

*Francesco Guala e Matteo Motterlini*

Laboratorio di Scienze Cognitive, Università di Trento

## **Contesti ed esperimenti.**

### **Una prospettiva epistemologica**

*Contesto:* (1) Il complesso delle idee e dei fatti contenuti in un testo o in un discorso che consente di determinare il senso di una frase di una parola che in tale testo o discorso compaiono. (2) Il complesso di circostanze in cui si sviluppa un determinato fatto.

(Dizionario Zingarelli della lingua italiana)

#### **1. Un'ideale a-contestualista?**

Immaginiamo una filosofia della conoscenza come pura descrizione (linguistica) della realtà empirica. Secondo tale proposta epistemologica, la scienza è fondamentalmente costituita da *teorie*, insiemi di enunciati organizzati in sistemi più o meno formali. Il banco di prova delle teorie, inoltre, è costituito dal tribunale dell'esperienza - una teoria è giudicata in modo positivo o negativo a seconda della sua capacità di descrivere accuratamente i fatti osservati dalla comunità scientifica. Immaginiamo infine che i promotori di tale filosofia perseguano un'ideale *a-contestualista*: in linea di principio, essi vorrebbero che la valutazione delle teorie fosse indipendente da altre considerazioni contestuali, quali i (pre)giudizi religiosi, politici e ontologici dei singoli scienziati, il luogo geografico e il periodo storico in cui la valutazione viene effettuata, la specifica teoria scientifica da essi preferita, e perfino il tipo di realtà che stiamo studiando, sia questa un sistema di particelle subatomiche, la struttura del cosmo, la struttura di una popolazione di animali o di una società esotica.

Una filosofia a-contestualista avrebbe bisogno di una ‘macchina epistemologica’ con due porte d’ingresso: nella prima vengono inserite le teorie, ovvero insiemi di enunciati del tipo ‘tutti i corpi si attraggono con forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza e direttamente proporzionale alle loro masse’, ‘la quantità di moneta circolante in un’economia è direttamente proporzionale al livello dei prezzi’, e così via. Nella seconda porta vengono inseriti enunciati che descrivono fenomeni empirici effettivamente osservati, per esempio: ‘una palla di piombo di 100 libbre lasciata cadere da un’altezza di 100 braccia ha impiegato 5 secondi per raggiungere il suolo’; ‘nel 1982 il governo indiano ha aumentato l’emissione di rupie del 4,9% e l’inflazione è salita del 5,2%’, ecc. La macchina ha il compito di confrontare le teorie con i fatti osservati, e di emettere un verdetto, del tipo: ‘la teoria  $T_1$  è confermata dall’osservazione  $O_1$ ’; ‘la teoria  $T_2$  è confutata dall’osservazione  $O_2$ ’; ‘la teoria  $T_3$  è internamente incoerente’, ecc.

Per poter costruire una tale macchina, il filosofo a-contestualista ha bisogno di articolare una serie di *regole* che governano (o dovrebbero governare) il ragionamento scientifico. Tali regole devono fare uso di due tipi di enunciati soltanto: enunciati teorici e enunciati osservativi, indipendentemente dal contenuto di questi enunciati. Una macchina epistemologica di questo genere era già stata sognata da Leibniz nel diciassettesimo secolo. Ma all’inizio del ventesimo alcuni filosofi viennesi avevano creduto che i tempi fossero finalmente maturi, soprattutto grazie agli sviluppi stupefacenti ottenuti in quegli anni nel campo della logica matematica.<sup>1</sup> Il progetto a-contestualista, tuttavia, incontrò alcuni gravi ostacoli, che passeremo ora a esaminare.

## 2. Olismo e 'buon senso'.

Il primo colpo inferto all’ideale a-contestualista è attribuibile a Willard van Orman Quine. Contro il dogma dell’empirismo tradizionale per cui “ciascuna proposizione, presa in sé e isolata dalle altre, si possa confermare o infirmare”, Quine (1951) rivendica il punto di vista espresso con efficacia già da Pierre Duhem. Duhem (1906) avrebbe mostrato che “le nostre proposizioni sul mondo esterno si sottopongono al tribunale dell’esperienza sensibile non individualmente ma solo come insieme solidale” (Quine, 1951, p. 39). Quine afferma inoltre che la scienza nella sua globalità è come un campo di forza i cui punti limite sono l’esperienza. Un disaccordo con l’esperienza alla periferia provoca un riordinamento all’interno del campo [...]. Ma l’intero campo è determinato dai suoi punti limite, cioè l’esperienza, in modo così vago che rimane sempre una notevole libertà di scelta per decidere quali siano le proposizioni di cui si debba dare una nuova valutazione alla luce di una data esperienza contraria. (p. 40)

---

<sup>1</sup> Quanto detto in questo paragrafo è tutt’al più una caricatura della filosofia neopositivista. Sacrificando l’accuratezza abbiamo preferito delineare un ideale filosofico che non è mai esistito in forma così semplificata. In realtà le dottrine dei filosofi del Circolo di Vienna furono ben più sofisticate ed eterogenee - cfr. gli studi di Friedman (1987) e Uebel (ed.) (1991). Per una esposizione divulgativa degli “aspetti logico-linguistici dell’impresa scientifica” si veda Di Francesco (1994).

Pertanto, qualunque asserzione può essere considerata vera qualunque cosa succeda se facciamo delle rettifiche sufficientemente drastiche in qualche altra parte del sistema. (p. 41)

Questa tesi è altamente influente nell'epistemologia contemporanea e segna una svolta contestualistica in riferimento al problema della valutazione della conoscenza in generale, e delle teorie scientifiche in particolare. Solitamente nel dibattito epistemologico si fa riferimento a due sottotesi che costituiscono la cosiddetta 'tesi Duhem-Quine':<sup>2</sup>

- i. Nessuna ipotesi costitutiva H di una teoria più ampia può mai essere sufficientemente isolata da altre ipotesi ausiliari A per poter essere separatamente confutata dall'osservazione.
- ii. Per ogni risultato osservativo O' in contraddizione con la congiunzione H&A esisterà sempre un insieme di ipotesi ausiliari modificate A' tale che H&A' possa essere considerata vera "qualunque cosa succeda" e spieghi O'.

La tesi (i) afferma che nessuna ipotesi teorica de-contestualizzata ha alcuna conseguenza osservativa. Immaginiamoci per un momento scienziati newtoniani. E immaginiamoci impegnati nel tentativo di prevedere l'orbita di un dato pianeta. Ci renderemo immediatamente conto che con una singola teoria (per esempio un'asserzione universale del tipo: "Tutti i corpi si attraggono con una forza direttamente proporzionale alla loro massa e inversamente proporzionale al quadrato della distanza") non potremo ottenere alcuna predizione specifica circa l'orbita di un pianeta. Quello che ci occorre infatti è una teoria insieme al suo contesto, vale a dire a tutta l'impalcatura implicata nella previsione del fenomeno in questione. In questo specifico caso il contesto teorico è costituito dalla legge di gravitazione, dalla meccanica newtoniana, e dalla teoria dell'ottica dell'epoca che ci spiega il funzionamento e l'affidabilità dei telescopi. Dovremo inoltre includere alcune condizioni iniziali, per esempio quelle riguardanti le misurazioni che ci offrono i nostri strumenti - l'ora, il giorno, l'inclinazione del telescopio; e anche condizioni al contorno, per esempio il grado di rifrazione della luce quando entra nell'atmosfera, o il numero dei pianeti conosciuti; ogni pianeta infatti ha un effetto gravitazionale su ogni altro corpo celeste di cui si dovrà tenere conto, ecc. Se così stanno le cose, allora - con le parole di Duhem - quando "il fenomeno previsto non si produce, non è soltanto la proposizione contestata a essere messa in difetto, ma tutta l'impalcatura teorica che il fisico ha usato. (1906, pp. 208-209)

Quando le premesse teoriche sono numerose e complesse - come accade di norma nella scienza - una contraddizione fra teoria e osservazione ci dirà semplicemente che *qualcosa* nell'intero sistema va modificato; il problema è capire che cosa.

---

<sup>2</sup> Cfr. Grünbaum (1960), (1966), (1971).

Il progetto a-contestualista è in questo caso disarmato; necessita di una guida metodologica per orientarsi nel dedalo teorico. Una guida che sia, ovviamente, indipendente dal contesto.

Quine sembra non prendere sul serio l'esistenza di una guida di tal genere. Per Quine, in un certo senso, *tutto va bene*: la tesi (ii) suggerisce che qualsiasi sistema H&A', modificato per tenere conto dell'evidenza anomala, può essere accettabile. Ma la tesi (ii) è probabilmente vera soltanto se intesa in senso banale; mentre intesa in senso non banale richiede di essere supportata da argomenti più forti. La banalità di (ii) dipende dal modo in cui interpretiamo ciò che Quine indica con "rettifiche sufficientemente drastiche del sistema". Per esempio, se qualcuno avanzasse l'ipotesi che le rose sono rosse, e osservasse che in realtà sono nere, potrebbe mantenere la propria ipotesi attraverso una rettifica sufficientemente drastica consistente nello scambiare l'uso delle parole "rosso" e "nero" nella lingua italiana. In questo caso, pertanto, la "condizione *necessaria*" perché (ii) valga in senso non banale è che il "linguaggio teorico sia semanticamente stabile" (Grunbaum, 1966, p. 278). Inoltre, (ii) sarebbe banale anche nel caso in cui per "rettifica sufficientemente drastica" intendessimo trucchetti logici come quello che ci consente di ripristinare l'accordo tra teoria e osservazione impiegando H & O' come ipotesi ausiliare modificata A'.

Da parte sua Duhem non ha mai sostenuto una tesi di questo tipo.<sup>3</sup> Questo dettaglio non ha una semplice rilevanza storiografica ma precisa il problema filosofico col quale ci stiamo misurando. In particolare, Duhem non accetta che *tutte* le teorie possano sempre essere salvate *qualunque cosa succeda* mediante opportuni aggiustamenti del contesto teorico praticamente rilevante. Una buona dose di "buon senso" permette al ricercatore di decidere se salvare l'accordo tra teoria e fatti attraverso rettifiche sufficientemente drastiche oppure se far saltare le basi dell'intera teoria. Tuttavia, riguardo alle procedure con cui il buon senso dovrebbe operare per localizzare il bersaglio teorico dell'esito negativo di un controllo sperimentale Duhem ci lascia senza indicazioni. Con le sue parole:

*le ragioni del buon senso non si impongono con lo stesso implacabile rigore delle prescrizioni della logica, esse hanno qualcosa di vago e fluttuante, non si manifestano contemporaneamente con la stessa chiarezza a tutte le menti. Da qui deriva la possibilità di lunghe discussioni tra i detentori di un vecchio sistema e i sostenitori di una dottrina nuova, pretendendo ciascuno schieramento di avere il buon senso dalla sua, e trovando invece insufficienti le ragioni dell'avversario.* (1906, pp. 244-245)

---

<sup>3</sup> Anche Quine ha precisato successivamente le sue affermazioni a favore di un olismo meno radicale. Si veda per esempio Quine (1960), p. viii, e par. 1-3 e 7-19. Sulle diverse posizioni di Duhem e di Quine, cfr. Harding (ed.) (1976), Vuilemin (1979), Ariew (1984), Gillies, Giorello (1995), cap. 5, Motterlini (1997).

### 3. Il falsificazionismo e l' "obiezione del contesto"

Come è noto, Popper (1934/1959) ha sostenuto che una teoria è *scientifica* se *vieta* il verificarsi di qualche evento, cioè se è falsificabile. La falsificabilità, in altri termini, distinguerebbe la scienza dalla 'pseudoscienza'. Le considerazioni di Duhem e Quine mostrano tuttavia che all'atto pratico anche le migliori teorie scientifiche possono *non* essere in grado di vietare alcuno stato di cose osservabile, dal momento che è sempre possibile rendere la teoria compatibile con l'esperienza grazie ad opportune modificazioni del contesto nel quale le teorie sono calate. Nel suo *Poscritto alla Logica della scoperta scientifica* (1956-1983) Popper ne prende atto e riconosce l'importanza dell'obiezione del contesto:

Appare più seria un'obiezione [rivolta al mio criterio di demarcazione] strettamente connessa con il *problema del contesto*, e con il fatto che il mio criterio di demarcazione si applica a sistemi di teorie *piuttosto che ad asserti isolati da un contesto*. Questa obiezione può essere formulata nel seguente modo. Non si può dire che nessuna ipotesi singola sia falsificabile, perché ogni confutazione di una conclusione può colpire qualsiasi singola premessa dell'insieme di tutte le premesse usate nel derivare la conclusione confutata. L'attribuzione della falsità a qualche particolare ipotesi appartenente a questo sistema di premesse è, perciò, rischiosa, soprattutto se consideriamo il gran numero di assunzioni che intervengono in ogni esperimento. [...] La risposta è che noi possiamo, in realtà, falsificare solo *sistemi di teorie* e che qualsiasi attribuzione della falsità a un particolare asserto nell'ambito di un tale sistema è sempre estremamente incerta. (pp. 203-205, corsivo nostro)

A questo punto, però, "è soltanto l'*istinto scientifico* del ricercatore (influenzato, naturalmente, dai risultati del controllare e ricontrollare) che gli fa indovinare quali asserzioni [dell'insieme utilizzato per derivare la predizione confutata] debbano essere considerate innocue e quali debbano essere considerate bisognose di modificazione" (Popper, 1934/1959, p. 64, nota 2). Dal buon senso di Duhem al tirare a indovinare di Popper non abbiamo fatto molta strada. Ma per un altro verso, lo schema popperiano delle congetture e confutazioni costituisce addirittura un passo indietro. Popper infatti non possiede gli strumenti necessari per risolvere il problema in questione. La teoria che oggi viene sottoposta a un controllo empirico (chiamiamola  $T_n$ ) ha una lunga storia alle spalle. Essa, solitamente, è stata ottenuta modificando una teoria precedente ( $T_{n-1}$ ) per tenere conto di alcune anomalie osservative. Il problema di come *modificare* una teoria scientifica è dunque strettamente legato al problema di come *creare* una nuova teoria - in un certo senso si tratta dello stesso problema. (Cfr. Lakatos, 1978)

Popper, insieme a Hans Reichenbach, è noto per aver operato una netta distinzione fra "contesto della scoperta" e "contesto della giustificazione", fra il processo (psicologico) che consiste nel concepire una nuova idea e i metodi (logici) per controllarne la validità. La sua *Logik der Forschung* non pretendeva niente di più che "fornire un'impalcatura logica della procedura dei controlli delle teorie scientifiche" (1934/1959, p. 11), relegando nel mistero la genesi di nuove idee. Ricordiamo l'immaginaria macchina epistemologica descritta all'inizio di questo capitolo: in essa vengono inserite teorie già fatte e formate.

Il filosofo a-contestualista si disinteressa dell'origine delle teorie scientifiche. Ma questa separazione è insostenibile: una *logica* della scoperta dovrebbe occuparsi proprio del processo attraverso cui arriviamo a una nuova ipotesi piuttosto che a un'altra, e di come la nuova ipotesi dia un senso a fatti vecchi e nuovi che risulterebbero altrimenti inspiegabili:

Se la verifica di un'ipotesi attraverso le predizioni che essa consente ha una sua logica lo stesso vale anche per la concezione di un'ipotesi. Per formarsi l'idea dell'accelerazione o della gravitazione universale si richiede genialità: addirittura un Galileo o un Newton. Ma ciò non può significare che le riflessioni che conducono a tali idee siano irragionevoli o irrazionali. Proprio in ciò risiede la continuità della spiegazione fisica dall'antichità a oggi. (Hanson, 1958, p. 90)

#### 4. Osservazione e *Gestalt*

Il contesto gioca un ruolo importante nella scoperta scientifica - dove per contesto si intende in senso lato il *complesso di circostanze in cui si sviluppa una determinata ipotesi*. La logica della scoperta dovrà concentrarsi sulla via seguita dal ricercatore a partire da un'idea centrale dalla quale i fenomeni sorprendenti risultano spiegabili. In questo senso le teorie costituiscono delle *Gestalt* concettuali. Con le parole di Norwood Russell Hanson (1958):

Una teoria non si forma accozzando assieme i dati frammentari di fenomeni osservati; essa è piuttosto ciò che rende possibile osservare i fenomeni come appartenenti a una certa categoria e come connessi ad altri fenomeni. Le teorie organizzano fenomeni in sistemi. (p. 109)

In breve, i fenomeni osservati dipendono dal contesto e le teorie rendono intelligibili i dati dell'esperienza in un dato contesto. Le celebri figure ambigue di Wittgenstein e della psicologia della *Gestalt* mostrano proprio questo: per poter essere visto un disegno come la celebre figura anatra/coniglio ha bisogno di una organizzazione percettiva.

Nelle *Ricerche filosofiche*, Wittgenstein enfatizza che in casi come quello della figura "non c'è neppure la più lontana somiglianza fra la testa vista *da un lato* e la testa vista *dall'altro*". A sua volta, Hanson sottolinea che in casi del genere immediatamente "*si vede qualcosa di diverso*", piuttosto che "*si vede la medesima cosa e poi la si interpreta in modo diverso*" (p. 19). E soprattutto trasferisce queste condizioni nella pratica scientifica:

Consideriamo Keplero: immaginiamo che egli si trovi su una collina e che osservi il sorgere del Sole in compagnia di Tycho Brahe. [...] Tycho vede [però] un Sole mobile, Keplero [...] un Sole statico. (pp. 14-29)

Non c'è dunque osservazione pura e di conseguenza nemmeno un linguaggio osservativo neutro: "l'osservazione di  $x$  è condizionata dall'anteriore conoscenza di  $x$ " (p. 31).

Il caso di Tycho e Keplero mostra un altro aspetto rilevante, vale a dire che nel vedere c'è un *fattore linguistico* - "se non ci fosse l'elemento linguistico, niente di ciò che osserviamo potrebbe avere rilevanza per la nostra conoscenza." (p. 30)

Ne consegue che i pretesi termini "osservativi" in realtà sono "carichi di teoria"; inoltre, i significati di tali termini "sono funzioni di schemi concettuali" che ineriscono ai linguaggi. Una scienza di fatti bruti non è possibile. Questa concezione ha una conseguenza molto importante sulla nostra valutazione del *cambiamento concettuale* in scienza: per tornare all'esempio, tra Brahe e Keplero non si erge il tribunale dell'esperienza neutra, ma il complesso intreccio di differenti modi di vedere *contestualizzati*. Il cambiamento scientifico consisterà nel passaggio dall'uno all'altro.

## 5. La svolta contestualista

Gli argomenti di Hanson sono entrati a far parte del canone filosofico contemporaneo soprattutto grazie all'uso che ne ha fatto Thomas Kuhn nella *Struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962/1969). Kuhn caratterizza i passaggi da un 'modo di vedere i fenomeni' all'altro come riorientamenti gestaltici. Ma *che cosa* determina un certo modo di vedere il mondo, e *come* si passa da un modo all'altro? Per rispondere a queste domande non bastano considerazioni psicologiche relative alla percezione individuale, ma occorre tenere conto del fenomeno *sociologico* di una tradizione di ricerca. A questo proposito Kuhn introduce la nozione di 'paradigma': vale a dire, una costellazione di leggi, teorie, norme metodologiche, applicazioni e strumenti che assistono e guidano lo scienziato nello studio della realtà, e che definisce una particolare tradizione di ricerca scientifica dotata di una sua coerenza. Tradizioni del genere sono quelle che lo storico descrive per mezzo di etichette quali astronomia tolemaica o copernicana, dinamica aristotelica o newtoniana, ottica corpuscolare o ondulatoria, economia classica o marginalista, e così via.

Un paradigma fornisce un contesto teorico e metafisico per l'interpretazione dei dati empirici: Tycho Brahe vede un Sole mobile perché lavora ancora nel contesto del paradigma geostatico, mentre Keplero è già immerso nel paradigma copernicano. Inoltre, esso fornisce un insieme di regole per la costruzione di nuove teorie e la modifica di vecchie ipotesi che faticano a rendere conto delle osservazioni empiriche. Le decisioni dello scienziato vengono in un certo senso risolte dal paradigma, che fornisce le regole per fare della 'buona scienza' – dove 'buona' significa appunto coerente con lo spirito di quel particolare programma di ricerca. Per Kuhn il giudizio su una determinata mossa scientifica è intrinsecamente contestuale: non ha senso chiedersi se il paradigma X sia migliore del paradigma Y, poiché al di fuori di un paradigma non si danno norme per la valutazione della pratica scientifica.

I mutamenti di paradigma sono vere e proprie rivoluzioni (macro-)contestuali, e, come le rivoluzioni politiche, non possono essere spiegati sulla base di considerazioni puramente logiche. Kuhn riconosce che le rivoluzioni sono, per così dire, eccezionali e sottolinea che la crescita della conoscenza si svolge principalmente nei periodi di scienza "normale" - quella cioè che procede *all'interno* di un paradigma. La scienza normale poggia su uno o più risultati raggiunti dalla scienza del passato a cui una particolare comunità scientifica, per un certo periodo, affida la capacità di indicare la sua prassi ulteriore. Kuhn enfatizza dunque la funzione virtuosa del dogma e l'importanza dell'esperto quale giudice del progresso scientifico.

Con Kuhn non è soltanto la natura del controllo empirico a essere dipendente dal contesto, ma la stessa pratica scientifica. Non si dà scienza al di fuori da un contesto paradigmatico. E di conseguenza, anche lo studio della conoscenza scientifica (l' 'epistemologia', secondo la tradizionale classificazione delle discipline filosofiche) deve essere lo studio dei contesti nei quali, di fatto, la scienza viene prodotta. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* costituisce uno spartiacque nella filosofia del ventesimo secolo, perché modificando la nostra percezione della scienza ha determinato anche un cambiamento del modo di *fare* filosofia della scienza. Più precisamente la svolta ha avuto luogo tanto *grazie* a Kuhn quanto *contro* Kuhn. Grazie a Kuhn, nella misura in cui la sua caratterizzazione della scienza per paradigmi ha stimolato la ricerca e l'esplicitazione delle regole che governano specifiche comunità di scienziati in precisi momenti storici e in circostanze localmente determinate. Contro Kuhn, perché la cosiddetta "svolta localista" ha portato all'abbandono dello studio di macro-unità di ricerca come i paradigmi per concentrarsi sullo studio di micro-contesti e quindi su un livello di analisi enormemente più dettagliato.

## 6. Il contesto teorico: le generalizzazioni simboliche

Nel *Poscritto* del 1969 Kuhn insiste sul ruolo cruciale che 'esemplari' e 'generalizzazioni simboliche' svolgono nell'attività di scienza normale all'interno di un paradigma. Gli 'esemplari' sono soluzioni-modello di problemi specifici, che si presume però possano essere generalizzate a una classe più ampia di problemi simili a quello originale. Gli esemplari possono essere sia concreti che astratti. Un esemplare astratto è anche detto 'generalizzazione simbolica'. Le cosiddette 'leggi di natura', secondo Kuhn, non sarebbero altro che esempi felici di soluzione di problemi specifici, come per esempio la descrizione in termini teorici di un certo tipo di sistema meccanico. 'Astratto' va inteso qui nel senso etimologico di *abstrahere*, 'portare via', eliminare i dettagli per concentrarsi sulla struttura essenziale di un'entità o di un sistema. Le generalizzazioni simboliche si collocano a diversi livelli di astrazione.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Per una discussione di Kuhn in termini di astratto e concreto, cfr. Cartwright (1993).



In cima alla scala abbiamo ‘leggi di natura’ come  $f = ma$ . A livello più basso (o concreto) troviamo descrizioni teoriche (modelli) di sistemi fisici più specifici, per esempio un pendolo o un oscillatore armonico. Kuhn nota che la relazione fra le generalizzazioni più astratte e le descrizioni di sistemi fisici concreti non è puramente deduttiva. Riprendendo il secondo Wittgenstein, egli sostiene che esse fanno parte di una famiglia di modelli accomunati da una *relazione di somiglianza*. Un pendolo per esempio è descritto dall’equazione  $mg = -ml \frac{d^2\theta}{dt^2}$ , una generalizzazione simbolica astratta strettamente imparentata con  $f = ma$ . Sistemi più complessi o concreti hanno un grado di somiglianza ancora più debole.<sup>5</sup> A differenza di quanto suggerito dall’ideale a-contestualista, secondo questa prospettiva la conoscenza scientifica non risiede fondamentalmente in un insieme di leggi universali dai cui dedurre meccanicamente i fenomeni concreti (posto che si conoscano le condizioni iniziali, ovviamente). La scienza che fa volare gli aerei e funzionare i televisori risiede piuttosto in arcipelaghi di modelli accomunati da relazioni di vicinanza e similarità più o meno stretta. I modelli più concreti sono anche quelli più *ad hoc*, ovvero ispirati dai modelli astratti ma aggiustati qua e là per adattarli alle caratteristiche del contesto di applicazione.<sup>6</sup>

Seguendo Wittgenstein, sappiamo che la relazione di somiglianza stessa non è in grado di determinare se un problema specifico sia abbastanza simile a un esemplare-modello oppure no – per esempio se un certo sistema possa essere descritto per mezzo di un certo tipo di modello (un modello quantistico, per esempio, o un modello economico di scelta razionale).<sup>7</sup> Anche nella migliore delle ipotesi l’esemplare astratto suggerisce soltanto che un problema può essere risolto più o meno ‘così e così’, ma lo scienziato sa che l’esemplare dovrà essere modificato per catturare opportunamente i dettagli delle circostanze. In generale, più ci si allontana dalle semplici formule dei fisici teorici, più aumenta di importanza la conoscenza del contesto di applicazione del modello o teoria in questione.

## 7. Il contesto pratico: gli esemplari concreti

Facciamo un esempio: il *laser* (l’acronimo sta per *Light Amplified by Stimulated Emission of Radiation*). In generale, un laser è definito in base alla sua funzione: si tratta di una macchina capace di produrre una radiazione altamente coerente, uno strumento dotato della capacità di ‘laseggiare’, per così dire (*lasing*). Secondo la definizione da manuale, la sua struttura può essere descritta a un alto livello di astrazione nel modo seguente:

<sup>5</sup> Vedi gli esempi in Kuhn (1962/1969), p.188, e Giere (1988), cap. 3.

<sup>6</sup> Numerosi esempi sono illustrati e discussi in Morgan e Morrison (a cura di) (1998).

<sup>7</sup> Gli argomenti di Wittgenstein sul ‘seguire una regola’ sono stati ripresi in questa chiave dai sostenitori del ‘programma forte di sociologia della scienza’. Cfr. Bloor (1983).

queste macchine hanno in comune un materiale attivo (per esempio un rubino) per convertire parte dell'energia in una luce laser; e degli specchi, uno dei quali semi-trasparente, per fare in modo che il raggio attraversi il materiale attivo molte volte e in questo modo diventi grandemente amplificato.<sup>8</sup>

Nel descrivere la struttura astratta di un laser, gli autori hanno inserito tra parentesi degli esempi di materiali che possono essere usati *in concreto* per costruire una macchina che, per così dire, 'laseggia'. Ma esistono in linea di principio altri modi e altri materiali per raggiungere lo stesso risultato (il materiale attivo, per esempio, può essere un gas). Il punto è che per quanto ci si sforzi di fornire una descrizione del processo di costruzione di un laser, il livello di dettaglio non sarà mai sufficiente a guidare ogni mossa dello scienziato. Si tratta di un problema molto generale, che Nancy Cartwright chiama 'questione dell'astrazione materiale':

Un fisico può predicare i principi secondo i quali un laser dovrebbe funzionare; ma soltanto gli ingegneri sanno come estendere, correggere, modificare, o aggirare quei principi per adattarli ai diversi materiali che possono essere assemblati per produrre un laser funzionante. I principi della fisica in qualche modo astraggono da tutte le manifestazioni materiali del laser, per fornire una descrizione generale che è in qualche senso comune a tutte, ma non letteralmente vera di alcuna di esse (1989, p. 211).

Questa difficoltà è connessa al carattere eminentemente *ad hoc* di gran parte dell'applicazione della scienza. Ma poiché sono proprio le applicazioni tecnologiche (i laser, i radar, gli aerei e le navicelle spaziali) a indurci a prendere sul serio le teorie scientifiche che le hanno ispirate, non possiamo esimerci dal confrontarci con esso ed esaminare più nei dettagli la relazione esistente fra teoria e applicazione.<sup>9</sup> Per cominciare, le teorie scientifiche hanno la *forma* di sistemi assiomatici, ma in pratica non contengono informazioni sufficienti per legare il mondo delle idee con quello dei fatti concreti. Come dei libri di cucina, le teorie sono costituite da una serie di esempi ('esemplari' o 'modelli') di come spiegare (e talvolta creare) fenomeni di un certo tipo. Ma come le ricette di cucina, molto è lasciato all'immaginazione e alle capacità individuali. Poche persone sono in grado di cucinare una buona *Sacher torte*, specialmente se non hanno mai cucinato dolci in precedenza, e l'aiuto di una buona ricetta non risolverà tutti i problemi che incontreranno nel corso della preparazione. Allo stesso modo, nessun principiante è in grado di far funzionare uno strumento delicato o di replicare un esperimento sulla base soltanto di un libretto di istruzioni o di un manuale di fisica.

---

<sup>8</sup> L. Allen and D.G.C. Jones, *Principles of Gas Lasers*, New York: Plenum Press, 1967; citato in Cartwright (1989), p. 216.

<sup>9</sup> Per una difesa di questo punto di vista, si veda Hacking (1983) e Cartwright (1999).

Per questo motivo la trasmissione del sapere scientifico è tanto di tipo linguistico quanto di tipo pratico e visivo. Quando uno scienziato intende replicare un esperimento deve acquisire una serie di tecniche nuove, e il metodo migliore di apprendimento consiste nel *vedere* e nel *fare*. Guardare come fanno gli altri, e provare a ripetere le stesse procedure come lo studente che impara facendo esercizi di calcolo. Anche in questo caso, dunque, il modo ‘giusto’ di fare un esperimento è definito in riferimento a un esemplare, ma un esemplare *concreto*. Un laser costruito con determinati materiali, e funzionante in un particolare luogo grazie alla cura di un gruppo di scienziati, è un esemplare concreto. (‘Concreto’ qui non significa necessariamente ‘materiale’: anche un’istituzione sociale, politica o economica è ‘concreta’ nel senso in cui intendiamo usare il termine.<sup>10</sup>)

L’apprendimento basato sull’imitazione degli esemplari è generalmente lungo e faticoso. Difficilmente un laser funzionerà al primo colpo. Dettagli apparentemente insignificanti come la lunghezza dei cavi elettrici possono costituire ostacoli difficili da superare. In *Changing Order* (1985) Harry Collins descrive il processo per tentativi ed errori, i trucchi del mestiere per mezzo dei quali un fisico applicato riesce a risolvere problemi di questo tipo. Perché l’apparato dà luogo a continui cortocircuiti?

A questo punto allarghi le braccia perché è un problema studiato da cent’anni e ancora abbastanza difficile da capire, tranne in condizioni controllate dove, diciamo, hai due superfici piate e magari un punto. Ma dove hai qualche curva e degli spigoli e non puoi osservare direttamente, può succedere di tutto [...]. (Collins 1985, p. 59).

La soluzione deve essere pragmatica e non può essere basata su nessuna teoria. Alla fine, il fisico di laboratorio avvolge le parti del laser che danno luogo a cortocircuiti con fogli e bottiglie di polietilene. Questi aspetti della ricerca fanno parte della ‘conoscenza tacita’ dello scienziato e non vengono codificati in nessun libro di testo (e meno che mai negli articoli pubblicati nelle riviste scientifiche). Ma conoscenza tacita e dimensione del ‘fare’ rendono la trasmissione del sapere da laboratorio a laboratorio tutt’altro che banale. In breve, la conoscenza è strettamente legata alle circostanze, e viaggia con grande difficoltà da un contesto all’altro.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Sul ruolo degli esemplari concreti nelle scienze sociali cfr. Guala (2001).

<sup>11</sup> Si veda anche Latour (1984), p. 93 sul caso storico di Pasteur e dei suoi esperimenti col bacillo dell’antrace.

## 8. Una biblioteca borgesiana

Seguendo il sentiero aperto da Kuhn, ci siamo allontanati parecchio da Popper, Hanson e da Kuhn medesimo. Un paradigma, nel senso comune di ‘modello di riferimento’ a cui ispirarsi per fare scienza, non è soltanto un’entità linguistica. Un paradigma è fatto soprattutto di tecniche, strumenti, laboratori. L’olismo di Hanson è prevalentemente linguistico, e può suggerire conclusioni relativistiche: se i fatti sono ‘carichi di teoria’, cioè interpretazioni della realtà costruite su presupposti teorici antecedenti all’osservazione stessa, il cambiamento teorico avviene su basi né neutrali né obbiettive. In ultima analisi, lo scienziato potrà soltanto scegliere il sistema teoria-‘fatti’ (fatti *interpretati*, ovviamente) che meglio si adatta alla sua ideologia. Ma come abbiamo visto, una parte non marginale della conoscenza scientifica non è né teorica né linguistica. Spesso il nostro credere in un effetto, un fenomeno, o un meccanismo causale, è indipendente dalla comprensione teorica del fenomeno stesso.

Prendiamo un esempio ormai divenuto classico: l’osservazione di un piccolo organismo al microscopio.<sup>12</sup> In ogni singola osservazione saremo sempre in dubbio se certe caratteristiche (delle macchie colorate, per esempio) appartengano davvero all’organismo in questione, o siano piuttosto distorsioni provocate dallo strumento di osservazione. Il filosofo linguista concluderà che due scienziati che sottoscrivono due diverse teorie dello strumento in questione (per esempio: ‘lo strumento provoca distorsioni ottiche’, oppure ‘lo strumento non provoca distorsioni’) ‘vedono’ due realtà diverse. Egli suggerirà inoltre che non esiste una terza teoria ‘neutrale’ in grado di fornire un’interpretazione dei fatti priva di pregiudizi. Ma non c’è affatto bisogno di una teoria neutrale. Se utilizzando diversi strumenti che funzionano sulla base di principi diversi (un microscopio elettronico e un microscopio ottico, per esempio) osserveremo esattamente le stesse macchie, potremo altresì concludere che le macchie appartengono all’oggetto osservato e non sono illusioni dello strumento di osservazione. Si tratta di un’applicazione del cosiddetto ‘argomento dei non-miracoli’: sarebbe un’incredibile coincidenza, anzi un vero miracolo, se due strumenti così diversi errassero esattamente nello stesso modo. Pertanto, è più plausibile attribuire le proprietà osservate a un’entità reale – l’organismo sotto osservazione.<sup>13</sup>

L’olismo linguistico costituisce un problema formidabile per le filosofie che concepiscono il progresso scientifico come il progressivo affinamento di descrizioni della realtà accurate e onnicomprensive. Ma le teorie sono epistemicamente supportate dall’*uso* che ne facciamo, ovvero dai successi tecnologici che esse consentono.

<sup>12</sup> L’esempio e la discussione che segue sono tratti da Hacking (1983), cap. 11. Cfr. anche Kosso (1989). Un argomento simile (ma volto a difendere il realismo delle relazioni causali piuttosto che delle entità) si trova in Cartwright (1983).

<sup>13</sup> L’ ‘argomento del non-miracolo’ deve la sua formulazione standard a Hillary Putnam (1975), ed è ampiamente utilizzato nel contesto del dibattito sul realismo delle entità teoriche. Una discussione di questo argomento applicato alla scienza sperimentale si trova in Mayo (1996).

Il progresso scientifico consiste principalmente nel *saper fare*, nella capacità di creare nuovi fenomeni e di intervenire per modificare l'esistente. Il fatto per esempio che i raggi laser possono venire usati per correggere la miopia, o per bucare la corazzatura di un carro armato, suggerisce una profonda differenza fra la scienza e l'astrologia, le favole o la critica letteraria. E' la crescita cumulativa della conoscenza scientifica a livello tecnologico a segnare la differenza principale tra le discipline ermeneutiche per eccellenza e le scienze empiriche.

E' possibile dunque essere empiristi anche dopo Kuhn, senza cedere al relativismo. Certo, il ruolo delle teorie nella scienza ne esce ridimensionato. E il termine stesso 'paradigma' è da intendere in modo nuovo: nessun periodo storico è mai dominato da una visione monolitica e uniforme della realtà empirica. La scienza è in ogni momento una babele di approcci, linguaggi, metodi e modelli indipendenti (e non sempre necessariamente coerenti) applicati localmente a diversi 'pezzi' di realtà.<sup>14</sup>

Dopotutto, perché Dio avrebbe dovuto scrivere il Libro della Natura in termini di leggi universali? Potrebbe darsi il caso che il mondo nel quale viviamo sia variegato, ricco di cose diverse che si comportano in modi differenti. Il mondo del 'localista', per dirla con Ian Hacking, assomiglia a una 'fantasia argentina':

Dio non ha scritto un Libro della Natura come quello immaginato dagli antichi europei. Ha scritto una biblioteca borgesiana, nella quale ogni libro è il più breve possibile, e allo stesso tempo incoerente con tutti gli altri. Nessun libro è ridondante. Per ogni libro, c'è una un pezzo di natura accessibile all'uomo tale che quel libro, e nessun altro, rende possibile la comprensione, predizione e manipolazione di ciò che accade. Ben lungi dall'essere disordinato, questo è un Mondo Nuovo leibniziano. Leibniz disse che Dio scelse un mondo che massimizzasse la varietà dei fenomeni scegliendo allo stesso tempo le leggi più semplici. Esattamente: ma il modo migliore di massimizzare i fenomeni e avere le leggi più semplici consiste nell'avere leggi reciprocamente incoerenti, ognuna applicabile a questo o a quello ma nessuna applicabile a tutto. (1983)

## 9. L'epistemologia contestualizzata

Che fine ha fatto la macchina epistemologica immaginaria con cui abbiamo aperto questo capitolo? Una tale macchina, per adempiere adeguatamente alle sue funzioni, dovrebbe rinunciare a una caratteristica importante: la sua universalità e indipendenza dalle circostanze.

---

<sup>14</sup> Galison (1997) difende esplicitamente questa visione della scienza, confrontandola con quella di Kuhn e della filosofia pre-kuhniana. Le implicazioni filosofiche della tesi della disunità della scienza sono discusse da Dupré (1993), Galison e Stump (a cura di, 1996), Cartwright (1999).

Il metodo della scienza è infatti contestuale sotto molti aspetti: la valutazione di una teoria, per cominciare, dipende dalla storia della teoria stessa e delle sue alternative. Inoltre, la relazione fra un'osservazione e un enunciato teorico dipende dalle circostanze nelle quali il fatto è stato osservato. L'applicazione di un modello teorico alla realtà empirica non è un processo meccanico ma creativo, e richiede numerose conoscenze specifiche sul contesto di applicazione. L'apprendimento e la trasmissione della conoscenza scientifica è fortemente dipendente dal contesto sociale e materiale. La macchina epistemologica, infine, dovrebbe essere 'regolata' di volta in volta sul tipo di realtà del quale ci si sta occupando - la metodologia non può essere indipendente dall'ontologia.

E' dunque naturale concludere che *una* macchina epistemologica non sarà sufficiente - il contestualismo porta al pluralismo dei metodi della scienza. Ma chi decide qual è il metodo giusto per il contesto giusto? Da una parte è vero che soltanto l'esperto possiede le chiavi di accesso allo studio della realtà; dall'altra, è altresì vero che gran parte delle sue conoscenze e abilità sono tacite e difficilmente trasferibili da un contesto all'altro. Addirittura può capitare che le 'teorie della scienza' degli scienziati siano assai poco informate. Per questo i filosofi possono affermare ironicamente che la maggior parte degli scienziati tendono a capire di scienza poco di più di quanto un pesce capisca di idrodinamica.<sup>15</sup> Perfino Newton razzolava bene e predicava male (predicava 'male' per convincere i suoi rivali cartesiani della bontà delle sue teorie in base a standard di valutazione che lui stesso non rispettava).<sup>16</sup> La scienza newtoniana fu contrassegnata da vittoria dopo vittoria. La filosofia, invece, per molti anni "inconsapevole della scissione tra lo splendido metodo di Newton quale di fatto praticato e il folle metodo newtoniano come professato, ha cercato di chiarire il metodo professato, risolvendosi così in un folle studio della follia". (Lakatos)<sup>17</sup>

Il ruolo del filosofo dunque consiste nell'articolare, esplicitare, sistematizzare, mostrare i limiti e i presupposti normativi delle regole che *effettivamente* governano l'impresa scientifica. In questo senso, l'epistemologia non è né 'regina' (Kant) né 'spazzina delle scienze' (Locke). In altre parole, essa non si pone né al di *sopra* né al di *sotto*, ma *dentro* la scienza stessa. L'epistemologia è un progetto normativo che tuttavia non può prescindere da una accurata indagine empirica. Siffatta indagine si situa necessariamente in continuità con il sapere scientifico, sebbene l'epistemologia affronti questioni normalmente ignorate dagli scienziati stessi. All'inizio del nuovo millennio, è opinione diffusa fra i filosofi che la teoria della conoscenza debba essere *naturalizzata*.<sup>18</sup> Una filosofia della scienza *empirica* dunque, e, come la scienza stessa, *dipendente dal contesto*.

<sup>15</sup> L'espressione è di Imre Lakatos.

<sup>16</sup> Il caso del newtonianesimo è discusso in Duhem (1906), pp. 190-195 e ripreso da Feyerabend (1975), cap. 3, Lakatos (1978), cap. 5, e Worrall (2000).

<sup>17</sup> Archivio, 5.5, citato in Motterlini, (a cura di, 1999), p. 394.

<sup>18</sup> Esistono numerose varianti del naturalismo. Si veda Quine (1969) per la proposta pionieristica di rimpiazzare l'epistemologia con la psicologia. Giere (1988) estende il progetto nella direzione della

### Riferimenti bibliografici

- Ariew, R. (1984) "The Duhem Thesis", *British Journal for the Philosophy of Science*, 35, pp. 313-25.
- Bloor, D. (1976) *Knowledge and Social Imagery*, Routledge, London, trad. it. *La dimensione sociale della conoscenza*, Cortina, Milano, 1994).
- Bloor, D. (1983) *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge*, London, Macmillan.
- Cartwright, N. (1983) *How the Laws of Physics Lie*, Oxford, Clarendon Press.
- Cartwright, N. (1989) *Nature's Capacities and Their Measurement*, Oxford, Oxford University Press.
- Cartwright, N. (1993) "How We Relate theory to Observation", in Horwich (a cura di) *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Cartwright, N. (1999) *The Dappled World*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Churchland, P.M. (1989). *A Neurocomputational Perspective*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Collins, H.M. (1985) *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, Beverly Hills, Sage.
- Di Francesco, M. (1994) "Aspetti logico-linguistici dell'impresa scientifica", in Giorello (a cura di) *Introduzione alla filosofia della scienza*, Bompiani, Milano.
- Duhem, P. (1906) *La théorie physique. Son objet et sa structure*, Paris, Chevalier et Rivière, tr. it. *La teoria fisica*, Bologna, Il Mulino, 1978.
- Dupré, J. (1993) *The Disorder of Things*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Feyerabend, P.K. (1975) *Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*, New Left Books, London; tr. it. *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Feltrinelli, Milano 1979.
- Friedman, M. (1987) "Carnap's *Aufbau* Reconsidered", *Nous*, 21, pp. 521-545.

---

psicologia cognitiva, e Churchland (1989) nella direzione della neurofisiologia. Bloor (1976) e Latour (1987) sostengono invece che l'epistemologia deve essere ridotta allo studio delle condizioni sociali e politiche dell'impresa scientifica.

- Galison, P. (1997) *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*, Chicago, University of Chicago Press.
- Galison, P. e D. Stump (a cura di, 1996) *The Disunity of Science*, Stanford, Stanford University Press.
- Giere, R. (1988) *Explaining Science*, University of Chicago Press, Chicago.
- Gillies, D., Giorello, G. (1995) *La filosofia della scienza nel XX secolo*, Laterza, Roma-Bari.
- Grünbaum, A. (1960), "The Duhemian Argument", *Philosophy of Science*, 32, pp. 75-87.
- Grünbaum, A. (1966) "The falsifiability of a Component of a Theoretical System", in Feyerabend, Maxwell (a cura di) *Mind, Matter and Method: Essays in Honor of Herbert Feigl*, University of Minnesota Press, pp. 273-305.
- Grünbaum, A. (1971) "Can we ascertain the Falsity of a Scientific Hypothesis?", *Studium Generale*, 22, pp. 1061-1093, 1966; rist. in versione rivista in Nagel, E., Bromberger, S., Grünbaum, A. (a cura di) *Observation and Theory in Science*, Johns Hopkins Press, Baltimore, 1971.
- Guala, F. (2001) "Building Economic Machines: The FCC Case", *Studies in History and Philosophy of Science*, 32, pp. 453-477.
- Hacking, I. (1983) *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press, tr.it. *Conoscere e sperimentare*, Bari, Laterza, 1987
- Hanson, N. R. (1958) *Patterns of Discovery*, Cambridge, Cambridge University Press, tr. it. *I modelli della scoperta scientifica*, Milano, Feltrinelli, 1978.
- Harding, S. (1976) (a cura di) *Can Theories be Refuted?*, Reidel, Dordrecht.
- Kosso, P. (1989) "Science and Objectivity", *Journal of Philosophy*, 86, pp. 245-257.
- Kuhn, T. S. (1962/1970) *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, The University of Chicago Press, 1962 e 1970, tr. it della 2a ed. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi, 1979.
- Lakatos, I. (1978) *The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers*, vol. I, a cura di J. Worrall, G. Currie, Cambridge University Press, Cambridge; tr. it. *La metodologia dei programmi di ricerca scientifici*, a cura di M. Motterlini, Il Saggiatore, Milano 1999.
- Latour, B. (1984) *Les microbes : guerre et paix*, Paris, Metaillon.
- Latour, B. (1987) *Science in action*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Mayo, D. (1996) *Error and the Growth of Experimental Knowledge*, Chicago, University of Chicago Press.



- Morgan, M. e M. Morrison (a cura di., 1998) *Models as Mediators*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Motterlini, M. (1997) “La sfida di Duhem”, *Annali dell'Università di Ferrara*, Discussion Paper, n. 48, 1997.
- Motterlini, M. (a cura di, 1999) *For and Against Method. Including Lakatos's Lectures on Method and the Lakatos-Feyerabend Correspondence*, University of Chicago Press, Chicago.
- Popper, K. (1934/1959) *Logik der Forschung*, Wien, Springer, 1934, tr. ing. *The Logic of Scientific Discovery*, London, Hutchinson, 1959, tr. it. della II ed. ampliata, 1968, *La logica della scoperta scientifica*, Torino, Einaudi, 1970.
- Popper, K. (1956/1983) *Realism and the Aim of Science*, From the *Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, a cura di W. Bartley III, London, Hutchinson, ed. it. a cura di A. Artosi e R. Festa, *Poscritto alla logica della scoperta scientifica. I. Il realismo e lo scopo della scienza*, Il Saggiatore, Milano, 1984.
- Putnam, H. (1975) *Philosophical Papers, Vol. 1: Mathematics, Matter and Method*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Quine, W. V. O. (1951) “Two dogmas of empiricism”, *Philosophical Review* (1951), poi in *From a Logical Point of View*, Cambridge, Mass., Harvard University press, 1953, 2a ed. 1961, tr. it. “Due dogmi dell'empirismo”, in Id. *Il problema del significato*, Roma, Ubaldini, 1966.
- Quine, W. V. O. (1960) *Word and Object*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1960, tr. it. *Parola e oggetto*, Milano, Il Saggiatore, 1970.
- Quine, W. V. O. (1969). *Epistemology Naturalized*. In *Ontological Relativity and Other Essays*. New York: Columbia University Press.
- Uebel, T. (a cura di, 1991) *Rediscovering the Vienna Circle. Austrian Studies on Otto Neurath and the Vienna Circle*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht
- Vuillemin, J. (1979) “On Duhem's and Quine's Theses”, *Grazer Philosophische Studien*, 9, pp. 69-96. Ristampato in L.E.Hahn e P.A.Schilpp (a cura di) *The Philosophy of W.V.Quine in Library of Living Philosophers*, Open Court, La Salle, Illinois, 1986, capitolo 22.
- Wittgenstein, L. (1953) *Philosophische Untersuchungen*, Blackwell, Oxford 1953, tr. it. *Ricerche filosofiche*, Einaudi, Torino, 1969.
- Worrall, J. (2000) “The Scope, Limits, and Distinctiveness of the Method of ‘Deduction from the Phenomena’: Some Lessons from Newton's ‘Demonstrations’ in Optics”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 51, pp. 45-80.