cui viene proposta una spiegazione. Prendiamo per esempio la legge secondo cui un corpo che cade liberamente richiede, onde percorrere una certa distanza, un tempo proporzionale alla radice quadrata del valore di tale distanza;

questa legge segue logicamente da quella secondo cui la distanza percorsa da un corpo che cade liberamente è proporzionale al quadrato della durata della caduta. Tuttavia, nessuno dirà che quest'ultima costituisce una spiegazione della legge precedente, in quanto la premessa altro non è che un equivalente matematico dell'explicandum. (Questo esempio viene meno alla condizione secondo la quale una spiegazione deve avere più di una premessa. Esempi che non vengano meno a questa condizione ma in cui le premesse e l'explicandum siano logicamente equivalenti — come quelle costituite dalla formulazione newtoniana della meccanica, ben nota a tutti gli studenti che iniziano lo studio della fisica, e dalla meno nota perché matematicamente meno elementare, ma più generale, formulazione della medesima teoria data nel XVIII secolo da Giuseppe Luigi Lagrange — sono troppo complessi da esporsi in dettaglio.) Se qualcuno poi chiamasse spiegazione quella testé accennata, potrebbe altrettanto bene prendere lo stesso explicandum come spiegazione.

È dunque chiaro che in una spiegazione soddisfacente ci aspettiamo che le premesse esplicative asseriscano qualcosa di più di quanto viene asserito dall'explicandum. Detto in maniera più completa, ciò che ci aspettiamo è che almeno una delle premesse della spiegazione di una data legge soddisfi la seguente condizione: congiunta a convenienti ipotesi addizionali, la premessa sia in grado di spiegare altre leggi oltre quella data; d'altra parte, non sia inversamente possibile spiegare la premessa con la legge data, anche quando la si congiunge con quelle ipotesi addizionali. Se nessuna delle premesse di una spiegazione soddisfa questa condizione, ne seguiranno due conseguenze indesiderabili: sarà impossibile ottenere per le premesse una prova oltre a quella fornita dall'explicandum stesso; la spiegazione poi non porterà un contributo significativo all'organizzazione dell'argomento trattato in sistema in quanto, eccetto casi isolati, i fatti conosciuti resteranno privi di interrelazioni, come pure quelli ancora da scoprirsi.

La condizione che le premesse non siano equivalenti all'explicandum è sufficiente per eliminare molte pseudo-spiegazioni, in cui le premesse ribattezzano semplicemente i fatti da spiegarsi conando per essi nuovi nomi. Un esempio classico di queste pseudo-spiegazioni è il passo della satira di Molière in cui vengono messi in ridicolo coloro i quali vorrebbero spiegare il fatto che l'oppio provoca il sonno invocando il detto che l'oppio possiede una virtù dormitiva. Un esempio meno ovvio, e che si trova in certe volgarizzazioni scientifiche, è la pretesa di spiegare la legge secondo cui la velocità di un corpo rimane costante se esso non viene sottoposto ad una forza esterna non equilibrata ricavandola dal fatto che tutti i corpi possiedono una intrinseca forza d'inerzia. Questa è una pseudo-spiegazione, in quanto la parola "inerzia" non è altro che un'etichetta per il fatto stesso asserito dalla legge.

III. La generalità nelle spiegazioni

Viene spesso avanzata anche un'altra condizione perché una spiegazione di leggi sia soddisfacente, condizione strettamente collegata a quella testé considerata.⁹ Secondo tale condizione, almeno una delle premesse deve essere "più generale" della legge che si deve spiegare. Così, la legge di Archimede (che compare nelle premesse dell'esempio del ghiaccio che galleggia) vien detta più generale di quella secondo cui il ghiaccio galleggia sull'acqua, perché la prima afferma qualcosa su tutti i liquidi e non soltanto sull'acqua, e su tutti i corpi immersi nei liquidi e non soltanto sul ghiaccio. In modo analogo, la legge della leva viene considerata più generale di quanto siano quelle sui movimenti dei vertebrati; in modo più inclusivo, benché forse in un senso meno rigido, viene spesso affermato che le leggi della fisica sono più generali di quelle della biologia.

Tuttavia, benché il significato dell'espressione "più generale" possa essere abbastanza chiaro in particolari esempi del suo uso, non è facile dare una spiegazione precisa di tale nozione. Dobbiamo nondimeno tentarlo, e osservare le difficoltà che ne sorgono. Quando si afferma che un'asserzione S_1 è più generale di una seconda asserzione S_2 , presumibilmente non si intende che S_1 debba implicare logicamente S_2 ; infatti tale implicazione non sussiste tra la legge di Archimede e quella secondo cui il ghiaccio galleggia sull'acqua, malgrado che la prima sia considerata più generale della seconda. È quindi plausibile stabilire il significato dell'espressione "più generale" in modo tale che S_1 venga detto più generale di S_2 non semplicemente perché S_1 implica logicamente S_2 . Per esempio, l'asserzione: 'tutti i pianeti si muovono su orbite ellittiche' implica logicamente: 'tutti i pianeti si muovono su orbite che sono sezioni coniche', ma presumibilmente la prima non è più generale della seconda. Quindi perché S_1 sia più generale di S_2 sembra non essere né necessario né sufficiente che S_1 implichi logicamente S_2 .

Se ci limitiamo ad una speciale classe di asserzioni che possono venir confrontate rispetto alla loro "generalità" relativa, una maniera ovvia per definire tale relazione è la seguente:¹⁰ si considerino solo leggi che si possano formulare come condizionali universali della forma più semplice. Sia S_1 un'asserzione della forma: 'per ogni x , se x è A , allora x è B ' (oppure, seguendo il modo più tradizionale di esprimersi, della forma: 'tutti gli A sono B '), e sia S_2 della forma: 'tutti i C sono D '. Allora si dirà che S_1 è più generale di S_2 se, e solo se: 'tutti i C sono A ' è logicamente vera, ma il suo reciproco: 'tutti gli A sono C ' non lo è. Inoltre, si dirà che S_1 è tanto generale quanto S_2 , se, e solo se: 'tutti gli

⁹ Cfr. JOHN STUART MILL, *A System of Logic*, London, 1879, libro 3, c. 12, sez. 4; NORMAN R. CAMPBELL, *Physics, The Elements*, Cambridge, England, 1920, pp. 114 e segg.; KARL POPPER, *Logik der Forschung*, Wien, 1935, p. 75.

¹⁰ K. POPPER, *ibid.*

A sono C' e 'tutti i C sono A' sono entrambe logicamente vere. Se nessuna delle due asserzioni aventi una delle due ultime forme è logicamente vera, allora si dirà che S_1 e S_2 non sono confrontabili rispetto alla loro generalità. Per esempio, la legge che tutti gli oggetti immersi in un liquido sono spinti da una forza uguale al peso del liquido spostato dall'oggetto (legge di Archimede) è più generale, in base a questa definizione, della legge che il ghiaccio immerso nell'acqua galleggia, perché l'asserzione 'il ghiaccio immerso nell'acqua è un oggetto immerso in un liquido' è vera in virtù dei significati associati ai suoi termini, mentre manifestamente il suo reciproco non lo è.

Benché a prima vista sembri che questa definizione fornisca una spiegazione soddisfacente di ciò che presumibilmente si intende dicendo che un'asserzione è più generale di un'altra, essa conduce tuttavia a certe difficoltà. Infatti, la condizione che due asserzioni logicamente equivalenti debbano essere ugualmente generali sembrerebbe ragionevole, così che, se S_1 è più generale di S_2 , e S_2 è logicamente equivalente ad una terza asserzione S_3 , allora S_1 è anche più generale di S_3 . Invece, questa condizione non è soddisfatta quando si intende 'più generale' in accordo alla definizione proposta. Così, si supponga che: 'tutti gli A sono B' sia più generale di 'tutti i C sono D' (così che 'tutti i C sono A' è logicamente vera, ma non lo è la sua reciproca). Ma 'tutti i non-B sono non-A' è logicamente equivalente a 'tutti gli A sono B', e secondo la condizione suggerita dovrebbe perciò esser più generale di 'tutti i C sono D'. Perché così fosse in base alla definizione proposta dovrebbe essere logicamente vero che 'tutti i C sono non-B', benché di fatto ciò normalmente non accada. Per esempio: 'tutti gli organismi viventi sono mortali' è più generale, secondo la definizione proposta, di 'tutti gli esseri umani sono mortali' (perché 'tutti gli esseri umani sono organismi viventi' è una verità logica, ma non così la sua reciproca); e 'tutti gli organismi viventi sono mortali' è anche logicamente equivalente a: 'tutti i non-mortali sono organismi non-viventi'. Ma dato che 'tutti gli esseri umani sono non-mortali' evidentemente non è una verità logica, l'asserzione: 'tutti i non-mortali sono organismi non-viventi' non è più generale, se giudicata in accordo alla definizione proposta, di quella. 'tutti gli esseri umani sono mortali'.¹¹

Queste difficoltà non sono necessariamente fatali alla spiegazione pro-

¹¹ Si possono trovare altre difficoltà di natura simile, usando altre equivalenze di cui si dimostra la validità nella logica formale. Per esempio: 'tutti gli A sono B' è più generale di 'tutti gli AE sono B', perché 'tutti gli AE sono A' è una verità logica, mentre 'tutti gli A sono AE' non lo è. Però 'tutti gli AE sono B' è logicamente equivalente a 'tutti gli A sono B e non-E'. Ma 'tutti gli A sono B' non è più generale di un'asserzione logicamente equivalente a quest'ultima. A queste difficoltà non si può ovviare modificando il requisito richiesto nell'esposizione iniziale delle condizioni necessarie e sufficienti per una generalità maggiore (secondo cui 'tutti i C sono A' deve essere una verità logica, senza che lo sia la sua reciproca) col sostituirgli la condizione più debole che 'tutti i C sono A' sia vera solo contingentemente (o di fatto), ma non lo sia la sua reciproca.

posta per la nozione di generalità maggiore; per evitarle, però, si è costretti ad abbandonare il requisito, apparentemente plausibile, che asserzioni logicamente equivalenti debbano essere ugualmente generali, e adottare il punto di vista secondo cui la generalità rispettiva delle varie leggi dipende dal modo in cui queste ultime vengono formulate. Si potrebbe obiettare, tuttavia, che in tal modo si apre la porta a una illimitata arbitrarietà nella classificazione delle leggi secondo la loro generalità, dal momento che per una data affermazione vi è un numero indefinito di equivalenti logici che differiscono per la loro formulazione. Ma tale arbitrarietà può risultare meno seria di quanto appaia a prima vista, perché l'effettiva formulazione di una legge spesso indica quale sia il campo delle cose che costituiscono i soggetti di cui si parla nei contesti dati, dove questa identificazione della portata che si intende attribuire alla legge è controllata dalla natura della particolare ricerca. Ma in questo non vi è nulla di particolarmente arbitrario, oltre all'arbitrarietà propria al fatto che si abbia a che fare con una piuttosto che con un'altra serie di problemi. Quindi, nella misura in cui il soggetto contenuto nell'enunciato di una legge indica la portata che si intende dare a tale legge nel contesto concreto (o nella classe di contesti) del suo uso, l'asserzione che una legge è più generale di un'altra non risulta inevitabilmente arbitraria — anche se possa esservi un altro contesto in cui valga un giudizio diverso. Per esempio, la legge che il ghiaccio galleggia sull'acqua è comunemente usata in modo che il suo campo di applicazione è la classe indefinitamente larga di casi in cui c'è (o c'è stato o ci sarà) del ghiaccio immerso nell'acqua. Raramente o addirittura mai si usa tale legge in modo che il suo campo di applicazione sia l'insieme composito di cose che non galleggiano sull'acqua (nel passato, o nel presente, o nel futuro). Di fatto, sarebbe una legittima richiesta che, se la legge venisse usata in quest'ultimo modo in qualche contesto, la sua formulazione abituale venisse in tale contesto adeguatamente modificata. In ogni modo nella formulazione concreta delle leggi sembra esserci un tacito riferimento ai contesti a cui tali leggi serviranno. Ma, se è così, la spiegazione proposta per la nozione di generalità maggiore è irrimediabilmente inadeguata.

Occorre tuttavia prestare ulteriore attenzione alla questione, in quanto la spiegazione sin qui discussa non coglie un senso più particolare, benché più vago, dell'espressione "più generale". Questo senso compare per esempio quando si dice che la fisica è una scienza più generale della biologia, o, più in particolare, quando si afferma che la legge della leva è più generale di quella — poniamo — che genitori con occhi azzurri hanno solo figli con occhi azzurri. Ciò che si intende talora con tali affermazioni è forse che i fenomeni biologici possono venir spiegati in base alle leggi della fisica, ma non reciprocamente. Ma a parte la verità di questa affermazione, essa esprime scarsamente il senso in cui generalmente si enunciano le asserzioni di cui sopra, in quanto è da du-

bitarsi che qualcuno abbia mai sostenuto che la legge della leva possa spiegare le leggi dell'ereditarietà. Forse il senso più frequentemente associato a quelle asserzioni si avvicina di più al seguente: la legge della leva (e, più in generale, la fisica) formula certe caratteristiche delle cose senza tener conto del fatto che esse siano animate o inanimate. Invece, la legge sul colore degli occhi (e, più in generale, la biologia) afferma qualcosa su tratti che si ritrovano solo in una speciale classe di sistemi, alcuni (benché non necessariamente tutti) dei quali manifestano anche quelle caratteristiche formulate dalla legge della leva. Così la legge della leva astrae da molte caratteristiche delle cose che sono considerate dalla legge biologica, e quindi le espressioni descrittive che compaiono nella legge della leva si riferiscono a una classe di sistemi più vasta di quanto non facciano le espressioni descrittive che compaiono nella legge biologica.

Cerchiamo di render conto di questa interpretazione di uno dei significati di "più generale", in un modo formalmente più preciso. Sia L_1 una legge (o un insieme di leggi e teorie che costituiscano una scienza particolare, come la fisica) e sia ' P_1 ', ' P_2 ', ..., ' P_n ' un insieme di predicati "primitivi" in termini dei quali è possibile in qualche senso definire i predicati che si presentano in L_1 . (Per semplificare, e senza perdere nulla nella generalità di quanto si afferma, supporremo che i predicati siano tutti aggettivi, o predicati "monadici", come 'rigido', e 'pesante', e non includano espressioni di relazione, come 'più lungo di' o 'ascendente di'. Di conseguenza i predicati possono servire a costruire asserzioni della forma ' x è rigido', che contengano soltanto un nome.) Analogamente, sia ' Q_1 ', ' Q_2 ', ..., ' Q_s ' l'insieme corrispondente di primitivi per una legge L_2 . Infine, sia K una classe di oggetti, ciascuno dei quali possa venir caratterizzato, in modo vero o falso, ma comunque provvisto di significato, dai predicati di entrambi gli insiemi. Così, se 'pesante' è un predicato che appartiene al primo insieme, e 'mammifero' un predicato del secondo insieme, K conterrà soltanto elementi (come rocce, tavoli, animali) per ciascuno dei quali abbia senso il dire (anche se eventualmente sia falso) che esso è pesante e mammifero. Diremo anche che un oggetto di K soddisfa "non-a-vuoto" una legge L , solo se l'oggetto possiede effettivamente i vari tratti menzionati nella legge, e, inoltre, se i tratti stanno tra loro nella relazione asserita dalla legge. Oggetti che non possiedono tutti i tratti menzionati in L , così da non poter costituire casi che smentiscano L , sono detti soddisfare la legge "a-vuoto". Per esempio, un sistema consistente in un oggetto pesante sospeso a una corda di peso trascurabile soddisfa non-a-vuoto la legge del periodo di un pendolo semplice. Invece, la legge è soddisfatta solo a-vuoto da un sistema consistente in un libro posto su un tavolo, perché, anche se normalmente non si dirà che la legge sia falsificata da tale sistema, esso di fatto non possiede i tratti le cui relazioni sono formulate dalla legge — in breve, il sistema non è un pendolo semplice.

Ammettiamo adesso le seguenti condizioni: 1) Alcuni predicati (e forse tutti) del primo insieme compaiono nel secondo, ma alcuni predicati del secondo insieme non appartengono al primo. 2) Ogni oggetto di K ha almeno una proprietà P , cioè una proprietà designata da un predicato del primo insieme. 3) Esiste una sottoclasse A non vuota di oggetti di K che hanno soltanto proprietà P . 4) Esiste una sottoclasse \bar{A} non vuota di oggetti di K , ciascuno dei quali possiede almeno una proprietà Q che non è una proprietà P . (Come conseguenza di queste convenzioni, il campo degli oggetti a cui è applicabile l'uno o l'altro dei predicati del primo insieme è più vasto di quello corrispondente per il secondo insieme.) 5) Esiste una sottoclasse B non vuota (ma non necessariamente propria) di oggetti di K , ciascuno dei quali soddisfa non-a-vuoto L_1 , e tale che alcuni oggetti di B appartengono ad A mentre altri appartengono ad \bar{A} . (Di conseguenza, quando L_1 è soddisfatto non-a-vuoto, esso vale indipendentemente dal fatto che un oggetto possieda o no soltanto proprietà P .) 6) Esiste una sottoclasse C non vuota di oggetti di K per i quali L_2 vale non-a-vuoto, e tale che alcuni oggetti di C (ed eventualmente tutti) appartengono anche a B . (Quindi L_2 , a differenza di L_1 , è soddisfatta non-a-vuoto solo da quegli oggetti che possiedono qualche proprietà Q che non sia una proprietà P . Non è tuttavia escluso che L_2 valga non-a-vuoto solo per quegli oggetti per i quali anche L_1 vale non-a-vuoto.) Quando queste sei condizioni sono soddisfatte, si può dire che L_1 è più generale di L_2 in K (nel senso più lato dell'espressione "più generale" che stiamo discutendo). Se nella sesta condizione si introduce anche la clausola più forte che C debba essere completamente incluso in B , il senso presente di "più generale" ne viene limitato e si approssima al senso più stretto precedentemente discusso.

Questo resoconto formale di un significato completo dell'espressione "più generale" richiede di venir elaborata in varie direzioni, se si vuole renderla interamente soddisfacente. Per esempio, la natura delle "definizioni" assunte per i predicati di L_1 e di L_2 richiede una discussione; il senso in cui si suppone che gli L "valgano" come oggetti deve venir chiarito; come pure occorre fare delle restrizioni sui tipi di oggetti che possono essere elementi di K , e sulla distribuzione tra di essi delle proprietà P . Ma non possiamo occuparci qui di tali problemi; si è tuttavia detto quanto basta, agli scopi della presente discussione, a indicare che si possono distinguere almeno due sensi abbastanza chiari di "più generale", e che le asserzioni universali sono frequentemente confrontabili rispetto alla loro relativa generalità, tanto nel significato più ampio che in quello più ristretto dell'espressione. La ragione per soffermarsi su questo punto è che le premesse delle spiegazioni soddisfacenti appaiono invero essere più generali degli explicanda; tale maggiore generalità delle premesse esplicative è di grande importanza, perché que-

sta caratteristica contribuisce al raggiungimento di sistemi completi di spiegazione. Esamineremo ora un importante mezzo col quale le asserzioni universali di alcune scienze acquistano una generalità molto estesa.

IV. Requisiti epistemologici delle spiegazioni

I requisiti per le spiegazioni fino a qui considerati sono consistiti quasi esclusivamente in condizioni logiche. Ma è ovvio che si devono riscontrare anche altri requisiti. Se, per esempio, una condizione iniziale di una spiegazione proposta per il verificarsi di un evento singolo fosse nota come falsa, la proposta verrebbe immediatamente respinta come non soddisfacente. Occupiamoci quindi brevemente di alcuni requisiti epistemologici per le spiegazioni adeguate. Nella discussione di questo problema, Aristotele sosteneva che le premesse di una spiegazione deduttiva debbono, tra l'altro, essere vere; che debbano essere note come vere, e che debbano essere "meglio conosciute" dell'explicandum.¹² Esamineremo una dopo l'altra queste condizioni e ne discuteremo alcune altre ad esse correlate.

1. Qualsiasi valutazione del suggerimento che le premesse di una spiegazione debbano essere vere è resa complicata da una circostanza importante. Spesso tra le premesse esplicite delle spiegazioni scientifiche si presentano delle affermazioni universali che fanno parte di qualche estesa teoria scientifica. Ma gli studiosi della materia non si trovano d'accordo sulla questione se tali affermazioni (e addirittura, ogni teoria scientifica) possano venir appropriatamente caratterizzate come vere o false. Quindi, chi sottoscrive il punto di vista secondo cui simili caratterizzazioni sono fuor di luogo se usate per quelle affermazioni, rifiuterà automaticamente il requisito che le premesse esplicite di una spiegazione soddisfacente debbano esser vere. Così il respingere tale requisito dipende dal modo in cui viene risolta la questione sopra menzionata, di cui però noi ci occuperemo più avanti; per ora, supporremo che ogni affermazione che può comparire come premessa di una spiegazione sia o vera o falsa.

Una volta fatta questa supposizione, sembra inevitabile pretendere che le premesse di una spiegazione soddisfacente siano vere. È sempre relativamente facile inventare un gruppo arbitrario di premesse che soddisfino le condizioni logiche delle spiegazioni deduttive; e, se non si richiedessero per le premesse ulteriori condizioni restrittive, basterebbe una modesta abilità logica e matematica per spiegare qualsiasi fatto dell'universo senza lasciare la propria poltrona. Ma in via di fatto, invece, tutte queste spiegazioni costruite arbitrariamente verrebbero abban-

¹² Analitici secondi, libro I, c. 2.

nate quali inadeguate se si sapesse che qualcuna delle premesse è falsa. La verità delle premesse è senza dubbio una condizione desiderabile perché una spiegazione sia soddisfacente.

2. Questo requisito tuttavia non ci porta molto avanti nel giudizio sull'adeguatezza di una spiegazione proposta, se non siamo in grado di dire se le premesse siano o no false. Il requisito richiesto da Aristotele, che deve essere *nota* la verità delle premesse, provvede in tal modo un criterio apparentemente efficiente per eliminare come non soddisfacenti molte spiegazioni proposte. Tuttavia questa è una condizione troppo forte. Se essa fosse adottata, ben poche, o forse nessuna, delle spiegazioni della scienza moderna potrebbero essere accettate come soddisfacenti. In pratica, infatti, *non* sappiamo se le premesse incondizionatamente universali, ipotizzate nelle spiegazioni delle scienze empiriche, siano effettivamente vere; così che, se si accettasse tale condizione, la maggior parte delle spiegazioni largamente accettate nella scienza corrente dovrebbero venir respinte come non soddisfacenti. Questa è di fatto una *reductio ad absurdum* del requisito. In pratica ciò porterebbe semplicemente ad introdurre un altro termine, magari coniato di fresco per lo scopo, onde distinguere quelle spiegazioni giudicate come meritevoli dalla comunità scientifica — malgrado il loro carattere nominalmente "insoddisfacente" dal punto di vista dell'anzidetto requisito — da quelle giudicate diversamente. Quindi non c'è ragione per adottare rigidi requisiti aristotelici per l'adeguatezza delle spiegazioni.

Purtuttavia è necessaria una convenzione di qualche genere, magari più debole di questa aristotelica, che riguardi lo *status* conoscitivo delle premesse esplicative. Una condizione che si può ragionevolmente prendere in esame per tale ufficio è quella che le premesse esplicative siano compatibili con fatti empirici stabiliti e siano inoltre "adeguatamente sostenute" (o rese "probabili") da prove basate su dati diversi dai dati osservativi su cui è basata l'accettazione dell'explicandum. La prima parte del requisito ora richiesto è semplicemente la domanda che non vi siano ragioni per considerare false le premesse. La seconda parte cerca non soltanto di escludere le premesse cosiddette *ad hoc*, per le quali non vi è nessuna prova, ma anche, tra l'altro, di eliminare le spiegazioni che sono in un certo senso circolari e perciò banali per il fatto che una o più premesse sono stabilite (e forse possono esser stabilite) solo per mezzo delle prove usate per stabilire l'explicandum. Supponiamo, per esempio, di esserci proposti di spiegare i disturbi, emessi da un apparecchio radio in un dato giorno; e supponiamo che una delle premesse esplicative stabilisse la condizione iniziale che in quel giorno vi fossero sul Sole delle violente tempeste magnetiche. Tuttavia, se l'unica prova del verificarsi di queste tempeste fossero gli anzidetti rumori della radio, la spiegazione soffrirebbe di una specie di circolarità e verrebbe in generale considerata difettosa. In questo esempio, però, la prova della

premessa riguardante il caso particolare potrebbe esser stata di fatto ottenuta indipendentemente dai rumori provenienti dalla radio. La spiegazione avrebbe avuto una validità molto opinabile se non si fosse potuta fornire questa prova indipendente.¹³

Questa condizione più debole per lo *status* conoscitivo delle premesse nelle spiegazioni è senza dubbio vaga. Non esiste in effetti al presente una norma precisa e generalmente accettata per giudicare se un'assunzione sia davvero "adeguatamente sostenuta" da una data prova. Nonostante questa imprecisione, però, i competenti in un dato campo di ricerca sono spesso in buon accordo tra di loro riguardo l'adeguatezza di una prova che sostenga una determinata assunzione. Nella pratica, in ogni modo, l'adozione di questa condizione più debole porta a un discreto accordo sull'adeguatezza di una spiegazione proposta. Contro questa condizione si può tuttavia sollevare l'obiezione che, dal momento che la prova di una legge supposta universale non rimane costante nel tempo, una spiegazione che includa la legge nelle sue premesse e che a un certo tempo sia soddisfacente può cessare di esserlo quando si vengano a scoprire prove non favorevoli alla legge. L'obiezione non preoccupa, a meno che si faccia la discutibile supposizione che nel giudicare soddisfacente una spiegazione si debba pretendere dalla spiegazione stessa una proprietà indipendente dal tempo. Non sembra quindi irragionevole adottare l'accennata condizione quale requisito epistemologico richiesto per l'adeguatezza della spiegazione.

3. Il requisito richiesto da Aristotele, che le premesse di una spiegazione scientifica siano "meglio conosciute" dell'explicandum, è intimamente legato alla concezione aristotelica di ciò che costituisce il vero e proprio oggetto della conoscenza scientifica; egli intendeva che tale requisito valesse esclusivamente per la spiegazione delle leggi scientifiche. Secondo tale concezione è possibile l'autentica conoscenza scienti-

¹³ Essenzialmente lo stesso punto è stato trattato in modo più formale da C. G. HEMPEL e PAUL OPPENHEIM; *Studies in the Logic of Eplanation, Philosophy of Science*, vol. 15 (1948), pp. 135-78. Questi autori sostengono che, se non si accetta la condizione restrittiva menzionata nel testo, ogni explicandum particolare può venir "spiegato" con l'aiuto di qualsiasi premessa universale arbitrariamente scelta e di una "condizione iniziale" appropriatamente costruita. Così sia H un qualsiasi explicandum; L la legge per cui, per ogni x , se x è A , allora x è B ; e C la condizione iniziale la quale dice che o un dato individuo i è A , ma non B , oppure si ha E . Allora E segue logicamente dalle premesse L e C . Infatti da L possiamo dedurre la conseguenza che non si tratta del caso che un individuo i sia A ma non B ; e, combinando questo con C , si ottiene E . Se però chiediamo come si possa stabilire C , è chiaro che l'unico modo di farlo partendo dall'ipotesi che L sia vera, e ragionare come segue: E è vero, per ipotesi; quindi o E è vero o l'individuo i è A ma non B . Di conseguenza, C può venir stabilito solo stabilendo prima E . Hempel e Oppenheim propongono perciò la condizione che la verità della legge L non debba implicare che ogni classe di asserzioni probative vere da cui è deducibile C porti anche ad E — oppure, alternativamente, che vi deve essere almeno una classe di asserzioni probative tali che la condizione iniziale C sia deducibile da essa, mentre non ne sia deducibile né la negazione di L . Cfr. specialmente pp. 162-63.

fica solo di ciò che non può essere altrimenti da come è. Quindi non vi può essere conoscenza scientifica di eventi particolari; e le leggi universali che riguardano certe zone della natura, in cui esse non sono immediatamente riconoscibili come intrinsecamente "necessarie", devono venir spiegate mostrando che esse sono conseguenze dei "principi primi" di quella zona, i quali possono venir direttamente afferrati come in possesso di tale necessarietà. Questi principi primi sono perciò le premesse ultime delle spiegazioni scientifiche; essi sono inoltre "meglio conosciuti" di qualsiasi explicandum, perché la loro necessarietà è intrinseca e trasparente all'intelletto. La branca della conoscenza che senza dubbio servì di modello a questa concezione della scienza è la geometria razionale. Infatti, secondo il punto di vista generalmente accettato sulla geometria fino a poco tempo fa, ciascuno dei suoi teoremi stabilisce quanto deve essere in modo universale; ed anche se possono non essere immediatamente evidenti tale necessità e tale universalità, esse vengono entrambe stabilite nel dedurre il teorema dagli assiomi più generali o primi principi, la cui universalità è "di per sé evidente". Nel sostenere che le premesse di una spiegazione devono essere "meglio conosciute" dall'explicandum, Aristotele non faceva quindi altro che rendere esplicita la sua concezione sulla natura della scienza.

Questa concezione non risulta vera per niente di quanto si può identificare come facente parte del contenuto della moderna scienza sperimentale. Quindi il requisito richiesto da Aristotele secondo cui le premesse esplicative devono esser meglio conosciute dell'explicandum è del tutto irrilevante come condizione per qualsiasi cosa che oggi si possa considerare quale adeguata spiegazione scientifica. Varie versioni sul piano psicologico del requisito richiesto da Aristotele hanno avuto invece ampia diffusione e sono state spesso avanzate da eminenti uomini di scienza come condizioni essenziali perché una spiegazione sia soddisfacente. La sostanza di queste condizioni così suggerite è la seguente: poiché normalmente ciò che richiede una spiegazione è qualcosa di strano e di inaspettato, una spiegazione potrà dare una genuina soddisfazione intellettuale solo se renderà ciò che non è familiare intellegibile in termini di ciò che è familiare. Per esempio, un eminente fisico contemporaneo sostiene che "una spiegazione consiste semplicemente nell'analizzare i nostri complicati sistemi entro sistemi più semplici in modo tale che noi possiamo riconoscere nel sistema complicato il gioco reciproco di elementi già così familiari per noi che li accettiamo come non aventi bisogno di una spiegazione".¹⁴ E di conseguenza, poiché la corrente teoria quantistica non mostra come i sistemi fisici che cadono entro il suo dominio siano le risultanti di azioni familiari tra specie familiari di costituenti egli sostiene che la teoria stessa non ci dà la sensazione di spiegare alcun-

¹⁴ P. W. BRIDGMAN, *The Nature of Physical Theory*, Princeton, 1936, p. 36.

ché, malgrado le sue conquiste senza dubbio rimarchevoli dal punto di vista della sistemazione. Simili punti di vista sono stati espressi da molti altri pensatori, sia nelle scienze naturali che in quelle sociali.

Sarebbe negare l'evidenza il negare che importanti sviluppi nella storia della scienza sono dipesi dal desiderio di spiegare nuovi domini di fatti in termini di qualcosa già familiare. Per riconoscere l'influenza di questa concezione della spiegazione, basti solo ricordare l'uso persistente di familiari modelli meccanici nella costruzione di spiegazioni dei fenomeni del calore, della luce, della elettricità, e perfino del comportamento umano. Purtuttavia, le spiegazioni vengono talvolta giudicate soddisfacenti anche se non effettuano una riduzione al familiare del non-familiare. Quando si spiega l'effetto di sbiadimento dei colori ad opera del sole in termini di ragionamenti fisici e chimici sulla composizione della luce e delle sostanze colorate, la spiegazione non viene respinta come insoddisfacente, anche se qui è il familiare ciò di cui si rende conto servendosi di nozioni che per la maggior parte degli uomini sono del tutto non familiari. Di più, la concezione della spiegazione che stiamo discutendo è in palese disaccordo col fatto che in tutta la storia della scienza sono state spesso introdotte ipotesi esplicative che postulano interrelazioni tra certi elementi, ove interrelazioni ed elementi sono originariamente strani e talvolta perfino appaiono paradossali.

Si devono tuttavia notare due brevi punti. Se una spiegazione soddisfa la condizione epistemologica testé discussa, allora, anche se le sue premesse esplicative possono essere state ad un certo momento non familiari, esse devono avere alla fine raggiunto lo stato di supposizioni ben sostenute da prove. Di conseguenza, anche se la spiegazione non riduce il non familiare a ciò che in origine era familiare, essa è accettabile perché le premesse sono fondate fermamente su prove che hanno cessato di essere non familiari per una certa parte della comunità scientifica. In secondo luogo, anche se le premesse esplicative possono far uso di idee del tutto non familiari, tali idee offrono spesso analogie importanti con nozioni impiegate in relazione ad argomenti già diventati familiari. Le analogie servono ad assimilare il nuovo al vecchio, e fanno in modo che le nuove premesse esplicative non appaiano radicalmente non familiari. Ma dobbiamo rimandare a un altro capitolo una più completa discussione sul ruolo dell'analogia nello sviluppo di estesi sistemi di spiegazione.

La struttura logica delle leggi scientifiche

I requisiti necessari considerati fin qui, per l'adeguatezza delle spiegazioni, sono stati discussi riferendoci solo incidentalmente alla natura delle relazioni asserite dalle leggi o dalle teorie scientifiche. Si è generalmente supposto che le leggi abbiano la forma di condizionali generalizzati, nel caso più semplice rappresentati dallo schema: 'per ogni x , se x è A , allora x è B ' (o, come alternativa, 'tutti gli A sono B ').¹

Non è però assolutamente il caso di considerare ogni affermazione vera avente tale forma come una legge di natura. In ogni modo, una spiegazione proposta, anche se sia conforme ai requisiti già detti, viene frequentemente respinta come non soddisfacente per almeno due ragioni:

¹ L'assunzione che questo semplice schema sia una rappresentazione adeguata della forma logica delle leggi scientifiche è stata ripetutamente fatta nei capitoli precedenti, e verrà frequentemente fatta in tutto il volume. Tale assunzione tuttavia è adottata soprattutto allo scopo di evitare complessità che sorgerebbero se si adottasse uno schema meno semplice ma più realistico — complessità che sono di scarsissimo rilievo per i punti principali in discussione. Vi sono senza dubbio molte leggi scientifiche che mostrano la semplice struttura formale sopra indicata. Ma vi sono anche molte leggi la cui forma logica è più complicata — fatto di considerevole importanza nell'analisi della struttura razionale dei procedimenti induttivi e verificatori nella scienza, ma solo di interesse secondario nel presente contesto della discussione.

Un tipo di complessità nella struttura formale delle leggi è illustrato dai due esempi seguenti. Il contenuto della legge che il rame riscaldato si dilata è reso più esplicito se la si formula così: 'per ogni x e per ogni y , se x è il rame e se x è riscaldato al tempo y , allora x si dilata al tempo y '. Come in altri condizionali (o formulazioni "se-allora"), la clausola introdotta dal 'se' è nota come "antecedente", e quella introdotta da 'allora' come "conseguente". Il presente esempio contiene anche come "prefissi" le due espressioni 'per ogni x ' e 'per ogni y ' (tecnicamente note come "quantificatori univesali"), a differenza del semplice schema del testo, che contiene un solo quantificatore universale. Così, la cosiddetta "legge della biogenesi", per cui la vita proviene sempre da vita preesistente, può venir espressa come segue: 'per ogni x , vi è un y , tale che, se x è un organismo vivente, allora y è un genitore di x '. In questo caso, l'asserzione non contiene solo il quantificatore universale 'per ogni x ', ma anche l'espressione 'esiste un y ' (chiamata "quantificatore esistenziale"). Questa asserzione contiene più di un quantificatore, e per di più i quantificatori in essa contenuti sono di tipo diverso (o "misto"). Una gran parte di leggi quantitative, specialmente in fisica teorica, contengono vari quantificatori, spesso di tipo misto. Non appare tuttavia verosimile che una asserzione normalmente possa venir considerata una legge, se non contiene almeno un quantificatore universale, di solito come prefisso iniziale. È per questa ragione che si può ritenere che la supposizione adottata nel testo non risulti eccessivamente semplificatrice.