

Epistemologia della ricerca scientifica

Il progresso della conoscenza sembra condurre a una *verità*, in greco *ἀλήθεια*, *svelamento*, come ha evidenziato Martin Heidegger¹ (1889-1976), quella che gli uomini incatenati nel ‘mito della caverna’ di Platone² (428/427-348/347) potrebbero conoscere solo girandosi, facendo una *rivoluzione*.

Ma queste suggestioni devono confrontarsi con la realtà di chi osserva la Natura e per mezzo di criteri di *spiegazione* vuole arrivare alla *conferma* o *accettabilità* di *teorie* esplicative.

A fondamento della struttura logica del ragionamento va ricordata l’eredità di Aristotele³, pur essendo le sue impostazioni assiomatiche già in crisi verso la fine del sedicesimo secolo e poi definitivamente superate con Galileo Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1630) e le loro attività osservative; di fatto queste hanno ‘spento’ la filosofia naturale aristotelica che non poté essere riformata, non potendo spiegare e prevedere i fenomeni come invece faceva la nuova fisica matematica⁴. A integrazione di questa considerazione, si osserva però come Isaac Newton (1642-1727) conservasse ancora “una concezione sostanzialmente aristotelica dello spazio”⁵ che non gli ha consentito di recepire il concetto di relatività del moto, che era stato parzialmente recuperato da Galilei dopo l’oblio della scienza ellenistica, conseguente alla conquista romana del Mediterraneo (cfr Lucio Russo (1944-2025) in [Russo, 2022]).

Aristotele (384-322) ha utilizzato il processo di *induzione*, dal particolare al generale, per la spiegazione del concetto di *atto* in relazione a quello di *potenza*⁶: «La *potenza* è la capacità che ha un ente di produrre un mutamento in un altro ente»⁷, «la forma è *atto* per eccellenza [e] il sinolo [unione di materia e forma] è in *atto* perché le sue parti materiali (e quindi potenziali) sono attualizzate nella forma.»⁸

Il principio di identità - non contraddizione approfondito da Aristotele:

è impossibile che la stessa cosa convenga e insieme non convenga a una stessa cosa e per il

¹ Heidegger in *La dottrina platonica della verità*, nella raccolta *Seignavia* (Adelphi, 1987)

² Platone nel libro settimo de *La Repubblica*

³ Senza nulla togliere ad Aristotele, Russo sottolinea in [Russo, 2021] pag. 247, che «sulla base delle testimonianze rimaste è Crisippo [Crisippo di Soli, circa 280-circa 208] ad apparire il fondatore della *teoria scientifica della logica proposizionale*. Mentre Aristotele aveva usato variabili solo per rappresentare termini generici delle proposizioni, Crisippo rappresentò le proposizioni stesse con variabili e costruì una teoria dell’inferenza logica basata su cinque postulati.»; corsivo aggiunto

⁴ [Grant, 1996] edizione italiana pag. 249-250

⁵ [Russo, 2021] pag. 472

⁶ «Ciò che vogliamo dire diventa chiaro per induzione nei casi particolari: infatti non bisogna cercare definizione di tutto, ma bisogna accontentarsi di comprendere intuitivamente certe cose mediante l’analogia», Aristotele in *Metafisica*, IX 6, citato da [Reale, 1997] pag. 149

⁷ [Reale, 1997] pag. 147

⁸ [Reale, 1997] pag. 143 passim

medesimo rispetto⁹

diventò, in realtà già a partire da Parmenide (515/510-450) che per primo lo enunciò, fondamento di ogni possibile sapere. In una riformulazione del principio, Aristotele stesso ha precisato:

Se dunque è impossibile che l'affermazione e la negazione siano insieme vere, è anche impossibile che i contrari si trovino insieme, a meno che entrambi si realizzino in una certa maniera soltanto, oppure l'uno in una certa maniera soltanto e l'altro semplicemente.¹⁰

Mentre è immediato riconoscere la coerenza logica di questo principio considerando le affermazioni in astratto, non sempre lo è quando si tratta di affermazioni normative che, ancora prima di violare le leggi esistenti, rischiano di contraddirsi conducendo a conclusioni che potrebbero violarne le premesse.

Anche sulla base di queste esigenze si sviluppò alla fine del XIX secolo il metodo ipotetico-deduttivo, così chiamato al tempo, come spiega Gabriele Lolli (1942-):

Così [...] ci si riferiva al metodo assiomatico, nella incerta sensazione che si trattasse di qualcosa di nuovo, dove i punti di partenza dei ragionamenti erano solo ipotesi, ma senza il coraggio di dire che l'idea delle verità necessarie doveva andare in soffitta. Si ricordi che, per Aristotele, i significati di 'postulato' e di 'ipotesi' erano collegati, precisamente l'ipotesi era un'affermazione condivisa dal discente, il postulato poteva o doveva essere accettato anche senza o contro il suo assenso.¹¹

Il debito della civiltà occidentale verso il pensiero e la cultura greca resta tutt'oggi sottostimato e si condivide il pensiero di John Burnet (1863-1928) anche se risale a oltre un secolo fa:

[...] it is an adequate description of science to say that it is "thinking about the world in the Greek way". That is why science has never existed except among peoples who came under the influence of Greece.¹²

La considerazione finale dello stesso Thomas Kuhn (1922-1996) nel suo saggio del 1962, in merito al processo conoscitivo, ha un significato anche metodologico, oltre che filosofico:

È veramente d'aiuto immaginare che esista qualche completa, oggettiva, vera spiegazione della natura e che la misura appropriata della conquista scientifica è la misura in cui essa si avvicina a questo scopo finale? Se impareremo a sostituire l'evoluzione verso ciò che vogliamo conoscere con l'evoluzione a partire da ciò che conosciamo, nel corso di tale processo un gran numero di problemi inquietanti può dissolversi.¹³

⁹ Aristotele in *Metafisica*, IV 5, citato in [Severino, 1959] pag. 32, il quale specifica come il principio possa essere formulato in altri modi: «L'essere non è non essere», ovvero «È impossibile che il medesimo sia e non sia»

¹⁰ Aristotele in *Metafisica*, IV 18, citato in [Severino, 1959] pag. 71, che ne spiega i significati: "si trovino insieme" = convengano allo stesso termine, "in una certa maniera soltanto" = in potenza, "l'uno in una certa maniera soltanto e l'altro semplicemente" = l'uno in potenza e l'altro in atto

¹¹ [Lolli, 2016] pag. 153

¹² Citazione da [Schrödinger, 1956] pag. 96; da *Nature and the Greeks*, una serie di lezioni all'University College di Dublino tenute da Schrödinger nel febbraio 1950

¹³ [Kuhn, 1962] edizione italiana pag. 205

È opportuno un approfondimento dei significati, secondo le epistemologie classiche e contemporanee, dei termini *spiegazione*, *conferma*, *accettabilità* e *teoria*.

Sulla spiegazione

Il punto di vista ‘classico’ della teoria della spiegazione scientifica, formatosi agli inizi del secolo scorso, è stato definito *empirismo logico*, a sottolineare come fosse basato su una spiegazione in gran parte *formale* per descrivere l’attività scientifica e sul carattere fortemente *empirico* della scienza stessa.

Un enunciato ha significato cognitivo nella misura in cui è possibile verificarlo, almeno in linea di principio. Al contrario, se un enunciato non può essere verificato, o se non esiste alcun insieme di osservazioni sulla base delle quali una parola è applicata correttamente o scorrettamente, allora l’enunciato (o la parola) è privo di significato.¹⁴

Nonostante le critiche successive si siano concentrate sulla debolezza delle affermazioni relative ai concetti di spiegazione e costruzione di teorie, oppure sul carattere rivoluzionario del progredire scientifico, resta tuttora valida l’impostazione sopra riportata come fondamento gnoseologico, coerente con la posizione di Galilei citata nella sezione A di questo approfondimento.

Una visione pragmatica del metodo assiomatico fu quella di Ennio de Giorgi (1928-1996)

«in funzione non della ricerca della certezza ma della prospettiva di “elaborare ambiti concettuali al cui interno la ricerca e l’insegnamento della matematica e delle altre discipline possano trovare uno svolgimento pienamente rigoroso, ma anche naturale e privo di quei vincoli artificiosi che derivano da un riduzionismo esasperato e da una totale formalizzazione”».¹⁵

Nella teoria classica, una spiegazione è composta da alcune *asserzioni explanans* (che esprimono la spiegazione), tra le quali una *normativa* e una che stabilisca le *condizioni iniziali*, e un’*asserzione explanandum* (che descrive la situazione concreta da spiegare); una spiegazione equivale pertanto a *sussunzione*¹⁶ *deduttiva*¹⁷ *sotto leggi generali*. Ogni spiegazione è quindi una argomentazione, in grado di predire un evento perché ‘la Natura funziona in modo ordinato’¹⁸. L’aspetto delle asserzioni *normative*, relativa a *leggi generali*, è approfondito nel séguito.

L’aspetto deduttivo logico è rilevante per i modelli interpretativi della Natura, poiché come formulato da Alan Donagan (1925-1991)¹⁹:

¹⁴ [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 15; un principio a volte, ahinoi, disatteso dalla ricerca scientifica contemporanea (cfr le *Conclusioni sociologiche*)

¹⁵ [Lolli, 2016] pag. 53, la citazione nella citazione è di M. Forti in *Il valore sapienziale del metodo assiomatico* (2002, Glauco, 2, pag 169-180)

¹⁶ Sussunzione: «riconduzione di un noema (ossia un qualsiasi contenuto di pensiero, ‘termine’ di giudizio o di sillogismo) nell’ambito di quello nella cui estensione esso è compreso»; da vocabolario Treccani online

¹⁷ Deduzione: «Nella logica, termine indicante il rapporto di derivazione che in un ragionamento lega la conclusione alle premesse»; da vocabolario Treccani online

¹⁸ Di tutt’altro parere il filosofo David Hume (1711-1776) che dal punto di vista induttivista sosteneva di fatto l’impossibilità di fare previsioni sul futuro

¹⁹ Donagan (1925-1991) in *The Popper-Hempel Theory reconsidered* (Harper & Row, New York 1966) citato da [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 29

Se il vostro compito è quello di spiegare perché un dato evento E si è verificato, invece che non verificato, il vostro *explanans* deve escludere la possibilità che E non si verifichi; ma se la vostra spiegazione non è deduttiva, cioè se il suo *explanans* non implica logicamente l'*explanandum*, essa non escluderà tale possibilità e quindi non spiegherà perché E si sia verificato.

In altre parole è necessario dimostrare la *necessità* che E accada, affinché la spiegazione sia completa.

In un contesto di spiegazione fisica, è opportuno osservare anche come nella valutazione di un 'condizionale materiale' ($P \rightarrow Q$, "se P , allora Q ", vera se o P è falsa o Q è vera²⁰) il condizionale debba essere vero-funzionale (P non è mai falso) altrimenti il controfattuale sarebbe sempre vero.

Il modello classico di spiegazione prevede in genere anche un criterio temporale, in quanto una *spiegazione* equivale anche a una *predizione*.

Le asserzioni normative dovranno non solo essere vere ma anche rappresentare una legge causale, per evitare spiegazioni fittizie.

Nella teoria basata sulla sussunzione deduttiva, una spiegazione è causale se a) è una spiegazione di eventi individuali, b) gli eventi descritti nelle asserzioni *explanans* precedono l'evento in questione, c) le leggi cui si fa appello sono di carattere causale.²¹

Si riporta la posizione di Max Planck (1858-1947) in uno scritto del 1926 sui *Caratteri generali delle leggi fisiche*:

[...] la scienza è costretta ad ammettere l'esistenza di leggi causali come un postulato o, per dirla con Kant, ad annoverare il concetto di causa fra le categorie date a priori, senza le quali non è possibile l'acquisto di qualsiasi conoscenza. Ne consegue che non è possibile penetrare l'essenza delle leggi fisiche colla pura riflessione; non resta altro che rivolgersi alla natura, raccogliervi numerose e svariate esperienze, confrontarle fra loro e dar loro forma generale condensandole in principî semplici e di larga portata. È questo il metodo dell'induzione.²²

Pur essendo controverse e legate a una visione 'classica', si riportano le condizioni che caratterizzano una legge causale, indispensabili per descrivere l'attività scientifica, come riassunte da Ernest Nagel (1901-1985)²³:

- asserire una relazione invariante tra eventi
- collegare eventi che avvengono in momenti successivi
- gli eventi collegati sono spazialmente contigui
- la relazione causale implicata è asimmetrica²⁴.

I fenomeni quantistici o di *weak interaction*, ad esempio, non rispettano tutte queste condizioni e le predizioni possono essere solo di natura statistica ma l'impianto logico deduttivo rimane valido; si aggiunge la considerazione "anche se 'modernamente' i modelli realizzati con software costituiscono sempre più la base di sviluppo e primo test, ad esempio delle nuove teorie fisiche e cosmologiche".

²⁰ In generale si può dire che $P \rightarrow Q$ è sempre vera tranne quando Q è falsa

²¹ [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 31

²² [Planck, 1941] edizione italiana pag. 157-158

²³ [Nagel, 1968] edizione italiana pag. 79-85

²⁴ Se A causa B , B non può essere la causa di A

Tralasciando le analisi relative alle scienze probabilistiche e facendo una ‘scelta di campo’ ponendosi in un ambito logico-filosofico pienamente deduttivistico, il contesto nel quale si sviluppa la ricerca scientifica può essere ancora considerato quello teorizzato da Kuhn, il *paradigma*, integrato con analisi e posizioni di altri epistemologi.

Sulla conferma e accettabilità

Il principio di accettare le ipotesi scientifiche che hanno il maggior numero di prove a specifico favore non tiene adeguatamente conto delle considerazioni sul *principio di falsificazione*, basato sulla asimmetria tra verificabilità e falsificabilità, che Karl Popper (1902-1994) mise a fondamento della propria epistemologia²⁵, facendone un criterio di demarcazione tra scienza e non scienza²⁶, poiché «Da una asserzione autocontraddittoria²⁷ può essere validamente dedotta qualsiasi asserzione»²⁸.

Secondo Popper «Le teorie non possono essere verificate²⁹, ma possono essere *corroborate*»³⁰, intendendo con questo termine una loro ‘resistenza a prove di falsificazione’, che non costituisce però un loro ‘grado di verità’³¹; sono piuttosto le predizioni delle teorie che possono essere ‘confermate’ da prove di correttezza. La conoscenza secondo Popper procede da questo processo continuo di congetture e confutazioni, in una visione chiamata ‘razionalismo critico’, sostanzialmente diversa da quella di Kuhn.

Inoltre, «il fatto che uno scienziato *tenti* o meno di *falsificare* un’ipotesi dipende in parte dalle sue intenzioni [e ...] il concetto di esame a sua volta non può essere inteso indipendentemente dal retroterra di informazioni»³², «necessario per scegliere ipotesi legittime, cioè per scegliere i condizionali universali³³ *suscettibili* di conferma da parte dei loro esempi positivi.»³⁴ In questo modo il ‘fattore umano’, che anche Kuhn considera come parte della *matrice disciplinaria* soprattutto tra i *valori*, può giocare un ruolo nello sviluppo sia della

²⁵ Nel merito, Kuhn in [Kuhn, 1962] edizione italiana a pag. 38, cita l’acuta osservazione metodologica di Francis Bacon (1561-1626) in *Novum Organum*: «La verità emerge più facilmente dall’errore che dalla confusione»; come osservato in [Russo, 2021] a pag. 490, l’idea della ‘falsificabilità’ delle teorie scientifiche normalmente attribuita a Popper che ne aveva scritto nel suo *Logik der Forschung* del 1934, è in realtà di Pierre Duhem (1861-1916), intellettuale conoscitore delle fonti classiche

²⁶ [Popper, 1935] edizione italiana pag. 66-84

²⁷ L’autocontraddittorietà rappresenta l’analogo, per la scienza in generale, della *falsificabilità* per la scienza empirica, [Popper, 1935] edizione italiana pag. 348

²⁸ [Popper, 1935] edizione italiana pag. 82; Albert Einstein, in *Geometrie und Erfahrung* (1921), scrisse «Nella misura in cui parlano della realtà, le asserzioni della geometria non sono certe [cioè sono falsificabili]; nella misura in cui sono certe [cioè non sono falsificabili], non parlano della realtà.»

²⁹ Come invece aveva creduto Newton, nella sua visione mista a posizioni dogmatiche classiche, cfr [Russo, 2021] pag. 469-490 passim

³⁰ [Popper, 1935] edizione italiana pag. 275

³¹ [Popper, 1935] edizione italiana pag. 302-305

³² [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 68

³³ I condizionali generalizzati, o condizionali universali, sono rappresentati da Nagel nel caso semplice come «per ogni x , se x è A , allora x è B (o, come alternativa, tutti gli A sono B).»; [Nagel, 1968] edizione italiana pag. 53. Le *prove dirette* di un’ipotesi consistono nei suoi *esempi positivi* (nel caso precedente x è un *esempio positivo*) e *negativi* (nel caso ‘per ogni x , se x è A allora x non è B ’, x è un *esempio negativo*); le *prove indirette* «derivano dalle connessioni teoriche che un’ipotesi ha con altri principi, leggi e ipotesi a loro volta fortemente confermate.»; [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 62-63

³⁴ [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 73

ricerca sia della *falsificazione* della teoria corrente.

Un esempio tratto dalla storia riguarda le irregolarità osservate nell'orbita del pianeta Urano verso la metà del diciassettesimo secolo, non spiegabili con la gravitazione universale di Newton applicata alle informazioni disponibili; si svilupparono tre diverse interpretazioni:

- la teoria newtoniana era stata contraddetta, quindi non era più valida
- la teoria newtoniana funzionava solo fino a distanze pari a quella di Urano
- esisteva un pianeta non osservato che determinava le irregolarità di Urano.

Fino a quando non fu scoperto il pianeta Nettuno³⁵ la prima ipotesi era la meno consistente, infatti

in assenza di una teoria alternativa che possa spiegare i fenomeni in modo almeno tanto soddisfacente quanto la teoria predominante, noi esitiamo ad abbandonare quest'ultima. È tipico il fatto che ipotesi o teorie ben radicate vengano respinte solo nel contesto di alternative rivali.³⁶

Sulle teorie

La posizione dell'empirismo logico sulla natura delle teorie, chiamata 'posizione acquisita', considera una teoria scientifica come «un insieme di enunciati formulati in un linguaggio avente un vocabolario e una struttura chiaramente specificati»³⁷; gli enunciati sono i principi teorici della teoria, organizzati in modo deduttivo ed espressi da formule matematiche; le 'regole di corrispondenza' assegnano contenuto empirico ai principi teorici. A questi enunciati corrispondono termini *teorici* e *osservativi*. Tale posizione classica sostiene che una teoria abbia significato empirico solo se ha conseguenze verificabili.

Nel merito dell'empirismo, Gaston Bachelard (1884-1962) ha introdotto una sorta di dialettica tra empirismo e razionalismo:

L'empirismo ha bisogno di essere capito; il razionalismo ha bisogno di essere applicato. [...] Pensare scientificamente significa situarsi in quel campo epistemologico che si pone all'intersezione fra teoria e pratica, fra matematica ed esperienza. Conoscere scientificamente una legge naturale significa conoscerla contemporaneamente come fenomeno e come noùmeno.³⁸

E ancora:

Chiederò inoltre ai filosofi di abbandonare l'ambizione di trovare un unico punto di vista e un punto di vista immutabile per giudicare l'insieme di una scienza tanto vasta e tanto mutevole come la fisica. Arriverò quindi a caratterizzare la filosofia delle scienze con un pluralismo filosofico. [...] Si dovrebbe fondare una filosofia del dettaglio epistemologico, una filosofia scientifica *differenziale* che farebbe riscontro alla filosofia *integrale* dei filosofi. [...] Dialettizzare il pensiero, significa aumentare la garanzia di creare scientificamente *fenomeni completi*, di rigenerare tutte le variabili degenerate o soffocate che la scienza, così come il pensiero ingenuo, aveva trascurato nel suo primo studio.³⁹

³⁵ Il 23 settembre 1846 da Johann Gottfried Galle (1812-1910) e Heinrich Louis d'Arrest (1822-1875) con il telescopio dell'Osservatorio astronomico di Berlino

³⁶ [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 85

³⁷ [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 92

³⁸ [Bachelard, 1962] edizione italiana pag. 37

³⁹ [Bachelard, 1962] edizione italiana pag. 41-44

Secondo Feyerabend la posizione classica presuppone due condizioni: la *condizione di coerenza* e la *condizione di invarianza di significato*. La prima richiede che ogni nuova teoria sia coerente con una teoria precedentemente accettata o un'estensione di essa (trattata come caso limite o speciale), la seconda richiede che il significato dei termini scientifici non cambi quando si descrivono fenomeni nuovi. Ma queste condizioni non sono conformi ai fatti, essendo violate nella realtà da ciò che caratterizza una *rivoluzione scientifica*, quindi lo sviluppo di una metodologia veramente empirica significa abbandonare la posizione classica.⁴⁰

Kuhn è il più autorevole rappresentante degli epistemologi chiamati 'soggettivisti', per il loro approccio antropologico⁴¹; le tesi soggettiviste non sono state tutte pienamente condizionate tra i soggettivisti ma possono essere così rappresentate⁴²:

- le teorie sono «modi di vedere il mondo»
- «il significato dei termini fondamentali di una teoria è determinato dai vari principi che li contengono, e quindi se i principi variano, come accade passando da una teoria all'altra, variano anche i significati dei termini»
- «i fatti sono *impregnati di teoria*⁴³, ossia ciò che conta come *fatto* è almeno in parte determinato dalle teorie che si usano.»

Si possono anche distinguere le *leggi sperimentali* o empiriche, legate alla 'osservabilità' dei fenomeni, normalmente descrittive e che si riferiscono a un enunciato singolo, dalle leggi teoriche o *teorie*, costituite da più enunciati connessi, non induttivi e di portata più generale, che possono evidenziare connessioni sistematiche tra leggi sperimentali e ispirarne di nuove⁴⁴.

I componenti di una *teoria* secondo Thomas Nagel (1937-) sono:

- lo scheletro logico che definisce le nozioni fondamentali del sistema
- un insieme di regole che assegna il contenuto empirico al calcolo astratto
- una interpretazione o modello del calcolo astratto⁴⁵.

Limiti della spiegazione scientifica

Le preposizioni matematiche *pure*, utilizzate come *linguaggio della scienza* in quanto «ci dice che cosa consegue dal significato dei termini usati», sono considerate *analitiche* (a priori) in quanto vere o false indipendentemente dal riferirsi a *fatti* e rappresentano uno studio 'privo di oggetto', mentre le preposizioni di matematica applicata, che potremo

⁴⁰ Feyerabend in *I problemi dell'empirismo* (1965) (Lampugnani Nigri Editore, Milano 1971) citato da [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 103-104

⁴¹ «La scienza dipende [...] non da intuizioni individuali ma dall'esistenza di comunità legate tra loro da concetti, ipotesi e metodi comuni.», [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 106; altre scuole di pensiero, qui non approfondite, sono state il realismo e lo strumentalismo

⁴² [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 107 per i tre punti evidenziati

⁴³ *Theory-laden*, letteralmente 'carichi di teoria'

⁴⁴ [Nagel, 1968] edizione italiana pag. 79-85

⁴⁵ [Nagel, 1968] edizione italiana pag. 97

considerare ‘asserzioni scientifiche empiriche’, sono al contrario dette *sintetiche* (a posteriori)⁴⁶.

Quando si considera una legge naturale affermandola in formula matematica (ad esempio $F = ma$) è necessario porre attenzione a come questa venga considerata, perché

La verità o falsità dell’asserzione non è determinata semplicemente dalla sua forma o dal suo contenuto, ma piuttosto dal ruolo che essa ha nelle teorie in cui compare.⁴⁷

Le asserzioni *analitiche* rimarranno costanti ma le asserzioni *sintetiche* saranno oggetto di validazione ed eventuale revisione.

È ragionevole pensare che queste distinzioni teoriche non siano prioritarie per chi si occupa quotidianamente dello sviluppo delle leggi empiriche o delle teorie; a fronte della complessità nella quale normalmente si opera e della mole di informazioni da gestire, le ‘condizioni filosofiche al contorno’ hanno poco spazio o vengono forse considerate ‘ragioni implicite’ per le quali lo sviluppo vada in una certa direzione.

In questo modo però lo sviluppo di una teoria verso un obiettivo preannunciato potrebbe diventare una sorta di ‘profezia autoavverante’.

Un deciso commento, a margine della pubblicazione nel 1917 dei *Recuerdos de mi vida* di Ramón y Cajal⁴⁸, è quello di Paolo Mazzarello (1955-) che la descrive come «apoteosi di una concezione dionisiaca dell’impresa scientifica, dove la *competizione* regnava sovrana; un modo di far ricerca che diventerà dominante nel corso del secolo.»⁴⁹

A proposito della matematica e della filosofia della matematica, si riporta un quadro generale di visioni relativamente alle posizioni sul metodo assiomatico:

il discorso matematico non concerne gli oggetti, ma le relazioni tra enti di diverso tipo determinati dagli assiomi: “[La forma dei postulati è quella di] relazioni aventi un significato indipendente dal particolare contenuto dei concetti” (Enriques), “un concetto può essere logicamente definito solo attraverso le sue relazioni con altri concetti” (Hilbert), “le conseguenze [sono] indipendenti dal senso dei concetti geometrici” (Pash), “noi non potremmo mai identificare le idee, ma potremmo solo affermare che tra esse sussistono certe relazioni” (Beppo Levi). Il discorso matematico non si struttura intorno agli oggetti o ai concetti rappresentati dai nomi del linguaggio, ma a un livello superiore, quello delle loro relazioni determinate dagli assiomi.⁵⁰

Il premio Nobel Eugene Wigner (1902-1995) ha definito *irragionevole* l’efficacia della matematica nelle scienze naturali, definendola la *legge empirica dell’epistemologia*:

Insieme alle leggi di invarianza essa è un fondamento imprescindibile delle teorie fisiche. Senza leggi di invarianza le teorie fisiche non avrebbero alcun fondamento concreto. Se la *legge empirica dell’epistemologia* non fosse corretta, verrebbe meno il necessario sostegno emotivo senza il quale le ‘leggi di natura’ non potrebbero essere indagate efficacemente.⁵¹

⁴⁶ Le considerazioni di questo paragrafo si riferiscono alle posizioni di John G. Kemeny (1926-1992) [Kemeny, 1959] cap. II *La matematica*, in particolare alle pag. 39-53 dell’edizione italiana

⁴⁷ [Lambert e Brittan, 1979] edizione italiana pag. 143

⁴⁸ Ramón y Cajal (1852-1934) medico e ricercatore spagnolo, condivise il premio Nobel per la medicina con Camillo Golgi (1843-1926)

⁴⁹ [Mazzarello, 2006] pag. 562

⁵⁰ [Lolli, 2016] pag. 65; David Hilbert (1862-1943), Moritz Pash (1843-1930), Beppo Levi (1875-1961)

⁵¹ [Wigner, 1960] edizione italiana pag. 32, corsivo aggiunto

L'irragionevolezza deriverebbe anche dal fatto che i concetti matematici vengono scelti per la loro flessibilità e con *criteri estetici*, non perché siano gli unici applicabili, portando però a misurazioni e a risultati fisici estremamente in accordo con i fenomeni naturali osservati. I criteri estetici hanno influenzato anche la fisica moderna, non solo gli inizi delle teorizzazioni nel periodo ellenico, esaltati da scienziati come Paul Dirac (1902-1984) in [Dirac, 2019] ma anche disapprovati da scienziati come Erwin Schrödinger (1887-1961) che nel merito dei criteri estetici commenta:

I tentativi di generalizzare questa felice concezione [...] sono informati alla speranza d'"indovinare" in larga misura come la natura operi veramente, lasciandoci guidare dal principio di semplicità e dalla bellezza. Effettivamente tracce di quest'atteggiamento pervadono la moderna fisica teorica - *forse un po' troppo*, ma non è qui il luogo di avanzare critiche.⁵²

A conclusione, alcune osservazioni del filosofo Bertrand Russell (1872-1970) su conoscenza e filosofia, la prima su una delle *funzioni* della filosofia, la seconda sulla necessità della conoscenza per mezzo della speculazione teorica, riflessioni di un secolo fa ma si ritiene ancora valide:

Come tutti gli altri studi, la filosofia mira in primo luogo alla conoscenza. E la conoscenza a cui essa mira è il genere di conoscenza che dà unità e ordine all'insieme delle scienze; il genere che risulta dall'esame critico dei fondamenti delle nostre convinzioni, pregiudizi e credenze.⁵³

Ad onta della nostra incapacità di conoscere verità non interamente composte di termini sperimentati per conoscenza diretta, possiamo conoscere attraverso la descrizione cose di cui non abbiamo mai avuto esperienza. Dato il raggio molto limitato dell'esperienza immediata, questo risultato è di importanza vitale, e, finché non lo si sia ben capito, gran parte della nostra conoscenza rimarrà misteriosa e dubbia.⁵⁴

Letteratura e fonti

Bachelard, 1962 - Gaston Bachelard, *La filosofia del non. Saggio di una filosofia del nuovo spirito scientifico* (Armando Editore, Roma, 1998); edizione originale *La philosophie du non, Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique* (Press Universitaires de France, Paris, 1962)

Grant, 1996 - Edward Grant, *Le origini medievali della scienza moderna* (Einaudi editore, Torino, 2001); edizione originale *The foundations of Modern science in the Middle Ages, Their Religions, Institutional, and Intellectual Contexts* (Cambridge University Press, Cambridge, 1996)

Kuhn, 1962 - Thomas Samuel Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (Giulio Einaudi Editore spa, Torino 2009); edizione originale *The Structure of Scientific Revolutions* (The University of Chicago, 1962 e 1970)

⁵² *La natura e i greci* in [Schrödinger, 1958] edizione italiana pag. 188, corsivo aggiunto

⁵³ [Russel, 1912] edizione italiana pag. 182-183

⁵⁴ [Russel, 1912] edizione italiana pag. 70

Lambert e Brittan, 1979 - Karel Lambert e Gordon Brittan, *Introduzione alla Filosofia della Scienza* (Universale Scientifica Boringhieri, Torino 1981); edizione originale *An introduction to the Philosophy of Science* (Ridgeview Publishing, Reseda California, 1979)

Lolli, 2016 - Gabriele Lolli, *Tavoli, sedie, boccali di birra. David Hilbert e la matematica del Novecento* (Raffaello Cortina Editore, 2016)

Mazzarello, 2006 - Paolo Mazzarello, *Il Nobel dimenticato, la vita e la scienza di Camillo Golgi* (Bollati Boringhieri, 2006)

Nagel, 1968 - Ernest Nagel, *La struttura della scienza* (Feltrinelli Editore, Milano 1968); edizione originale *The Structure of Science* (Harcourt, Brace & World, 1961)

Planck, 1941 - Max Planck, *La conoscenza del mondo fisico* (raccolta di scritti dal 1908, Giulio Einaudi Editore, Torino, 1942)

Popper, 1935 - Karl Popper, *Logica della scoperta scientifica* (Giulio Einaudi Editore, Milano 1995); edizione inglese *The Logic of Scientific Discovery*, 1959; edizione originale tedesca *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft* (1935)

Reale, 1997 - Giovanni Reale, *Guida alla lettura della Metafisica di Aristotele* (G. Laterza & Figli, Roma, 1997)

Russel, 1912 - Bertrand Russel, *I problemi della filosofia* (Feltrinelli Editore, 2023); edizione originale *The problems of philosophy* (1912)

Russo, 2021 - Lucio Russo, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna* (prima edizione Feltrinelli 1996, edizione completamente rivista Feltrinelli, Milano, 2021)

Russo, 2022 - Lucio Russo, *Il tracollo culturale. La conquista romana del Mediterraneo (146-145 a.C.)* (Carocci Editore, Roma, 2019)

Schrödinger, 1958 - Erwin Schrödinger, *La mia visione del mondo* (raccolta di saggi pubblicati tra il 1929 e il 1958, pubblicata con variazioni da Bollati Boringhieri come *L'immagine del mondo*, Torino, 2017)

Severino, 1959 - Emanuele Severino, *Il principio di non contraddizione, Aristotele Libro IV della Metafisica* (Morcelliana-Scholé, 1959)

Wigner, 1960 - Eugene Wigner, *L'irragionevole efficacia della matematica nelle scienze naturali* (Adelphi edizioni, 2017); edizione originale *The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences* (Wiley Periodicals, Inc, 1960)