

**L'ANALOGIA
NELL'INDAGINE
SCIENTIFICA**

A DIFESA DELLA FUNZIONE INDUTTIVA

di
Francesco Nappo

E

Epistemologia

FrancoAngeli

Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con **Adobe Acrobat Reader**



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile **con Adobe Digital Editions**.

Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.

Epistemologia

Collana diretta da Evandro Agazzi

Comitato scientifico

prof. Marco Buzzoni, ordinario di Filosofia della Scienza, Università di Macerata

prof. Fabio Minazzi, ordinario di Filosofia della Scienza, Università dell'Insubria, Varese

prof. Gino Tarozzi, ordinario di Filosofia della Scienza, Università di Urbino

La collana intende andare incontro a quell'esigenza, ormai generalizzata, di conoscenza epistemologica che si riscontra a livello di cultura medio-alta e che corrisponde, in senso lato, alla diffusa aspirazione a prender coscienza critica della complessa varietà della nostra civiltà scientifico-tecnologica. Aspirazione che si accompagna, altresì, al desiderio di venire in chiaro circa lo statuto epistemologico di molte discipline che solo di recente hanno rivendicato l'impegnativa qualificazione di «scienza», pur riguardando ambiti di ricerca non inclusi nell'alveo delle discipline scientifiche tradizionali.

Rispetto ad analoghe collane già esistenti, questa si propone anche di allargare l'ambito delle scuole e tradizioni epistemologiche finora più correntemente conosciute in Italia, e che si ispirano in prevalenza al filone analitico anglosassone, portando l'attenzione su opere e autori afferenti ad altre aree culturali, come ad esempio quelle di lingua francese, tedesca, polacca.

Verranno quindi pubblicati, sia in traduzione che in opere originali, alcuni testi base di carattere istituzionale relativi all'epistemologia generale e alle diverse branche della filosofia della scienza. Per altro verso, verrà dato uno spazio più cospicuo del solito all'epistemologia delle scienze «umane», alla filosofia della logica, alle tematiche etiche che di recente si sono aperte nei riguardi della scienza. Pur senza rinunciare ad opere di carattere tecnico, l'accento generale verrà posto piuttosto su quei tipi di trattazione epistemologica nei quali è più presente un taglio specificamente filosofico.

La collana si propone di essere utilizzabile anche per corsi universitari: a tale scopo, oltre alle opere di carattere istituzionale cui si è fatto cenno, annovererà anche alcuni «readings» antologici, sia a carattere miscelaneo che monografico.

Il comitato assicura attraverso un processo di peer review la validità scientifica dei volumi pubblicati.

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

**L'ANALOGIA
NELL'INDAGINE
SCIENTIFICA**

A DIFESA DELLA FUNZIONE INDUTTIVA

di

Francesco Nappo

FrancoAngeli

Funded by the European Union, HORIZON-MSCA-2021-PF-01. Project
number:101064890 Vetting Implicit Normativity in Climate Economics - VINCE



Isbn: 9788835165880

Copyright © 2024 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it

La razionalità consiste proprio nel continuo adattamento del nostro linguaggio ad un mondo in continua espansione; la metafora è uno dei mezzi principali con cui ciò si realizza.

Mary Hesse

L'intuizione è il riguardare l'astratto in forma concreta, attraverso l'ipostatizzazione realistica delle relazioni; questo è l'unico metodo del pensiero di valore. È molto superficiale l'idea prevalente che sia qualcosa da evitare.

Charles Sanders Peirce

Perché come la metafisica ragionata insegna che "homo intelligendo fit omnia", così questa metafisica fantasticata dimostra che "homo non intelligendo fit omnia"; e forse con più di verità detto questo che quello, perché l'uomo con l'intendere spiega la sua mente e comprende esse cose, ma col non intendere egli di sé fa esse cose e, col trasformandosi, lo diventa.

Giambattista Vico

La proporzione (αναλογία) è il più bello di tutti i legami.

Platone

Indice

Elenco delle figure	pag.	9
Prefazione	»	11
1. Analogia tra euristica e giustificazione	»	15
1. Analogia e ragionamento analogico	»	15
2. Tre considerazioni a favore della funzione induttiva delle analogie	»	18
3. Alcuni cenni storici	»	23
4. Panoramica dei prossimi capitoli	»	28
2. Il problema della moltitudine	»	33
1. Introduzione	»	33
2. Interpretare la condizione materiale	»	34
3. Materialità e induzione	»	40
4. Il problema della manipolazione	»	44
5. Una proposta	»	47
6. Conclusione	»	50
3. Il problema della rilevanza	»	53
1. Introduzione	»	53
2. La condizione causale	»	56
3. Galton e l'identità statistica	»	59
4. Steiner sull'applicabilità della matematica	»	64
5. La condizione unificazionista	»	67
6. Conclusione	»	70

4. Una teoria dinamica della conferma per analogia	pag.	71
1. Introduzione	»	71
2. Analogia e simmetria	»	74
3. Verso un'alternativa	»	77
4. Ragionare per somiglianze e dissomiglianze	»	80
5. Due nozioni di conferma per analogia	»	84
6. Analogia e semplicità	»	89
7. Conclusione	»	93
5. La doppia natura delle analogie fisiche di Maxwell	»	95
1. Introduzione	»	95
2. Un' <i>Odisea</i> metodologica?	»	99
3. La doppia natura	»	105
4. A difesa della doppia natura: problemi storici	»	110
5. A difesa della doppia natura: problemi epistemologici	»	114
6. La corrente di spostamento	»	118
7. Conclusione	»	123
6. Le simulazioni analogiche in cosmologia	»	125
1. Introduzione	»	125
2. Entusiasmo	»	128
3. Scetticismo	»	133
4. Materialismo	»	135
5. Vantaggi	»	140
6. Conclusione	»	145
7. L'ubiquità dell'analogia nella scienza	»	147
1. Introduzione	»	147
2. Cosa è stato fatto	»	147
3. Una congettura	»	151
4. L'incompiuto	»	153
5. Conclusione	»	155
Bibliografia	»	157

Elenco delle figure

Figura 1: Illustrazione che accompagna la Proposizione LXX dei <i>Principia</i>	pag.	15
Figura 2: Metodo di triangolarizzazione per un cubo appiattito	»	41
Figura 3: Quincunx semplice	»	60
Figura 4: Quincunx modificato	»	60
Figura 5: Modello di Maxwell del campo elettromagnetico	»	97
Figura 6: Rete bayesiana di DHTW per argomenti da simulazioni analogiche	»	131

Prefazione

Una parte importante della filosofia della scienza del secolo scorso è stata guidata dalla convinzione che i processi attraverso i quali una comunità di scienziati giunge alla formulazione di una nuova teoria non sono razionalmente valutabili. Il lavoro di analisi e ricostruzione filosofica può quindi iniziare solo quando quello di scoperta è giunto al termine; ciò che succede prima della formulazione dell'ipotesi è lasciato alla curiosità degli storici della scienza. Sebbene i recenti progressi nella comprensione dell'impresa scientifica abbiano notevolmente ridotto l'attrattiva di questa dottrina, che traccia una distinzione netta tra il "contesto della scoperta" e il "contesto della giustificazione" (Reichenbach 1938), la vecchia divisione del lavoro tra lo storico e il filosofo sostenuta dai suoi mezzi è rimasta intatta. Il risultato è che c'è del lavoro scientifico che si svolge regolarmente nelle prime fasi della formazione di ipotesi scientifiche il cui significato è sfuggito all'attenzione di molti epistemologi e filosofi della scienza contemporanei. È nello spirito di riassumere e far progredire la nostra comprensione dei metodi impiegati nei contesti di indagine scientifica che sottopongo questo lavoro sul ruolo dell'analogia nella scienza.

Le situazioni di cui mi occuperò principalmente in questo volume possono risultare familiari agli scienziati. Si sono raccolte osservazioni relative a vari sottodomini di un argomento oggetto di studio, ma si fatica a trovare una teoria che le leghi insieme. Oppure una teoria può essere disponibile, ma gli esperti sanno che essa soffre di vari difetti e sono alla ricerca di una teoria migliore che ne condivida i successi senza dividerne i fallimenti. Ancora, i risultati sperimentali possono essere validi relativamente all'ambito in cui sono stati raccolti, ma non si è certi se essi possano essere trasportati in un altro ambito o generalizzati. A seconda del contesto, ci possono essere diversi modi per superare l'impasse. Il più ovvio è quello di eseguire ulteriori esperimenti nella speranza di raccogliere più

evidenze. Spesso, però, le difficoltà pratiche e teoriche associate alla realizzazione di altri esperimenti rendono questa strada scomoda o difficilmente realizzabile. Di fatto, un'analisi della storia delle varie aree dell'indagine scientifica rivela che gli sforzi per raccogliere più dati sono accompagnati, se non del tutto sostituiti, da un lavoro teorico, volto non tanto ad aumentare la portata delle osservazioni disponibili, quanto piuttosto a migliorarne la nostra interpretazione (Sklar 2001; Achinstein 2013).

Il dato di base da cui parte questa trattazione è semplice. Quando si trovano di fronte a un problema teorico difficile o a informazioni limitate, gli scienziati ricorrono allo studio di analogie per far progredire la nostra comprensione. Lo fanno con cautela, ma spesso. Questo fatto non è sfuggito all'attenzione degli storici, che conoscono il lavoro propedeutico che gli scienziati intraprendono per aprire la strada a nuove ipotesi (Siegel 1991). L'ubiquità delle analogie emerge chiaramente anche dagli studi di psicologia del ragionamento scientifico. Dunbar e Blanchette (2001) hanno seguito il lavoro di tre laboratori medici negli Stati Uniti, in Italia e in Canada per lunghi periodi di tempo, scoprendo che durante 16 riunioni sono state utilizzate un totale di 99 analogie, e che in ogni riunione il numero di analogie impiegate variava da 2 a 14. Nonostante ciò, il ruolo dell'analogia nella scienza rimane un tema relativamente marginale nella filosofia della scienza contemporanea. Il presente lavoro si propone di porre parzialmente rimedio a questa situazione, articolando una serie di problemi che sono meritevoli di maggiore attenzione filosofica e di dibattito. Spero in questo modo di attirare i lettori su un tema che è storicamente considerato fondamentale per la comprensione dell'attività scientifica.

Uno degli obiettivi di questo libro è quello di offrire una sintesi di un corpus variegato di contributi filosofici, storici e psicologici riguardanti gli usi specifici dell'analogia nella scienza. Gli autori e le autrici da cui attingerò, pur affrontando questioni simili, hanno spesso lavorato separatamente. La mia speranza è che il linguaggio da me utilizzato sia sufficientemente preciso e neutrale per descrivere in modo equo convergenze e divergenze sul ruolo dell'analogia nella scienza. Principalmente, il presente volume difenderà un particolare punto di vista, nella fattispecie sulla questione del valore induttivo (o, se si vuole, epistemico) dell'analogia scientifica. L'indagine che segue avrà dunque la funzione di tracciare le linee principali di una possibile sistemazione dei contributi che provengono dallo studio delle singole scienze all'interno di una proposta generale sul ragionamento analogico nella scienza.

Il tentativo di sistematizzazione sotto un punto di vista epistemologico più generale non va giudicato prima dei risultati. Se affrontato rigorosamente, e cioè combinando massima generalità con massima precisione,

esso può contribuire alla comprensione dei problemi filosofici che abbiamo di fronte meglio di quanto si possa ottenere da una serie non integrata di studi specifici. Allo stesso modo, scriveva Niccolò Machiavelli a Lorenzo de' Medici nel *Principe*, “coloro che disegnano e' paesi si pongono bassi nel piano a considerare la natura de' monti e de' luoghi alti, e per considerare quella de' bassi si pongono alti sopra e' monti”.

Un sentito ringraziamento va a tutti quelli che hanno contribuito, direttamente o indirettamente, alla ricerca per questo volume. Il mio relatore di dottorato, Marc Lange, ha pazientemente letto diverse versioni di alcuni dei capitoli ora contenuti in questo volume. Un grazie speciale va anche a Matt Kotzen, Alan Nelson, Ram Neta, Jerry Postema, Mariska Leunissen, Luc Bovens, CDC Reeve, Simon Blackburn, Peter Achinstein, Giovanni Valente, Domenico Brunetto, Gustavo Cevolani, Giulio Magli, Roberto Lucchetti, e Nicolò Cangiotti per i commenti e ai miei amici Samantha, Pavel, Sara C., Aliosha, Armando, Sara G., Ilaria, Stella, Lucia, Carlo, Guido, Francesca, Alessandro, Justyna, Michele, Nunzio, Egidio, e il prof. Michele d'Alessandro per tutto il loro supporto. Per la stesura di questo volume, ho beneficiato dell'accoglienza di tutto il Dipartimento di Matematica del Politecnico di Milano, che ringrazio. Sono inoltre grato all'editrice Isabella Francisci per tutta la fiducia e l'assistenza nella pubblicazione di questo volume. Infine, ringrazio i miei genitori, Rosalia e Alessandro, per tutto il loro amore. Questo volume è dedicato a loro due.

1. Analogia tra euristica e giustificazione

1. Analogia e ragionamento analogico

Il ritratto ufficiale di Isaac Newton conservato alla National Portrait Gallery di Londra raffigura lo scienziato britannico con due libri sulla scrivania. Quello chiuso all'estrema destra è una copia dell'*Opticks* di Newton, pubblicato per la prima volta nel 1704. Quello aperto è il suo *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, la cui prima edizione risale al 1687. Ad uno sguardo più attento, si scopre che la copia dei *Principia* di Newton dipinta nel ritratto è aperta sulla sezione del Libro III che tratta delle “Forze attrattive dei corpi sferici”. Riconosciamo, in particolare, l'illustrazione che accompagna la Proposizione LXX dei *Principia* (fig. 1):

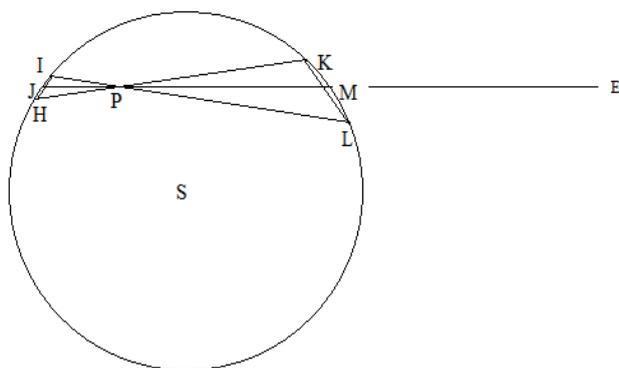


Fig. 1 - Illustrazione che accompagna la Proposizione LXX dei Principia

Anche se non abbiamo la certezza che Newton stesso abbia scelto questa specifica sezione del libro per il suo ritratto, non è difficile intuire perché fosse stata scelta. Le Proposizioni LXX e LXXI contribuirono a sancire l'analogia tra il moto dei corpi terrestri e quello dei corpi celesti che aveva guidato le prime ricerche di Newton. Da queste due proposizioni deriva che un corpo sferico *S* esercita un'attrazione gravitazionale su un punto esterno *E* *come se* tutta la massa di *S* fosse concentrata nel suo centro. Prima di rendersi conto che ciò potesse essere dimostrato con il calcolo, Newton aveva utilizzato il teorema come ipotesi di lavoro per ricavare l'attrazione esercitata dalla Terra su un corpo terrestre in caduta e sulla Luna, trovando i due valori (divisi per il quadrato della distanza dal centro della Terra) quasi identici. Nella logica del ritratto, i *Principia* aperti sulla sezione sui corpi sferici rappresentano quindi il più grande risultato scientifico di Newton: la scoperta che le leggi di Galileo sul moto terrestre e quelle di Keplero sul moto celeste possono essere sussunte in una teoria unificata della realtà fisica.

La storia della scoperta della legge di gravitazione di Newton mette in evidenza due significati di 'analogia' che sono rilevanti per la ricerca scientifica. Il primo è l'analogia come modalità ordinaria di *ragionamento*. Prima ancora di essere in grado di dimostrare o giustificare le sue ipotesi di lavoro, Newton considerò la somiglianza dei valori numerici ottenuti dai calcoli astronomici e dall'osservazione del moto dei corpi terrestri come evidenza che un'unica legge di attrazione gravitazionale fosse rispettata da tutti i corpi materiali dell'universo. Considerare una somiglianza tra due oggetti o domini di oggetti come indicativa di un'ulteriore somiglianza o comunanza tra di essi è la modalità caratteristica del ragionamento per analogia.

Il secondo senso in cui l'analogia compare nell'esempio non è come modalità di ragionamento, ma come risultato finale. In questo senso, 'analogia' si riferisce al legame che unisce i vari ambiti dell'indagine scientifica; è sinonimo di 'unificazione'. Nell'esempio, è il legame tra il regno sublunare e quello superlunare sancito dalle leggi di Newton.

Il presente lavoro intende dimostrare l'interdipendenza dell'analogia come processo di ragionamento e dell'analogia come fine nel processo di indagine scientifica. Per illustrare la proposta che svilupperò nei capitoli successivi, è utile un breve confronto con la posizione rivale, la 'visione euristica'. Per i difensori di questa posizione, l'analogia come processo di ragionamento può essere un aiuto importante, anche se spesso fuorviante, alla scoperta. In particolare, il confronto tra un dominio sconosciuto e uno più familiare consente spesso agli scienziati di formulare nuove congetture da sottoporre a verifica empirica. Talvolta queste congetture si

rivelano corrette, rivelando elementi di somiglianza sorprendenti tra domini disparati dell'indagine scientifica. Ma anche se l'analogia-come-fine è un possibile risultato del processo di indagine scientifica, non è di certo indispensabile alla scienza. La visione euristica è quindi eclettica: accoglie l'unificazione tanto quanto la disunione delle scienze (cfr. Duprè 1993).

L'immagine che difenderò compete con la visione euristica come corretta epistemologia della pratica scientifica. Nella teoria induttiva, l'analogia-come-fine assume un ruolo di guida nell'indagine scientifica. In molti contesti di indagine empirica, gli scienziati procedono con l'ipotesi di lavoro, spesso giustificata dall'esperienza passata, che la realtà naturale e sociale che studiano sia in qualche modo semplice o unitaria: essa consiste in pochi schematismi ricorrenti e stabili. In condizioni di prove scarse e insufficienti, l'unità analogica osservata nelle varie scienze funziona quindi come una sorta di garanzia: la base di una ragionevole presunzione che le ipotesi formulate tramite analogia – almeno quelle che passano il vaglio iniziale della comunità scientifica – possano essere 'sulla strada giusta' verso l'adeguatezza empirica. L'analogia come processo di ragionamento entra in gioco, per così dire, in una seconda fase, come modo per consolidare le presunzioni iniziali tramite le evidenze disponibili, in questo modo fornendo un ulteriore grado di supporto (o di disconferma) ad ipotesi su ciò che è ancora sconosciuto.

Il quadro della visione induttiva che ho appena offerto deve essere inteso solo come una prima bozza; sarà necessario molto altro lavoro per articolare e specificarne il contenuto. Dal punto di vista della giustificazione, è importante chiarire che non cercherò di stabilire la visione induttiva deducendola da qualche principio di semplicità o uniformità. L'approccio che adotterò è, al contrario, "dal basso verso l'alto". In altre parole, indicherò vari fatti della pratica scientifica che la visione euristica ha difficoltà a spiegare, ma che sono naturalmente spiegati dalla visione induttiva, con l'obiettivo di rendere plausibile che un principio di semplicità (di un tipo che specificherò a tempo debito) possa funzionare come ipotesi di lavoro per la pratica scientifica. Come verrà discusso nel capitolo conclusivo, il mio obiettivo finale è quello di affermare la visione induttiva come una seria concorrente nella ricostruzione di inferenze analogiche nei contesti specifici di indagine in cui esse si presentano, insieme alle risposte ponderate che argomentazioni analogiche tendono a generare nella comunità scientifica circostante.

Una parte importante del compito che svolgerò nei prossimi capitoli non sarà solo quella di difendere la visione induttiva rispetto alla rivale euristica, ma anche di difendere una versione specifica della visione induttiva rispetto ad altre versioni possibili. Per esempio, sosterrò che le analogie

possano svolgere una funzione induttiva non solo quando identificano somiglianze nelle caratteristiche causali, come hanno sostenuto alcuni difensori della visione induttiva (Hesse 1963), ma anche quando identificano certi tipi di somiglianze di tipo matematico. Sosterrò inoltre che il ruolo di conferma dell'analogia non può essere ridotto a qualche regola generale per l'aggiornamento delle proprie credenze in base a nuove evidenze, ma resisterò anche i tentativi di ricorso a qualche vincolo *a priori* sulla forma razionale della distribuzione delle credenze per spiegare il ruolo induttivo dell'analogia nella scienza. Quando questo lavoro sarà terminato, spero che ciò che risalti sia innanzitutto la coerenza della posizione qui sviluppata.

Questa lunga argomentazione a favore della mia versione della visione induttiva a partire dalla 'microstruttura' dell'inferenza scientifica (cfr. Kitcher 2001) inizia nella prossima sezione, dove offrirò quattro argomenti per credere che gli argomenti analogici nella scienza possiedano una funzione induttiva. Nelle sezioni 3 e 4 di questo capitolo farò alcuni cenni storici sulle questioni da me affrontate e un riassunto di ciò che verrà discusso nei capitoli successivi.

2. Tre considerazioni a favore della funzione induttiva delle analogie

Perché pensare che l'analogia nella scienza possieda una funzione induttiva, di giustificazione, in aggiunta a quella euristica, di supporto alla scoperta? In questa sezione, fornirò tre argomenti distinti per rendere almeno inizialmente plausibile questa conclusione. (Per una difesa sistematica della visione induttiva, sarà necessario attendere i prossimi capitoli.)

2.1. Apparenze

Una prima considerazione a favore della visione induttiva è che spesso possiamo percepire la cogenza di un'analogia. Possiamo chiamarlo *l'argomento delle apparenze*. Talvolta, la forza intuitiva è così imponente che alcuni libri di testo di logica e pensiero critico mettono in guardia dal farsi attrarre dalle analogie: "Non c'è modo di assicurarci che stiamo argomentando in modo sicuro per analogia"¹ (110), si legge in un celebre manuale di Jevons (1879). Questo e altri simili inviti alla cautela sono, a mio modesto avviso, consigli validi. Tuttavia, non smuovono chi difende l'idea che l'analogia possieda un ruolo induttivo nelle scienze. Per fare solo un

1. Tutte le traduzioni da testi in inglese contenute in questo volume sono mie.

esempio in cui sembra plausibile che un'analogia abbia funzione induttiva, menzioniamo brevemente un episodio della storia dell'elettromagnetismo che vede protagonisti due dei suoi pionieri.

Nel 1766, Benjamin Franklin riferì a Joseph Priestley un'osservazione che aveva fatto studiando l'elettricità. Se si prende una sfera di metallo appoggiata su un isolante e la si carica, e poi si pone un tappo di sughero vicino ad essa all'esterno, il tappo è soggetto ad attrazione elettrostatica; tuttavia, se si prende lo stesso pezzo di sughero e lo si pone all'interno dell'involucro carico, si può apprezzare sperimentalmente che esso non è soggetto ad alcuna attrazione. Per spiegarsi questo fenomeno, Priestley richiamò proprio quella sezione dei *Principia*, raffigurata nel ritratto ufficiale di Newton, di cui si è parlato in precedenza. In particolare, la Proposizione LXX afferma che, se la gravità obbedisce a una legge quadratica inversa, l'attrazione gravitazionale su qualsiasi punto P all'interno di una sfera cava S di densità uniforme deve essere nulla². Ricordando la dimostrazione di Newton, Priestley propose un argomento per spiegare l'effetto elettrostatico nullo osservato da Benjamin Franklin:

Non possiamo forse dedurre da questo esperimento che l'attrazione dell'elettricità è soggetta alle stesse leggi di quella della gravitazione, ed è quindi in funzione del quadrato delle distanze; poiché è facilmente dimostrabile che se la terra avesse la forma di un guscio, un corpo al suo interno non sarebbe attratto da un lato più che da un altro? (1767, 732)

Questo esempio offre una chiara illustrazione di un argomento per analogia utilizzato a sostegno di una nuova ipotesi empirica nel corso della ricerca. Priestley sostenne la legge elettrostatica inversa al quadrato quando si sapeva ben poco di elettricità, molto prima che, ad esempio, Alessandro Volta e Michael Faraday iniziassero le loro ricerche. Secondo Priestley, nello stesso modo in cui si dimostra che l'assenza di attrazione gravitazionale all'interno di una sfera cava di densità uniforme è dovuta alla forza di gravità che obbedisce a una legge quadratica inversa, così il fatto che il tappo di sughero sia a riposo all'interno di un involucro conduttore chiu-

2. La dimostrazione del teorema di Newton è la seguente. Considerando una sfera cava S di densità uniforme e un punto arbitrario P al suo interno, Newton dimostra innanzitutto che due sezioni coniche arbitrariamente piccole della sfera, con spigoli PK e PH rispettivamente, costruite intorno all'asse JM passante per il loro vertice comune P, hanno masse proporzionali al quadrato dei rispettivi spigoli PK e PH (fig. 1). A questo punto, Newton si appella al fatto che anche l'attrazione gravitazionale è proporzionale (inversamente) al quadrato della distanza tra due punti, da cui consegue che l'attrazione esercitata su P dalle masse delle due sezioni coniche deve necessariamente essere nulla. Poiché P è un punto arbitrario, il teorema segue.

so indica che le forze elettrostatiche obbediscono a una legge quadratica inversa simile. Collocata nelle parti conclusive di un'opera influente sull'elettricità, l'argomentazione di Priestley spinse molti scienziati ad aspettarsi una legge quadratica inversa in elettrostatica. Di fatto, quando vent'anni dopo Coulomb presentò i risultati dei suoi celebri esperimenti sulla bilancia di torsione (motivo per cui la legge elettrostatica attualmente prende il nome da lui) non fece altro che dare ulteriore conferma a un'ipotesi che molti nella comunità scientifica già si aspettavano fosse corretta³.

I difensori della visione euristica potrebbero qui obiettare che la plausibilità della legge elettrostatica di Priestley non si basa affatto sull'analogia con la legge di gravità di Newton, ma piuttosto sull'osservazione di un effetto elettrostatico nullo. Secondo questa ricostruzione, l'effetto nullo osservato da Franklin è plausibilmente implicato dalla legge elettrostatica quadratica inversa; poiché l'implicazione è sufficiente per la conferma incrementale (nel senso che se un'ipotesi H implica E , allora E è evidenza per H), i difensori della visione euristica possono concedere che vi sia una forma di giustificazione induttiva nell'esempio dell'analogia di Priestley, pur continuando a sostenere che l'analogia fisica tra l'elettrostatica e la gravità è di per sé inerte dal punto di vista induttivo. (Nel capitolo 4, utilizzerò il termine specifico 'riduzionista' per la posizione qui delineata).

Per i difensori della visione induttiva, tuttavia, la ricostruzione euristica è insufficiente a spiegare ciò che è rilevante nell'esempio. Infatti, lo stesso effetto elettrostatico nullo è reso probabile da altre ipotesi: ad esempio, l'ipotesi che la legge elettrostatica sia lineare, ma l'effetto nullo è osservato come risultato di qualche fattore complicante nella configurazione sperimentale⁴. Per i difensori della visione induttiva, non abbiamo un resoconto completo del ragionamento di Priestley finché non identifichiamo cosa rendesse la legge quadratica inversa particolarmente plausibile in quel contesto rispetto alle varie ipotesi rivali. Tra le qualità della legge elettrostatica di Priestley c'è plausibilmente il fatto che, per usare l'espressione di Salmon (1990), "si adatta induttivamente" al resto delle conoscenze, una qualità che non tutte le ipotesi elettrostatiche rivali compatibili con l'effetto nullo di Franklin condividono. In altre parole, la semplicità che deriva dal supporre una legge quadratica inversa comune alle forze gravitazionali ed

3. Heering (1993) si spinge fino ad affermare che, di fatto, "Coulomb non trovò la legge quadratica inversa attraverso misurazioni dubbie dei suoi esperimenti con la bilancia di torsione, ma attraverso considerazioni teoriche" (1993), citando l'analogia con la legge di Newton come una delle principali ragioni di Coulomb.

4. Dall'esperimento di Franklin non si *deduce* che le forze elettrostatiche obbediscano a una legge quadratica inversa. Senza ulteriori assunzioni, un effetto nullo non implica una tale legge; cfr. Falconer (2016).

elettrostatiche non si limita a rendere psicologicamente rilevante l'ipotesi di Priestley, ma aggiunge credibilità a quella ipotesi quando essa è comparata a spiegazioni fisiche rivali dell'effetto elettrostatico nullo.

2.2. Testimonianza

Oltre a rendere giustizia alla forza di alcuni argomenti di analogia nella scienza, la visione induttiva è anche storicamente supportata dalla testimonianza di alcuni tra i maggiori scienziati. Possiamo chiamare questa seconda considerazione l'*argomento della testimonianza*. Newton, per esempio, inserisce tra le tre regole fondamentali dell'indagine scientifica proprio il "non recedere dall'analogia della Natura, che suole essere semplice, e sempre consonante con se stessa" (1713, 23). Similmente, introducendo il suo lavoro sull'elettromagnetismo, Priestley scrive:

L'analogia è la nostra migliore guida nelle indagini filosofiche; e tutte le scoperte, che non sono state fatte per caso, sono state fatte con l'aiuto di essa. (1767, 19)

Contrapponendo le scoperte fatte con l'aiuto dell'analogia a quelle fatte per puro caso, Priestley implica chiaramente che l'analogia non è semplicemente un dispositivo di scoperta tra gli altri, ma una forma distintiva di inferenza scientifica e un'importante guida nell'indagine empirica.

Altro difensore notevole della visione è Charles Darwin, la cui ipotesi di evoluzione per selezione naturale ha proprio origine "dall'analogia con le produzioni domestiche" (Lettera a Henslow 100, 1903), cioè con la selezione esercitata dagli allevatori su tratti degli animali. In risposta a T.H. Huxley, che aveva trovato poco convincente l'argomento sviluppato nell'*Origine delle Specie*, basato appunto sulla comparazione tra la varietà di tratti ottenuta artificialmente e quella possibile in natura, Darwin gli rimprovera una forma di "cecità induttiva":

Questo mi fa sentire un po' deluso dal fatto che non siate inclini a ritenere l'ipotesi generale in qualche misura più probabile di quanto non lo foste all'inizio. Tale fatto mi sembra piuttosto preoccupante. (1896, II, 147)

Di nuovo, la testimonianza di Darwin suggerisce che l'analogia con le produzioni domestiche rappresenti non solo, dal suo punto di vista, un'utile illustrazione dell'ipotesi dell'evoluzione per selezione naturale, ma di fatto anche una ragione per prendere sul serio quella stessa ipotesi.

Passando ad anni più recenti, le testimonianze non si fermano. Qui menzionerò, per esemplificazione, uno dei passaggi che chiude il libro *Il Carat-*

tere della Legge Fisica del celebre fisico Richard Feynman (premio Nobel nel 1965). Interrogandosi sul fatto che domini fisici familiari suggeriscano spesso ipotesi plausibili riguardo a domini meno conosciuti della fisica, a partire dal campo della fisica delle particelle elementari, Feynman scrive:

Che cos'è nella natura che permette questo – cioè che è possibile indovinare da una sua parte come si comporta un'altra sua parte? Non so come rispondere a questa domanda; pertanto qui darò una risposta non scientifica. Penso che la natura sia dotata di una forma di semplicità, e quindi di una grande bellezza. (1965, 173)

Come si vedrà in seguito, nel capitolo 5, Feynman riecheggia qui l'insegnamento di James Clerk Maxwell, le cui riflessioni sull'analogia hanno segnato il corso della fisica del Novecento. Per i nostri scopi, è importante sottolineare che le testimonianze a sostegno del ruolo induttivo dell'analogia non si esauriscono affatto con il passaggio alla scienza contemporanea.

2.3. *Pratica*

Una terza considerazione a favore della visione induttiva si basa non su ciò che gli scienziati dicono, ma su ciò che fanno. Possiamo chiamarlo *l'argomento della pratica*. Shelley (2002) propone un caso-studio rilevante in questo senso documentando il dibattito sull'ipotesi di Louis Alvarez (1980) sulle cause dell'estinzione dei dinosauri. Nel proporre che i dinosauri si fossero estinti a causa dello schianto di un asteroide di grandi dimensioni, Alvarez aveva paragonato l'ipotetico schianto dell'asteroide all'esplosione del vulcano Krakatoa in Indonesia nel 1883, i cui detriti avevano raggiunto Londra. L'idea di Alvarez che la polvere generata dallo schianto dell'asteroide abbia potuto avvolgere l'atmosfera terrestre, portando all'estinzione dei dinosauri, fu seguita da un'accesa discussione sulla plausibilità dell'analogia Krakatoa-asteroide. Come scrive Shelley (2002), commentando alcuni dei contributi scientifici più significativi:

Gli scienziati coinvolti nel dibattito ritenevano chiaramente che le controargomentazioni fossero rilevanti per l'accettabilità dell'ipotesi dell'impatto dell'asteroide. (2002, 493)

L'idea, in altre parole, è che sembra esserci una struttura *normativa* (o una logica) nella pratica di offrire e valutare argomenti per analogia nella scienza. La relazione che emerge nella pratica scientifica tra la plausibilità di un'analogia e l'accettabilità di un'ipotesi basata su quest'ultima è difficile da spiegare se adottiamo un'interpretazione euristica del ruolo dell'analogia.

In risposta, i difensori della visione euristica tendono spesso a proporre qualche surrogato della funzione induttiva che soddisfi le loro vedute austere sulla corretta metodologia scientifica. Un recente suggerimento di Nyrup (2019) è che le argomentazioni per analogia spesso mirino a stabilire soltanto la “perseguibilità” (“pursuit-worthiness”) di una nuova ipotesi, dove quest’ultima è intesa come slegata dalla nozione di credibilità di un’ipotesi. Tuttavia, oltre a dover fare la dubbia assunzione che si dia un’unica nozione coerente di ‘perseguibilità’ che possa prendere il posto della nozione di giustificazione, tesi come quella di Nyrup sono tipicamente difficili da valutare rispetto alla domanda di maggiore interesse, ovvero se esse possano spiegare la pratica scientifica. Per esempio, Shelley (2002) fa notare come Alvarez e i suoi colleghi si siano preoccupati di rispondere alle obiezioni sollevate contro la loro analogia con l’asteroide, ma che:

Se avessero considerato la loro analogia come un mero espediente euristico, Alvarez *et al.* avrebbero potuto benissimo lasciare [i problemi] senza risposta. (2002, 484)

Lo stesso argomento si estende alla nozione di perseguibilità, dal momento che non si dà per scontato che un’ipotesi che presenti disanalogie con un caso noto non sia comunque perseguibile per ragioni pragmatiche (per esempio, come stimolo ad ulteriori ricerche). In altre parole, quando non attribuiamo una qualche connotazione epistemica ad essa, la mera utilità di perseguire una data ipotesi non sembra sufficiente a spiegare cosa rende alcune analogie seriamente proposte nel corso dell’indagine scientifica degne dell’esame approfondito della comunità circostante.

Per concludere, esistono diverse ragioni per ritenere la visione induttiva come corretto resoconto razionale della metodologia scientifica. Per la brevità della trattazione, si intende che i tre argomenti sopra esposti vadano trattati come considerazioni iniziali, utili solo a rendere plausibile l’idea che le analogie possano fornire una componente di giustificazione alle ipotesi empiriche. Il grosso del lavoro filosofico di giustificazione deve ancora iniziare.

3. Alcuni cenni storici

I capitoli che seguono sono intesi come contributo alla letteratura filosofica contemporanea sul ragionamento per analogia nella scienza. Pur facendo talvolta riferimento alla posizione che vari filosofi del passato hanno assunto sulle questioni che affronto, non tenterò un’introduzione

storica esaustiva all'argomento, né farò sempre in modo di tracciare le connessioni tra il linguaggio da me adottato e quello di altri contributi passati. Tuttavia, per offrire un minimo di sfondo alla mia discussione, mi si consenta di riassumere alcuni aspetti della storia recente della riflessione filosofica sull'analogia. Sebbene il tema risalga ai presocratici e continui in Platone, Aristotele, Aquino, Bacone, Galileo, Hume, Kant e Mill, il periodo che tratterò in questa sezione – la seconda metà del XX secolo – per molti versi racchiude e drammatizza i disaccordi filosofici che si erano già manifestati in fasi precedenti della storia della filosofia e che continuano a dividere i teorici di oggi.

Nei *Fondamenti Logici della Probabilità*, Carnap avanza una proposta di risoluzione del problema dell'induzione. L'obiettivo di Carnap è, in breve, dimostrare che tutte le forme di ragionamento induttivo si riducano alla teoria della probabilità. Secondo Carnap, la logica induttiva non richiede per la sua giustificazione alcun appello ad un principio di analogia o uniformità della natura, poiché essa può essere interamente descritta in termini di assiomi che sono (quando un linguaggio è fissato) analitici e a priori. Poiché il ragionamento analogico è una forma di ragionamento induttivo, la posizione di Carnap implica che il ragionamento analogico possa essere ridotto alla teoria della probabilità. Carnap seguiva qui le orme di Mill, che aveva esplicitamente collegato le scoperte di somiglianze con l'aumento della probabilità:

Non v'è dubbio che ogni somiglianza [non nota come irrilevante] offre un certo grado di probabilità, al di là di quello che esisterebbe altrimenti, a favore di una conclusione [e] ogni dissomiglianza che può essere provata tra loro fornisce una controprobabilità della stessa natura dall'altra parte. (Mill 1843, 333)

Sebbene Carnap avesse fornito pochi dettagli su come ridurre l'analogia alla teoria della probabilità, il compito fu parzialmente ripreso nelle opere successive e poi, nel 1970, a seguito delle critiche ricevute nel corso degli anni, lasciato ai seguaci del suo programma filosofico. Esempi recenti di tentativi in questo senso sono Niiniluoto (1981), Skyrms (1987), e Festa (1997).

Mentre Carnap e i suoi seguaci erano impegnati nei loro studi formali, la *Struttura* di Kuhn aveva già iniziato a esercitare il suo monumentale impatto sul panorama filosofico occidentale. Secondo l'immagine della scienza proposta da Kuhn, l'attività scientifica propriamente detta inizia con l'affermazione nella comunità scientifica di un *paradigma* comune di ricerca empirica: tipicamente, un testo o una serie di testi che hanno avuto particolare successo nella loro capacità di risolvere i problemi, tanto da es-

sere elevati allo status di “esemplare”. Una parte considerevole dell’attività scientifica consiste poi nell’estendere (per analogia) i modelli di risoluzione dei problemi identificati dal paradigma a qualche caso nuovo (uno di quelli ancora da esplorare dal paradigma). Tra le evidenze più importanti che Kuhn portò a favore di questo quadro, che per molti versi avvicina l’analogia al nucleo della scienza, vi è il comportamento della comunità scientifica di fronte alle “anomalie empiriche”: i casi in cui le previsioni sostenute da una teoria consolidata si rivelano errate. Secondo Kuhn, il comportamento adottato dalla comunità scientifica è di tipo conservativo, volto principalmente a preservare il paradigma alla base della teoria piuttosto che a confutarlo. È solo nei periodi di rivoluzione, quando i paradigmi esistenti sono apertamente messi in discussione e nuove strade emergono, che gli esperti prendono in considerazione di abbandonare i paradigmi esistenti per abbracciarne di nuovi.

Per quanto gli approcci di Carnap e Kuhn alla filosofia della scienza siano per molti versi antitetici, si possono notare alcune somiglianze tra le due posizioni. L’idea di Kuhn di un “cambiamento di paradigma”, in particolare, non appare molto lontana dall’idea di Carnap che i cambiamenti nel linguaggio determinassero cambiamenti nella forma delle relazioni induttive tra evidenza e teoria; e lo stesso vale per l’idea di Kuhn dell’incommensurabilità delle teorie sotto diversi paradigmi, una versione della quale fu esplicitamente approvata da Carnap (1950).

Tuttavia, le differenze tra i due autori sono altrettanto importanti. Uno dei principi fondamentali dell’approccio di Carnap è che i cambiamenti nel linguaggio siano dettati principalmente da considerazioni pragmatiche; Kuhn, invece, riteneva che nella scelta tra diversi paradigmi fosse in gioco qualcosa di più della semplice pragmatica, qualcosa che aveva a che fare con il successo di vari modelli di risoluzione dei problemi e con i loro diversi modi di soddisfare alcuni vaghi ma persistenti criteri di scelta della teoria nella scienza (cfr. Kuhn 1977). È in questo modo che (almeno secondo un approccio interpretativo alla *Struttura*) Kuhn ha cercato di razionalizzare l’atteggiamento scientifico di assumere l’adesione a un paradigma esistente come criterio di plausibilità delle conclusioni raggiunte attraverso l’indagine empirica (cfr. Nappo forthcoming). Considerando l’analogia con un paradigma consolidato come una fonte di giustificazione per le ipotesi avanzate nel corso dell’indagine scientifica, Kuhn si avvicinò quindi molto di più ad abbracciare una versione della visione induttiva dell’analogia di quanto non avesse fatto Carnap.

Sebbene l’influenza di Carnap sia molto più evidente nel suo lavoro rispetto a quella di Kuhn, è stato *Models and Analogies in Science* di Mary Hesse del 1963 (ripubblicato nel 1966) ad offrire per la prima volta un

percorso chiaro verso una sintesi tra queste due filosofie⁵. Secondo Hesse, la valutazione di un'argomentazione analogica dalle proprietà note di un dominio scientifico alle proprietà non ancora osservate di un altro dominio avviene lungo due dimensioni distinte. In primo luogo, c'è la dimensione "orizzontale", che consiste nella valutazione delle somiglianze e delle dissomiglianze note tra i domini da confrontare, dove la "somiglianza" è definita in relazione a una particolare scelta linguistica. Questa è in effetti la dimensione che Carnap e, prima di lui, Mill stavano cercando di catturare attraverso una teoria della probabilità – quello che potremmo chiamare il lato *empirico* del ragionamento analogico. Oltre a questo, però, Hesse riconosceva anche una dimensione distinta della valutazione delle analogie nella scienza, la dimensione "verticale". Secondo la sua visione, il successo delle argomentazioni analogiche dipende dalla plausibilità di ritenere che gli stessi tipi di *relazioni causali* che si verificano tra le proprietà salienti della fonte dell'analogia siano assegnati anche nel sistema bersaglio. La valutazione di un'analogia si vede quindi dipendere non solo dalle somiglianze e dissomiglianze osservate tra modello e bersaglio, ma anche, come sottolineava Kuhn, da fatti più generali sullo stato della scienza: fatti riguardanti i tipi di connessioni causali che sono considerati scientificamente accettabili nei vari stadi della storia – il lato per così dire *teoretico* dell'analogia.

Dopo aver sostenuto la tesi che la plausibilità degli argomenti analogici abbia carattere bidimensionale, Hesse si viene a trovare in difficoltà nell'identificare una giustificazione che collegasse i giudizi di plausibilità con una teoria della conferma di ipotesi scientifiche. Nel terzo capitolo di *Modelli e analogie*, Hesse sembra rivelare una certa simpatia per una forma di rivendicazione dell'uso induttivo dell'analogia nello stile proposto più in generale per il ragionamento induttivo da Hans Reichenbach (1938). Le opzioni, secondo Hesse, sono due: o viviamo in un "universo casuale", in cui non c'è limite alla varietà di possibili associazioni (ad esempio, connessioni causali) tra le proprietà di questo universo, nel qual caso il metodo dell'analogia, proprio come qualsiasi altro metodo non deduttivo, è destinato al fallimento; oppure non viviamo in un universo casuale, nel qual caso l'uso del metodo dell'analogia è giustificato. In ogni caso, l'uso induttivo dell'analogia è rivendicabile perché:

5. Un altro contributo notevole negli stessi anni è quello, in lingua italiana, di Melandri (1968). La difficoltà del linguaggio e la complessità dell'esposizione hanno in parte impedito la diffusione internazionale del testo. Tuttavia, alcuni dei suoi temi saranno riecheggianti nel capitolo 4, riguardo alla 'teoria dinamica' della conferma per analogia.

[anche se] di nessuno dei domini di applicazione dei modelli scientifici *sappiamo* per certo che si tratta di universi casuali, è comunque ragionevole agire sulla base dell'ipotesi che *non lo siano*, e questa è l'unica ipotesi che fornisce un qualsiasi principio di selezione tra le ipotesi basato sul supporto induttivo. L'alternativa non è un principio di selezione diverso, ma nessun principio. (1963, 117)

Nel successivo *La struttura dell'inferenza scientifica*, Hesse si discosta parzialmente dal precedente approccio di rivendicazione suggerendo una risposta postulazionista (del tipo difeso, tra gli altri, da Keynes 1921), secondo il quale un principio di varietà limitata delle forme o principi naturali costituisce un postulato (o assioma) di base per l'indagine scientifica.

Per quanto il dibattito contemporaneo sia sotto certi aspetti profondamente cambiato, molte tracce degli stessi disaccordi che animarono la disputa tra Carnap, Kuhn e Hesse (tra gli altri) si ritrovano nei dibattiti contemporanei. Come notano Crowther *et al.* (2019), l'opinione maggioritaria nella letteratura filosofica contemporanea appare essere una versione della visione euristica dell'analogia nella scienza. Tuttavia, vi sono eccezioni rilevanti. Nel suo *By Parallel Reasoning* (2009), la discussione più completa sul ragionamento per analogia nella scienza nel panorama attuale, Paul Bartha ha identificato e difeso una versione della visione induttiva, il suo cosiddetto "modello di articolazione". Partendo dal contributo di Kuhn e Hesse, Bartha sviluppa un sistema articolato di criteri di plausibilità per il ragionamento analogico nella scienza che mira a superare alcuni limiti apparenti dell'approccio bidimensionale difeso da Hesse (1963). Sul problema della giustificazione dell'uso induttivo dell'analogia, Bartha considera due diverse strade come possibili alternative: una principale, basata sulla simmetria, e una secondaria, che si riferisce al potenziale dell'analogia di favorire l'unificazione dei diversi domini della scienza.

La versione della visione induttiva che difenderò in questo lavoro si ispira ad alcune delle stesse fonti di Bartha, ma le sviluppa in una direzione diversa. Il modo più semplice di riassumere la differenza tra i due approcci è che il resoconto di Bartha è più "kuhniano" nello spirito: nel suo modello di articolazione, la dimensione "verticale" della valutazione degli argomenti analogici ha una netta preferenza su quella "orizzontale"; inoltre, il suo tentativo di inserire il ragionamento per analogia all'interno di una teoria della conferma consiste principalmente nel mostrare che gli argomenti analogici funzionano come "considerazioni di plausibilità" che influenzano le opinioni preliminari degli attori scientifici prima che venga presa in considerazione qualsiasi nuova evidenza. Il mio quadro, invece, tenta di riconquistare la sintesi 'hessiana': nel mio resoconto esiste un'interazione dinamica virtuosa tra la dimensione verticale e quella orizzon-

tale della valutazione degli argomenti analogici; come risulterà più chiaro successivamente, il mio modo di accogliere il ragionamento analogico all'interno di una teoria della conferma è similmente un tentativo di riunire in un unico racconto un approccio più “carnapiano” e uno più “kuhniiano”. Per fornire alcune anticipazioni più dettagliate, nella prossima sezione fornirò brevi cenni alle argomentazioni di ciascuno dei prossimi capitoli.

4. Panoramica dei prossimi capitoli

L'obiettivo dei capitoli seguenti è quello di articolare e difendere alcuni degli aspetti fondamentali della mia versione della visione induttiva dell'analogia. Nel secondo e terzo capitolo affronterò il problema descrittivo del ragionamento analogico, cioè il problema di definire quali tipi di argomentazioni analogiche siano considerate plausibili nella pratica scientifica (senza considerare se sia possibile trovare una qualche giustificazione per queste attribuzioni di plausibilità). Una delle principali risposte al problema descrittivo è la teoria bidimensionale difesa da Hesse nel suo *Models and Analogies in Science* (1963). Nel secondo capitolo, mi occuperò di illustrare le ragioni che hanno portato Bartha (2009) ed altri notevoli commentatori ad abbandonare la cosiddetta “condizione materiale” sul ragionamento analogico plausibile: l'affermazione, che Hesse (1963) difende strenuamente nel corso della sua trattazione, che non si dà inferenza analogica forte nella scienza se non a partire da somiglianze ‘pre-teoretiche’ o ‘materiali’. Come argomenterò attraverso esempi tratti dalla matematica e dalla fisica, le obiezioni mosse da Bartha (2009) ed altri alla condizione materiale possono essere superate. Alcuni dei casi studio più difficili per la condizione materiale possono essere spiegati tracciando una distinzione (che è compatibile con lo spirito della proposta originale di Hesse) tra aggiustamenti *curatoriali* e aggiustamenti *bruti* al linguaggio scientifico accettato.

Nel terzo capitolo, mi occuperò dell'altra condizione sull'inferenza analogica che caratterizza la teoria bidimensionale di Hesse, la cosiddetta “condizione causale”. Secondo questa condizione, le informazioni ottenute studiando un dato modello possono essere rilevanti per fare previsioni su un sistema bersaglio solo quando le proprietà del modello che si sa essere condivise dal bersaglio sono causalmente connesse alle altre proprietà note del modello che sono solo previste per il sistema bersaglio. Nonostante le sue numerose virtù, sosterrò con esempi storici che la teoria causale offre una risposta insufficiente al problema di ciò che rende una data somiglianza rilevante per un'inferenza analogica. Utilizzando un esempio tratto dal lavoro di Francis Galton sulla biologia delle popolazioni, sosterrò

che le argomentazioni analogiche da un modello a un sistema bersaglio sono considerate plausibili non solo quando ci sono somiglianze nelle caratteristiche *causali*, ma più in generale quando ci sono somiglianze nelle caratteristiche *esplicative*, che possono includere sia caratteristiche causali che caratteristiche non causali. Tale conclusione suggerisce una condizione *unificazionista* sul ragionamento analogico induttivamente significativo come sostitutiva alla condizione troppo restrittiva difesa da Hesse.

Nel quarto capitolo introdurrò il problema *normativo* dell'analogia, ossia la questione di cosa può giustificare le aspettative che talvolta gli scienziati attribuiscono alle ipotesi tratte da analogie considerate plausibili nel corso delle loro indagini. Considererò questo problema dal punto di vista che è stato predominante nell'ultimo secolo, ovvero stabilire in che modo le analogie svolgono un ruolo all'interno di una teoria interamente generale della conferma scientifica. Le due principali prospettive sull'argomento offrono risposte diverse a questo problema. Secondo una tradizione che risale almeno a Mill (1843) e continua in Carnap (1950) e in gran parte del bayesianesimo contemporaneo, il peso confermativo delle analogie è spiegato in termini di cambiamenti *incrementali* nella credenza assegnata ad alcune ipotesi salienti quando si accerta un ulteriore elemento di somiglianza o dissomiglianza tra la fonte e il bersaglio. Una tradizione diversa e più recente, che risale a Salmon (1967) e continua nel lavoro di Bartha (2009), mira a dimostrare che gli argomenti analogici siano considerazioni di plausibilità che influenzano le opinioni pregresse (i cosiddetti *priors*) di un agente razionale prima che venga introdotta nuova evidenza. Secondo il "resoconto dinamico" che difenderò, il profilo confermativo degli argomenti analogici presenta sia un aspetto incrementale che uno non incrementale. Il primo è un caso incontrovertibile di aggiornamento su nuove evidenze; per quanto riguarda il secondo, propongo di giustificarlo sulla base di un'aspettativa (che può essere più o meno ragionevole a seconda del contesto) di semplicità nella descrizione della realtà naturale e sociale: vale a dire, con l'idea che gli stessi schemi esplicativi utilizzati nella fonte dell'analogia siano "sulla buona strada" per fornirci una comprensione della realtà.

Nel quinto e sesto capitolo, la discussione prenderà una piega storica, concentrandosi sulla pratica metodologica, e in particolare modo sull'uso dell'analogia nella fisica moderna. Questo cambio di prospettiva ha un duplice scopo: in primo luogo, illustrare come la visione induttiva sviluppata nei capitoli precedenti possa contribuire significativamente alla nostra interpretazione della metodologia scientifica e dei suoi principali risultati; in secondo luogo, offrire ulteriore supporto alle risposte al problema de-

scrittivo e normativo difese nei capitoli precedenti attraverso alcuni esempi notevoli di pratica scientifica sia passata che contemporanea.

Facendo appello alla funzione induttiva delle analogie, nel quinto capitolo svilupperò una versione significativamente migliorata dell'interpretazione "materialista" della metodologia scientifica di James Clerk Maxwell che risale a Hesse (1972) e, prima di lei, a Campbell (1920). Rispetto alla predominante interpretazione "formalista" della metodologia di Maxwell difesa, tra gli altri, da Peter Achinstein (1991) e Peter Harman (1998), sosterrò che la mia interpretazione: *i*) dà senso alla continuità delle osservazioni di Maxwell sul metodo dell'analogia fisica in tutta la sua opera; *ii*) spiega la ricerca di Maxwell di una "classificazione matematica delle grandezze fisiche", la cui importanza nel suo lavoro scientifico è stata ampiamente sottovalutata; e *iii*) offre un'interpretazione nuova e storicamente più plausibile dell'episodio contestato dell'introduzione della corrente di spostamento nell'articolo "On Physical Lines of Forces" di Maxwell. Lungo il percorso, noterò come la pratica scientifica di Maxwell confermi alcune delle tesi principali avanzate nei capitoli precedenti. In particolare, sosterrò che il procedimento d'indagine di Maxwell si conforma all'aspetto dinamico della conferma per analogia discusso nel capitolo quattro. Inoltre, insisterò che le inferenze che Maxwell spesso trae dalle sue analogie fisiche spesso si basano su somiglianze in caratteristiche geometriche e dimensionali, il che costituisce un'ulteriore prova dell'affermazione fatta nel terzo capitolo, ovvero che le somiglianze in caratteristiche specificamente causali non siano l'unico tipo di somiglianze in grado di sostenere argomenti analogici plausibili nella scienza.

Nel sesto capitolo, l'attenzione si sposterà sulla pratica scientifica contemporanea. In particolare, il riferimento sarà all'uso contemporaneo di simulazioni analogiche nello studio delle proprietà dei buchi neri, a partire dal cosiddetto "effetto di Hawking". Sosterrò che è un errore considerare le inferenze da simulazioni analogiche come un esempio di una "nuova forma di inferenza scientifica" (Dardashti *et al.* 2017, 55) che sfrutta isomorfismi sintattici tra i modelli di domini diversi. Nella mia ricostruzione, questi argomenti soddisfano i criteri difesi nei precedenti capitoli per le inferenze analogiche ordinarie nella scienza; in quanto tali, la loro capacità di confermare nuove ipotesi può essere dedotta da una teoria generale – compatibile con l'adozione di un punto di vista bayesiano – di come le ordinarie argomentazioni basate sull'analogia possano offrire conferma. Tra le altre cose, il modello formale che proporrò per la conferma da simulazioni analogiche fornisce raccomandazioni su quali esperimenti valga la pena perseguire che sono diverse e più credibili rispetto a quelli di Dardashti, Hartmann, Thébault e Winsberg (2019). Il mio approccio costituisce anche una