

A un secolo dalla “filosofia scientifica”: ripensare il rapporto tra scienza e filosofia

di *Paolo Pecere*

I.1

Filosofia delle scienze

I saggi raccolti in questo volume tracciano un percorso attraverso i problemi e le teorie che più hanno sollecitato e alimentato la riflessione filosofica sulle scienze del xx secolo. Vi si trovano discussioni critiche, aggiornate fino agli anni più recenti, di temi come l’assiomatizzazione della scienza e l’applicazione della matematica alla natura, di teorie come la relatività generale e la meccanica quantistica e di campi di ricerca come l’intelligenza artificiale e le neuroscienze cognitive.

Tutte queste discussioni pongono la questione del ruolo della filosofia nella formazione, l’interpretazione e la critica delle teorie scientifiche, facendo spesso riferimento a concetti e problemi della “filosofia della scienza” intesa come disciplina accademica particolare. Il volume, però, non compone un profilo della filosofia della scienza per autori o temi¹. Si tratta piuttosto del tentativo di cogliere la riflessione filosofica *in medias res*, muovendo cioè dai diversi contesti scientifici in cui essa trova la sua ragion d’essere. Questo metodo, che corrisponde a una tendenza affermatasi negli ultimi venticinque anni (per cui si parla oggi di una “filosofia delle scienze particolari” che si affianca alla “filosofia della scienza generale”²), è stato scelto qui per offrire uno sguardo d’insieme sulla riflessione filosofica intorno alle scienze

1. Per restare all’Italia si vedano Gillies, Giorello (2006) e Dorato (2007).

2. Cfr. la messa a punto di Dorato (2010). Una raccolta di profili suddivisi per campi disciplinari è Vassallo (2003). Numerose sono le introduzioni storico-critiche dedicate a singoli campi disciplinari, come la filosofia della fisica (per esempio Allori *et al.*, 2005) e la filosofia delle scienze cognitive (per esempio Marraffa, Paternoster, 2013).

del xx secolo, intesa non tanto come un dominio disciplinare dotato di principi e metodi propri, ma come un momento dell'elaborazione scientifica, che ha giocato un ruolo importante nella formazione dei grandi paradigmi di ricerca del secolo scorso. Si tratta, dunque, di mettere in rilievo l'aspetto intrinsecamente interdisciplinare della filosofia della scienza e a tal fine l'opera si avvale del contributo congiunto di scienziati, filosofi e storici.

La continuità tra scienze e filosofia, resa invisibile e spesso contestata nell'attuale assetto istituzionale della ricerca e dell'insegnamento, è un dato di fatto radicato nella storia della cultura moderna. Questa continuità è particolarmente evidente nei saggi del primo volume di quest'opera (Pecere, 2015), dedicato a idee e teorie elaborate nei secoli XVI-XIX e rimaste poi fondamentali nel sapere scientifico. In quel caso, esaminare la stratificazione di significati (e di problemi) accumulata in termini come "rivoluzione scientifica", "meccanicismo", "metodo sperimentale", "matematizzazione", "vitalismo", "spazio", "evoluzione", ha comportato necessariamente l'apporto congiunto della ricostruzione storica, della riflessione filosofica e della conoscenza scientifica. Anche i saggi del presente volume, per quanto siano dedicati a vicende più recenti e ancora attuali, si caratterizzano per la presenza di una componente storica, la cui giustificazione è meno immediata. Non si tratta, d'altra parte, di una scelta innovativa, ma, ancora una volta, di una tendenza evidente negli studi più recenti. Nelle discussioni di un determinato problema epistemologico – come l'applicabilità della matematica alla natura o la riducibilità della psicologia alla neurobiologia – si tende oggi a porre in primo piano l'esame delle idee alternative che di volta in volta sono state adottate per la sua soluzione, piuttosto che applicare procedure analitiche prefissate ed entrare senz'altro nel merito del problema. Per molto tempo la filosofia della scienza ha seguito preferibilmente un processo inverso, ispirandosi al metodo delle scienze e tentando di imitarlo. Ma le controversie sorte intorno ai metodi di analisi della scienza e l'accumulo di approcci epistemologici alternativi hanno impedito l'affermazione di una singola metodologia metateorica, accrescendo il bisogno di giustificare le scelte del singolo ricercatore rispetto alle alternative del passato.

Parallelamente è mutata l'immagine del sapere scientifico. Circa un secolo fa i filosofi tendevano a individuare alcuni grandi risultati scientifici della matematica, della fisica e della biologia come punti di partenza

indiscussi del proprio lavoro: si pensi alle geometrie non-euclidee, alla teoria dell'evoluzione, alla relatività, alla meccanica quantistica. Oggi, discutere dei fondamenti di una teoria o di un campo d'indagine scientifica del secolo scorso comporta invece – anche per gli stessi scienziati – la necessità di prendere posizione rispetto a controversie critiche che sono sorte dopo la prima formulazione di queste teorie, alla luce di un'immagine più dettagliata e complessa dei problemi che quelle prime formulazioni affrontarono e di ulteriori risultati scientifici che ne hanno posto di nuovi.

L'adozione di una prospettiva storica riflette dunque le trasformazioni che la filosofia della scienza ha attraversato nel xx secolo, e soprattutto negli ultimi decenni, portando a capovolgere alcune delle idee che avevano dato origine alla disciplina. Per illustrare quest'ultima affermazione e introdurre alcuni dei motivi ricorrenti nei saggi del volume è opportuno ora richiamare più in dettaglio alcuni episodi di questo lungo antefatto.

I.2

Eredità e revisione del neopositivismo

L'origine della filosofia della scienza contemporanea ha coordinate storiche e geografiche note³. Il movimento per la “filosofia scientifica” (empirismo o positivismo logico) si formò in Europa continentale all'inizio del xx secolo a partire da gruppi come la Società per la filosofia empirica di Berlino e, soprattutto, il Circolo di Vienna. In diversi lavori di filosofi come Schlick, Carnap e Reichenbach, comparsi tra gli anni Dieci e gli anni Venti, i concetti di “spazio”, “tempo”, “a priori”, “probabilità” erano esaminati alla luce delle teorie avanzate da scienziati come Einstein e Poincaré. Il manifesto del neopositivismo *La concezione scientifica del mondo*, pubblicato nel 1929 (con la firma di Hahn, Carnap e Neurath), esponeva i principi condivisi del movimento, formulando in particolare due idee guida che, nonostante le profonde modifiche, sono rimaste fondamentali per stabilire l'identità della disciplina: l'identificazione della filosofia con un'«analisi logica» delle teorie scientifiche (analisi condotta in un metalinguaggio

3. Per un quadro ampio e aggiornato cfr. Ferrari (2012).

che contiene termini come “assioma”, “postulato”, “numero”, “osservabile”, “oggetto”, “causa”, “probabilità”, “spiegazione”); e l’antimetafisica, ovvero il rifiuto di ogni presunta conoscenza elaborata dal pensiero indipendentemente dai dati empirici universalmente accessibili – rifiuto che investiva non soltanto le proposizioni del «metafisico» e del «teologo» tradizionali, considerate come mere espressioni di atteggiamenti emotivi, ma anche la «metafisica latente dell’*apriorismo* kantiano e moderno», con cui si intendevano le varie dottrine della conoscenza a priori elaborate a partire dal modello della filosofia trascendentale di Kant, che all’epoca erano molto popolari tra i filosofi che si occupavano dei fondamenti delle scienze (Hahn, Neurath, Carnap, 1929, trad. it. pp. 75-9). Il manifesto presentava, dunque, una via esplicitamente alternativa alle tendenze neometafisiche e neotrascendentali della filosofia dell’epoca⁴.

Il movimento per la filosofia scientifica era portatore fin dall’inizio di una vocazione internazionale e di un’ideologia sociale progressista, che si richiamavano ai principi dell’Illuminismo. Nel manifesto del Circolo di Vienna gli autori ricordavano i molti precedenti che, nella scienza e nella filosofia europea dei decenni precedenti, avevano preparato la svolta filosofica fondata sull’empirismo e sull’analisi logica della scienza. Essi auspicavano anche una diffusione del movimento al di fuori dell’Europa, segnalando la presenza di ambienti culturali fertili in Gran Bretagna, in America e in Russia (ivi, pp. 61-9). Si trattava – com’era tipico dei manifesti politici e culturali dell’epoca – di una narrazione teleologica, tutta orientata al futuro e in particolare a un’internazionalizzazione che ben presto si sarebbe dovuta realizzare sotto la pressione degli eventi storici. Negli anni Trenta, con l’emigrazione forzata di molti protagonisti dalla Germania e dall’Austria, governate dal nazismo, il movimento si trasferì dall’Europa negli Stati Uniti. Qui vennero gettate le basi del progetto (poi interrotto nel 1945) di un’*Enciclopedia della scienza unificata* e, nel dopoguerra, ebbe luogo il consolidamento disciplinare della filosofia della scienza attra-

4. Per esempio Carnap – che proprio nel 1929 aveva assistito, a Davos in Svizzera, al dibattito tra Heidegger e Cassirer sull’eredità della filosofia kantiana – contribuì a elaborare questa “terza via” neoempirista in scritti come *Der logische Aufbau der Welt* (1928) e *Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache* (1931). Cfr. Friedman (2000).

verso l'istituzione di centri di ricerca, società e riviste che hanno reso possibile lo straordinario sviluppo della disciplina fino a oggi⁵.

Ma il movimento, nonostante la forte comunanza ideale, si scontrò ben presto con la difficoltà di mantenere un'impostazione metodologica unitaria. Fin dal principio coesistevano approcci diversi come la «logica della scienza» di Carnap, che intendeva ricondurre tutta la riflessione filosofica sulla scienza all'analisi logica dei linguaggi scientifici, e l'indagine sociologica promossa da Neurath, che doveva occuparsi degli aspetti pragmatici dell'attività scientifica. La tensione tra questi approcci veniva risolta mediante la messa in rilievo della divisione del lavoro, che fin dal principio era stato un altro cardine del programma neopositivista. Ma lo stesso metodo dell'analisi logica delle teorie scientifiche andò incontro a numerosi problemi e revisioni, prima tra tutte la difficoltà insita nel compito di esprimere i termini teorici della scienza attraverso definizioni contenenti soltanto termini osservativi. Le critiche a questo programma furono diverse, all'interno del movimento. In questa sede basti ricordare come Carnap, forse il più strenuo difensore di quel principio della metodologia neoempirista, dovette più volte modificare le sue vedute alla luce delle diverse obiezioni: dapprima abbandonò la definibilità empirica dei concetti scientifici, poi elaborò diversi sistemi di regole per porre in corrispondenza termini teorici e osservativi, infine concesse che i termini teorici possono ricevere un'interpretazione «soltanto parziale» (Carnap, 1956) in base ai termini osservativi.

Quest'ultima modifica si rivelò cruciale in quanto comportava una messa in discussione radicale delle idee espresse nel manifesto del 1929. L'identificazione della filosofia con l'analisi della scienza e l'an-

5. Oltre che nelle diverse testimonianze autobiografiche di protagonisti come Carnap, Reichenbach, Feigl e Hempel, utili ricostruzioni sintetiche dell'emigrazione intellettuale menzionata nel testo si trovano in Stadler (2007) e Reisch (2007). In italiano è ancora utile il profilo storico-critico di Barone (1986). Come esempi del consolidamento istituzionale avvenuto sul suolo americano con il movimento per la «scienza unificata» si possono citare la fondazione del Minnesota Center for Philosophy of Science, avvenuta nel 1953 sotto la guida di Herbert Feigl, allievo di Schlick e membro del Circolo di Vienna, e quella del Boston Center for Philosophy and History of Science nel 1960, sotto la guida di Robert S. Cohen (quest'ultimo centro proseguiva idealmente le attività dello Unity of Science Institute, fondato anch'esso a Boston da Philipp Frank, un altro dei «viennesi»).

timetafisica si radicavano infatti nella tesi secondo cui ogni proposizione sensata si deve poter esprimere in termini osservativi, risultando perciò sottoponibile alla prova dell'esperienza. Si trattava in altre parole – aggiornando un'idea dell'empirismo humiano – di mostrare che la conoscenza vera e propria si può sempre ricondurre a proposizioni della scienza empirica e che tutte le questioni filosofiche o metafisiche (quale, per esempio, l'alternativa tra idealismo e materialismo) sono pertanto pseudo-problemi. Con il venir meno di questo criterio di significanza, dunque, sembrava aperta la via alle concezioni di filosofi che, pur appartenendo al movimento della filosofia scientifica, contestavano il modo in cui l'empirismo era stato identificato con la riduzione di ogni concetto scientifico a fenomeni osservabili. Così Feigl (1950), proprio a partire dall'«eccedenza di significato» (*surplus meaning*) delle proposizioni teoriche, sostenne l'esigenza di tornare a riconoscere, come avevano fatto Schlick e Reichenbach prima della fondazione del Circolo di Vienna, il «riferimento fattuale» di termini teorici come "atomo". E Popper, in termini più decisamente antiempiristi, sostenne che le congetture metafisiche, ovvero quelle formulate indipendentemente dall'esperienza ma riferite al mondo naturale, costituiscono parte integrante delle teorie scientifiche. In generale questi studiosi sostenevano che, ferma restando l'opposizione all'uso di proposizioni metafisiche del tutto trascendenti e dunque incontrollabili, occorresse tornare a un'indagine di tipo realistico sugli enti e sulle proprietà della natura, elaborando nuovi metodi per sottoporre questa indagine al controllo sperimentale. Questo realismo scientifico comportava però la riapertura di questioni – come l'alternativa tra dualismo e teoria dell'identità mente-corpo o l'alternativa tra rappresentazione corpuscolare e ondulatoria della materia – che il positivismo logico aveva rigettato in quanto mal poste e pertanto insolubili.

Carnap, tuttavia, aveva elaborato un'altra strategia per difendere l'antimetafisica, muovendo dalla sua «sintassi logica» dei linguaggi scientifici. Egli aveva argomentato che la scelta tra le diverse cornici linguistiche in cui si può esprimere un medesimo contenuto empirico, e dunque la scelta tra i diversi repertori ontologici associati a queste cornici, dipendesse da motivi pragmatici e non comportasse la riapertura di questioni metafisiche all'interno dell'attività scientifica (Carnap, 1950). Una posizione simile fu enunciata da Quine: la scelta tra ontologie diverse, per quanto importante allo scopo di conoscere la realtà, non si poteva ricavare immediatamente dall'analisi delle teo-

rie scientifiche, ma dipendeva dall'adozione di diversi «punti di vista epistemologici», la cui scelta poteva dipendere nel migliore dei casi da un criterio pragmatico (Quine, 1953, pp. 19, 46). Questo momento pragmatico, che si poteva peraltro collegare a un pilastro dell'epistemologia come il convenzionalismo di Poincaré, forniva un complemento all'analisi della scienza e all'antimetafisica senza comportare la sconfessione delle idee originarie del Circolo di Vienna e il ritorno a forme di apriorismo o metafisica.

Ma la questione si ripropose in forma più drammatica con la formulazione della teoria delle rivoluzioni scientifiche di Kuhn (enunciata peraltro in un saggio – Kuhn, 1962 – incluso nell'*Enciclopedia* neopositivista). Per definire il passaggio tra i diversi paradigmi, che di volta in volta regolano la teoria e la pratica scientifica, Kuhn parlava non semplicemente di una scelta tra diverse convenzioni, ma di una «conversione», che non dipenderebbe dal riconoscimento della maggiore efficacia di una teoria, bensì da fattori extrascientifici. I paradigmi, di fatto, costituivano «incommensurabili maniere di guardare al mondo e di praticare la scienza in esso» (ivi, p. 22). Kuhn restava persuaso che potessero darsi criteri metascientifici, come la semplicità delle teorie, capaci di stabilire la continuità del progresso scientifico – almeno considerando questo progresso retrospettivamente; ma questi criteri si erano già dimostrati insufficienti, nelle discussioni tra i “filosofi scientifici” della generazione precedente, per stabilire univocamente la scelta di una determinata teoria.

L'opera di Kuhn, insistendo sulla presenza di fattori non razionali dell'attività scientifica, ha suscitato una vasta discussione sui fattori che guidano il mutamento scientifico. Riportare l'adozione di una determinata teoria a interessi sociali e politici, come sostenuto da alcuni sociologi della scienza, significava rinunciare all'universalismo che aveva ispirato originariamente la filosofia scientifica. Di fronte a questo rischio diversi filosofi della scienza americani – a partire dagli anni Settanta del secolo scorso – hanno affrontato nuovamente il problema del valore oggettivo delle teorie scientifiche, riprendendo in considerazione e riformulando concezioni del passato come il realismo (Putnam e Salmon), l'empirismo (van Fraassen) e il kantismo (Friedman). In questo modo vie che erano state già battute in Europa all'epoca della formazione della filosofia scientifica tornavano in discussione e l'immagine dell'unanimità epistemologica di filosofi e scienziati, sbandierata alla fine degli anni Venti, si rivelava fortemente semplificatoria.

Il ruolo della storia

Questi cenni bastano a comprendere come mai si sia imposto, nella filosofia della scienza contemporanea, un momento di riflessione storica retrospettiva che è ormai considerato parte integrante della riflessione epistemologica. La nascita di istituzioni come l'Institute Vienna Circle nel 1991 e l'International Society of the History of Philosophy of Science (HOPOS) nel 1992 testimonia l'esigenza di raccogliere in una cornice comune studi e studiosi che si interrogano sulle origini della filosofia scientifica, prestando particolare attenzione a quelle componenti teoriche – come le varie forme di realismo, kantismo, pragmatismo e fenomenologia – che animarono lo straordinario laboratorio teorico da cui emerse il progetto neopositivista, destinato per alcuni anni a fagocitare le alternative. La filosofia della scienza contemporanea vede nuovamente una fitta collaborazione tra studiosi americani ed europei, particolarmente orientata a riportare alla luce una gamma di alternative neglette e riconsiderarne le sorti alla luce delle discussioni del secolo scorso.

Da questo processo dipende la componente storica che si ritrova nei saggi di questo volume, anche laddove questi presentano prospettive nuove e originali. Prendere posizione sul problema della validità della matematica o sull'interpretazione di teorie come la meccanica quantistica – per fare solo due esempi – comporta inevitabilmente la riconsiderazione di una tradizione epistemologica stratificata in cui non si presuppone più, al contrario di un secolo fa, un sicuro progresso lineare. Per esempio non è più escluso che l'efficacia della matematica, oltre che determinare l'efficacia di uno strumento formale ben preciso, possa offrire sostegno a congetture sulla struttura oggettiva della realtà: pertanto la questione merita di essere discussa da capo. Analogamente, non è più dato per scontato che la straordinaria efficacia predittiva di una teoria come la meccanica quantistica comporti che l'interpretazione canonica della teoria sia ovviamente vera e tracci una volta per tutte i limiti della conoscenza dei fenomeni atomici e subatomici. E ancora: non è più senz'altro chiaro come si debbano correlare i risultati dell'indagine psicologica e di quella neurobiologica, e questo pone nuovamente in questione i fondamenti delle rispettive discipline. Questioni come queste presuppongono allo stesso tempo la comparsa di interpretazioni alternative delle medesime conoscenze empiriche, che riflettono le vicende epistemologiche appena tratteggiate, ma anche un lavoro di scavo

storico-critico negli archivi, nei fondi manoscritti e nelle testimonianze dirette, che ha contribuito a portare alla luce la complessità e gli aspetti controversi nelle vedute dei grandi scienziati e filosofi che hanno concorso alla formazione dei grandi paradigmi scientifici del Novecento.

Continuare a riflettere, in base a questi documenti, su testi esemplari e per certi versi definitivi della elaborazione scientifica del secolo scorso, come gli articoli di Einstein sulla relatività speciale, quelli di Bohr e Heisenberg sulla meccanica quantistica o quelli in cui Gödel enunciò i suoi teoremi, non costituisce un lavoro filologico privo di prospettive teoriche. Al contrario questa rilettura storico-critica, inserendo quei testi nel contesto originario dell'attività dei loro autori, ha riportato alla luce l'andamento vero e proprio della teorizzazione scientifica, che si deposita nei testi diventati classici, ma non si identifica mai definitivamente con essi. Pertanto essa ha fornito strumenti più accurati anche all'analisi puramente teorica. L'impressione contraria, che spesso caratterizza la mentalità degli scienziati, può essere suggerita, piuttosto che dai testi scientifici originali (in cui si continuano a individuare spunti problematici poco notati), da quei pilastri tradizionali dei paradigmi che – come già affermava Kuhn (1962, p. 10) – sono i manuali e i trattati. Non a caso la riconsiderazione critica di manuali e trattati di teorie ancora centrali nell'insegnamento scientifico occupa un posto centrale nella ricerca storico-epistemologica contemporanea. Per esempio, un manuale standard di meccanica quantistica per le università riassume i postulati fondamentali della teoria, insegnando allo studente che questi postulati esprimono proprietà della natura, senza soffermarsi sulle molte questioni che questo tipo di affermazione pone. Fu già un fisico come John Bell (1990) ad argomentare la sua diagnosi sui pregiudizi della comunità scientifica in base a un'analisi dei diversi modi in cui i principali manuali della disciplina presentavano il problema della misura. Vent'anni dopo, la ricerca internazionale continua a sondare e dipanare la complessa interazione di linguaggi matematici, evidenze empiriche e diverse prospettive filosofiche che ha dato forma a un secolo di esposizioni manualistiche della teoria⁶.

6. Questa indagine è stata resa possibile attraverso il lavoro parallelo (e talvolta comune) di filosofi, scienziati e storici. La presa di coscienza della varietà di vedute tra i grandi fisici quantistici degli anni Venti del secolo scorso, che venne stimolata dalla rilettura dei loro testi e poi dalla conoscenza di inediti, ha favorito certamente la ricerca sulle teorie alternative. A tal fine risultano fondamentali i materiali messi a disposizione nel 1967 dall'Archive for the History of Quantum Physics, sotto la

Un discorso analogo si potrebbe fare per la biologia evolutzionistica, per la teoria della relatività, per la neuroscienza cognitiva e così via. Non si tratta però, è bene chiarirlo, di rievocare i termini un po' opachi del dibattito sul relativismo che conseguirebbe alla teoria dei paradigmi di Kuhn. Piuttosto, si tratta di ristabilire un'immagine più nitida del sapere scientifico, che ne preservi le lacune e gli aspetti interpretativamente aperti – come luoghi teorici della riflessione critica e dell'innovazione teorica – in contrasto con una visione monolitica e statica delle teorie che a lungo ha caratterizzato l'idea stessa di “analisi della scienza”.

I.4

Metafisica e interpretazione delle teorie: aspetti del dibattito contemporaneo

L'autorevisione dell'epistemologia è all'origine di altre caratteristiche del dibattito contemporaneo di cui i saggi del volume danno esempio. In generale, si può affermare che la tesi di una dissoluzione della filosofia nelle scienze, auspicata dai primi neopositivisti, è sostituita oggi dal riconoscimento di una interdipendenza tra filosofia e scienze. Questo comporta un curioso fenomeno di ricomparsa e riformulazione di questioni che la filosofia scientifica riteneva di aver cancellato. Consideriamo qui tre esempi: a partire dal diffuso ritorno al realismo e al naturalismo nella filosofia analitica degli ultimi decenni, si è intensificata la riflessione sul rapporto tra metafisica e scienza, sui limiti del riduzionismo matematico e fisico, sull'indeterminatezza semantica delle teorie su cui si basa la pratica scientifica.

Il primo tema si presenta con la nascita di una “metafisica scientifica” o “metafisica naturalizzata”. Con questi termini si indica un campo di indagini che consiste nel riprendere temi e ipotesi della metafisica (come i concetti di sostanza, proprietà e disposizione causale) passandoli al vaglio delle teorie predittivamente più potenti della scienza della natura, per vedere se queste sono in grado di individuare come più plausibili alcune

guida di Kuhn, che aveva luogo in un'epoca di fitto dibattito filosofico sulle teorie alternative. Più di recente, il progetto *History and Foundation of Quantum Physics*, promosso dal Max Planck Institute (2006-12), ha costituito una nuova occasione di bilancio. Tra le pubblicazioni emerse al Max Planck cfr. Badino, Navarro (2013) che, studiando i manuali di meccanica quantistica, mette alla prova l'idea di una «epistemologia storica dell'insegnamento scientifico».

delle ipotesi formulate in passato o di suggerirne di nuove. Si tratta di un campo di indagini il cui statuto metodologico è ancora in discussione (cfr., per esempio, Ross, Ladyman, Kincaid, 2013; Morganti, 2013). Ma i diversi approcci sono accomunati da un’ispirazione realistica: per una metafisica scientifica, cioè, si impone il problema di caratterizzare in che misura le teorie predittivamente efficaci sono *anche vere* e gli oggetti e le proprietà che esse contengono corrispondono alla realtà. Il tema è ricorrente nel volume, ma è particolarmente presente nelle discussioni dedicate al realismo strutturale sulle proprietà matematiche (CAP. 3), alle nozioni di “spazio-tempo” e di “oggetto fisico” in relatività speciale (CAP. 5) e all’interpretazione della meccanica quantistica (CAP. 9).

La questione del riduzionismo interteorico è radicata nei diversi programmi di fondazione e assiomatizzazione delle scienze sviluppati tra la fine del XIX e l’inizio del XX secolo. Si tratta quindi della messa in discussione del modello di conoscenza che è stato a lungo considerato esemplare nelle indagini epistemologiche del XX secolo, ispirando un metodo che molti filosofi e scienziati ritengono ancora doveroso, se non accogliere nelle sue implicazioni ontologiche (come il fisicalismo riduzionistico molto diffuso nel secolo scorso), almeno praticare a scopo euristico. A questa messa in discussione si può collegare l’indagine sulle basi naturali della conoscenza, che nega validità oggettiva ai concetti matematici, ma li considera come efficaci strumenti cognitivi prodotti dall’interazione degli organismi con l’ambiente (CAP. 2); la stessa concezione naturalistica della conoscenza, in quanto processo legato all’interazione con l’ambiente, ispira le critiche alle teorie che riducono il comportamento all’esecuzione di un programma precodificato, sia nel campo della messa a punto di modelli artificiali (CAP. 11), sia nel campo dello studio della plasticità neurale (CAP. 12); e ancora, da una simile prospettiva antiriduzionistica muove anche la ricerca di un “pluralismo esplicativo” capace di mediare tra neuroscienze e psicologia, per cui lo studio dei meccanismi neurali alla base della conoscenza e della decisione non esaurisce il repertorio concettuale e metodologico dello scienziato, ma coesiste con il riconoscimento della irriducibile potenzialità euristica dei concetti psicologici (CAP. 14).

Una terza caratteristica della crisi della tradizione neopositivista consiste nell’abbandono della tesi secondo cui le teorie scientifiche predittivamente più efficaci hanno anche un significato univoco e pertanto possono fornire un sicuro mezzo per la soluzione dei problemi filosofici. La questione era già ben nota in epistemologia attraverso le

discussioni sulla cosiddetta “sottodeterminazione” delle teorie scientifiche rispetto all’evidenza sperimentale. Come argomentava Duhem all’inizio del XX secolo (Duhem, 1906), un determinato insieme di conoscenze empiriche non autorizza necessariamente ad assumere determinate credenze (o ipotesi); l’evidenza è infatti sempre logicamente compatibile con diversi costrutti teorici e il sistema delle credenze può essere modificato in vari modi pur restando riferito ai medesimi fenomeni (sottodeterminazione olistica). Questo tipo di problema è stato ripreso e sviluppato alla luce della discussione sul mutamento teorico, a cui si è accennato sopra: la spiegazione dei fenomeni, nei termini delle teorie scientifiche attualmente adottate, è messa in dubbio per il fatto che si danno teorie empiricamente (e predittivamente) equivalenti o anche per la mera supposizione di teorie future, capaci di spiegare i medesimi fenomeni (si parla in proposito di sottodeterminazione contrastiva). La questione, infine, ha assunto una curvatura particolare con il superamento dell’antimetafisica neopositivista: in questa prospettiva, infatti, la sottodeterminazione di una teoria è collegata alla possibilità di fornire di essa differenti interpretazioni ontologiche. Per esempio, rispetto all’egemonia di cui ha goduto a lungo la giustificazione della conoscenza matematica interna alla matematica stessa, dopo Gödel sono tornati in discussione modelli di giustificazione alternativi come l’intuizionismo, mentre l’idea stessa dell’assiomatizzazione è stata sostanzialmente ripensata (CAP. 10). La fisica offre casi particolarmente evidenti di questa situazione, relativi anche a teorie ormai canoniche del patrimonio scientifico: ne sono esempi le discussioni ancora vive sul significato dei concetti fisici fondamentali di spazio, tempo e massa introdotti dalla relatività speciale (CAP. 4 e 5) o sul problema della misura in meccanica quantistica (CAP. 7). Ma la questione è ulteriormente complessa (e sfuggente) nel caso di teorie ancora parzialmente congetturali e controverse, come la teoria neuroscientifica della coscienza (CAP. 13) o la gravità quantistica (CAP. 15).

A partire da casi come questi si capisce meglio in che senso l’attuale filosofia della scienza affronti la questione della sottodeterminazione, restituendo una maggiore autonomia alla riflessione filosofica. Non si tratta più soltanto della questione pragmatica di scegliere un linguaggio teorico tra gli altri. La scelta comporta la posizione di vere e proprie alternative teoriche che, in alcuni casi, possono risultare empiricamente non discriminabili (o non ancora sottoponibili a un controllo sperimentale), eppure hanno tutte la pretesa di rappresentare in modo più

o meno adeguato la realtà. La diversa plausibilità di simili alternative è stabilita attraverso argomentazioni diverse rispetto a quelle tipiche del metodo sperimentale, che può coinvolgere il collegamento delle teorie scientifiche con altri campi della conoscenza e dell’esperienza. In questo senso, per esempio, il filosofo Michael Friedman (2002, pp. 37-8) ha sottolineato che i «metaparadigmi filosofici» svolgono un ruolo cruciale per motivare e sostenere le transizioni verso nuovi paradigmi scientifici. Una tale distinzione tra paradigmi filosofici e scientifici esprime bene la distanza dell’attuale filosofia della scienza dai tempi in cui la filosofia si risolveva nell’analisi logica delle teorie. Certamente, secondo una buona parte dei filosofi della scienza di oggi, le teorie scientifiche possono e devono ispirare la scelta tra diverse opzioni metafisiche. Ma al tempo stesso si torna a riconoscere che la filosofia può svolgere una funzione euristica, a partire dal fatto che essa, anche in assenza di dati sperimentali, ha storicamente ispirato lo sviluppo e la diffusione delle teorie scientifiche moderne. Friedman (2010) ricorda il ruolo del cartesianesimo rispetto alla meccanica e all’astronomia moderne e il ruolo delle indagini sullo spazio di Helmholtz, Poincaré e Mach rispetto alla fisica relativistica. In effetti, ancora di recente, le controversie filosofiche hanno favorito l’elaborazione di alternative teoriche: si pensi a come le obiezioni al positivismo abbiano pesato e pesino ancora nella discussione sui fondamenti della meccanica quantistica o a come le obiezioni avanzate contro il funzionalismo tra gli anni Settanta e Novanta alimentino la ricerca di nuove teorie scientifiche della coscienza fenomenica.

È importante sottolineare anche che la menzionata sottodeterminazione non riguarda soltanto quelle discipline, come la matematica o la fisica, in cui gli oggetti non sono direttamente accessibili all’esperienza. Un discorso analogo si può fare, ad esempio, per la genetica: nessuno mette in dubbio l’esistenza dei geni e il fatto che questi determinino lo sviluppo dei caratteri negli organismi. Ma la tendenza a ricavare senz’altro dai geni la spiegazione di caratteri e comportamenti anche complessi ha dato luogo a quello che Telmo Pievani definisce “animismo genetico”, che è invece senz’altro in discussione al giorno d’oggi⁷. Come mostrano soprattutto le scienze della vita, dunque, non si tratta soltanto di selezionare le entità realmente esistenti in base alle teorie scientifiche, ma anche di stabilire in

7. Si veda il saggio di Pievani dedicato agli sviluppi contemporanei della teoria dell’evoluzione di Darwin in Pecere (2015, cap. 9).

modo più accurato le proprietà di entità universalmente ammesse, senza cadere in generalizzazioni e inferenze infondate. Qualcosa di simile si potrebbe dire dei neuroni e della neuroscienza cognitiva contemporanea, che è oggetto di un enorme sviluppo, ma anche di una decisa indagine critica (interna ed esterna) che denuncia l'urgenza di circoscrivere l'effettiva portata esplicativa e applicativa delle attuali conoscenze.

Tutti i problemi appena menzionati non mettono in discussione il progresso delle teorie scientifiche in termini di capacità esplicative e predittive dei fenomeni naturali, ma piuttosto la derivazione acritica, da queste teorie, di principi e credenze incondizionatamente validi. In altre parole, la vicenda secolare della epistemologia, che ha cercato nella scienza un asilo rispetto al proliferare incontrollato delle metafisiche, porta oggi, nel medesimo spirito critico, a individuare la metafisica latente nelle stesse teorie scientifiche e pertanto a rimetterla in discussione abolendo le barriere del passato. Tuttavia, occorre segnalare che le tendenze epistemologiche appena accennate restano controverse, soprattutto presso la comunità scientifica. Così, a dispetto della liberalità con cui oggi tra filosofi e in certi ambiti della comunità scientifica si discute di alternative metafisiche, la possibilità di discriminare tra queste alternative con l'ausilio della filosofia non è ampiamente riconosciuta; parallelamente, molti scienziati non dimostrano apertura rispetto alla possibilità che la filosofia possa aiutare a risolvere problemi che le loro teorie, almeno nella loro forma attuale, non sono capaci di risolvere. Infine, è controversa anche la posizione più modesta, secondo cui le idee filosofiche svolgerebbero una funzione euristica per l'evoluzione del pensiero scientifico. In generale si può affermare che, nonostante gli sforzi di un secolo di filosofia della scienza, l'estraneità tra cultura filosofica e cultura scientifica è ancora forte, non soltanto tra i filosofi che ignorano l'importanza di confrontarsi con le scienze, ma anche tra gli scienziati che ritengono le proprie discipline del tutto estranee a qualsiasi questione filosofica.

I.5

Un esempio: fisica e/o filosofia

A illustrazione di quest'ultima affermazione voglio presentare brevemente un esempio relativo alla fisica, che è stata certamente la scienza più presente nelle discussioni epistemologiche moderne. È noto che

Einstein – e come lui Bohr, Heisenberg, Born, Schrödinger e altri protagonisti delle rivoluzioni della fisica del XX secolo – aveva una ricca cultura filosofica e che, come hanno mostrato molti studi, questa cultura giocò un ruolo importante per la formazione delle sue idee scientifiche (cfr. Laudisa, 2010). Ma è meno noto che Einstein sostenne esplicitamente l’importanza di studiare la storia e la filosofia della scienza per sviluppare negli scienziati un atteggiamento libero da pregiudizi e dunque innovativo. Rispondendo al giovane filosofo Robert Thornton, che gli comunicava la sua intenzione di mettere «tutta la filosofia della scienza possibile» nel suo corso di fisica moderna, Einstein (1944) scriveva:

Sono pienamente d’accordo con te sul significato e sul valore educativo della metodologia, così come della storia e della filosofia della scienza. Oggi molta gente – perfino scienziati professionisti – mi sembra come chi ha visto migliaia di alberi ma non ha mai visto una foresta. Una conoscenza dello sfondo storico e filosofico dà quel genere di indipendenza dai pregiudizi della propria generazione, di cui la maggioranza degli scienziati sta soffrendo. Questa indipendenza creata dall’indagine [*insight*] filosofica – a mio parere – costituisce il tratto che distingue un mero artigiano o specialista dal vero ricercatore della verità.

Queste idee di Einstein erano certamente influenzate dalla sua resistenza all’interpretazione dominante della meccanica quantistica, che non si risolse mai nella formulazione di una compiuta teoria alternativa. Di fatto – alla luce di questa celebre vicenda – l’esempio di Einstein è stato considerato negativamente da molti scienziati, secondo i quali un pregiudizio filosofico impedì al grande scienziato di accettare la nuova teoria rivoluzionaria. Molti decenni dopo, tra i fisici impegnati nella ricerca di una teoria capace di conciliare la teoria relativistica della gravitazione e la meccanica quantistica, la posizione dominante sembra diversa da quella di Einstein. Per esempio Stephen Hawking, discutendo la ricerca sulla teoria M dell’universo (una versione di teoria delle stringhe), ha affermato che le domande fondamentali sulla natura dell’universo non si potrebbero risolvere senza i dati “duri” che sono attualmente ricavati dal grande acceleratore di particelle del Cern e dalla ricerca spaziale, e ha concluso⁸:

8. L’intervento ha avuto luogo alla conferenza *Zeitgeist* di Google nell’Hertfordshire, di cui si trova notizia in Warman (2011).

La maggior parte di noi, solitamente, non si preoccupa di queste domande. Ma quasi tutti a volte ci chiediamo: Perché siamo qui? Da dove veniamo? Tradizionalmente, queste sono domande tipiche della filosofia, ma la filosofia è morta. I filosofi non si sono tenuti al passo con gli sviluppi della scienza, in particolare della fisica [...]. Gli scienziati sono diventati i portatori della torcia della scoperta nella nostra ricerca della conoscenza. [Nuove teorie] ci portano a una nuova e diversa immagine dell'universo e del nostro posto in esso.

Un altro esempio è il fisico teorico Lawrence Krauss. A proposito di una recensione critica al suo libro *A Universe from Nothing. Why there Is Something rather than Nothing*, scritta dal filosofo David Albert (2012), Krauss ha così commentato la tensione tra fisica e filosofia:

Suppongo dipenda dal fatto che la fisica ha sconfinato nella filosofia. La filosofia era un campo di ricerca con un suo proprio contenuto, ma poi la "filosofia naturale" è diventata fisica, e la fisica ha continuato a fare incursioni in quel campo. Ogni volta che c'è un salto in fisica, essa sconfinava in queste aree che i filosofi si erano attentamente riservati per sé stessi, perciò si ha questo naturale risentimento da parte dei filosofi: questa idea secondo cui in qualche modo i fisici, dato che non sanno pronunciare la parola "filosofia", non sono giustificati a parlare di queste cose o non ci hanno pensato abbastanza profondamente⁹.

Secondo Krauss, la differenza tra fisica e filosofia è che la prima fa dei progressi, mentre la seconda non ne ha mai fatti o meglio, quando ne ha fatti, è stata assorbita da altri campi, come la logica, la storia o la letteratura. In conclusione:

La filosofia è un campo che, sfortunatamente, mi ricorda la vecchia battuta di Woody Allen: "quelli che non sanno fare, insegnano, e quelli che non sanno insegnare, insegnano ginnastica". E la parte peggiore della filosofia è la filosofia della scienza; le sole persone che, per quanto ne so, leggono il lavoro dei filosofi della scienza sono altri filosofi della scienza. Non ha alcun impatto sulla fisica e dubito che altri filosofi la leggano perché è piuttosto tecnica. Perciò è molto difficile capire che cosa la giustifichi. Direi quindi che questa tensione avviene perché quelli che si occupano di filosofia si sentono minacciati, e

9. Citato in Andersen (2012).

hanno ogni ragione di sentirsi minacciati, perché la scienza progredisce e la filosofia no (cit. in Andersen, 2012).

Infine, un terzo esempio è Neil deGrasse Tyson, che in più occasioni ha pubblicamente biasimato la filosofia che si occupa della fisica presentandola come una vuota impresa verbale. Per esempio ha affermato¹⁰:

Fino ai primi anni del xx secolo i filosofi avevano da offrire contributi sostanziali alle scienze fisiche. Molto tempo dopo la meccanica quantistica – lo si ricordi – il filosofo è ancora l’aspirante scienziato senza laboratorio. Ma quel che è successo è che negli anni ’20 siamo venuti a sapere dell’universo in espansione e – nella stessa decade – abbiamo conosciuto la fisica quantistica, due risultati talmente lontani da quanto si può dedurre dalla scrivania che l’intera comunità dei filosofi, che in precedenza aveva contribuito al pensiero dei fisici, è risultata portatrice di idee essenzialmente obsolete [...] e devo ancora vedere un suo contributo – questo mi metterà nei guai con ogni genere di filosofo – ma chiamatemi dopo e correggetemi se pensate che io abbia dimenticato qualcuno. Il fatto è che la filosofia si è fundamentalmente allontanata dalla frontiera delle scienze fisiche, mentre c’è stato un giorno in cui le due discipline erano la stessa cosa.

Tutte queste opinioni identificano la filosofia con una disciplina speculativa e superata, che è stata sovrapposta alla fisica in passato, ma non ne ha mai condiviso i metodi. Non è neanche il caso di sottolineare che si tratta di affermazioni storicamente infondate, non soltanto riguardo all’origine della moderna scienza sperimentale e matematica, ma anche – come abbiamo ricordato poco sopra – riguardo alla fisica del xx secolo. Tuttavia, queste concezioni sono molto radicate e comportano il discredito della dimensione filosofica della scienza. Anche nel recente tentativo del premio Nobel Steven Weinberg (2015) di raccontare la storia della scienza, quest’ultima è considerata alla luce delle teorie contemporanee, che permettono di rilevarne gli errori e riformularne le intuizioni. Questo però cancella il ruolo che idee, problemi e metodi non riconducibili strettamente alla metodologia matematico-sperimentale hanno rivestito nella genesi della scienza moderna. È interessante in questo senso rimarcare che, proprio muo-

10. La frase di deGrasse Tyson, pronunciata in un dibattito pubblico con Richard Dawkins, è riportata e discussa (insieme ad altre) in Pigliucci (2014).

vendo dal riconoscimento che la scienza contemporanea include problemi irrisolti e ipotesi controverse, molti scienziati non condividono queste tesi e difendono posizioni analoghe a quella di Einstein sulla conoscenza della scienza del passato. Tra questi scienziati c'è Carlo Rovelli, che – nel capitolo conclusivo del volume – individua nella mancanza di considerazione delle teorie del passato e delle idee che a esse si accompagnano una possibile causa della stagnazione della fisica teorica contemporanea.

I.6

Struttura del volume

I saggi raccolti in questo volume si possono raccogliere in sei sezioni, che conviene distinguere per agevolare diversi percorsi di lettura.

Una prima sezione – la sola dedicata a un tema piuttosto che a un campo disciplinare – riguarda il problema della matematizzazione della natura. Questo tema, radicato nelle celebri posizioni di Galilei all'alba della scienza moderna, viene affrontato da due prospettive diverse, che esprimono efficacemente le tendenze più recenti dell'epistemologia: quella realistica (in particolare, del realismo strutturale) nel saggio di Mauro Dorato (CAP. 2) e quella naturalistica, nel saggio di Carlo Cellucci (CAP. 3).

Una seconda sezione riguarda la teoria della relatività di Einstein. Il saggio di Giovanni Battimelli (CAP. 4) esamina l'origine della relatività ristretta nel contesto delle ricerche sulla teoria elettromagnetica della massa. Il saggio di Claudio Calosi (CAP. 5), saltando avanti di oltre un secolo, presenta le discussioni metafisiche più recenti sulle nozioni di "spazio-tempo" e di "oggetto" alla luce della relatività speciale. Infine, il saggio di Giovanni Macchia (CAP. 6) è dedicato agli aspetti filosofici della relatività generale e della cosmologia.

Una terza sezione riguarda la meccanica quantistica. Il saggio di Angelo Bassi (CAP. 7) è dedicato all'esposizione del problema centrale nell'indagine sui fondamenti della teoria (il cosiddetto problema della misura) e delle interpretazioni o teorie alternative oggi più considerate dalla comunità scientifica. Segue un saggio di Paolo Pecere (CAP. 8) che esamina il ruolo delle idee filosofiche nelle discussioni tra fisici e filosofi sulla meccanica quantistica. Infine il saggio di Mat-

teo Morganti (CAP. 9) presenta il concetto di metafisica analitica ed esamina come diversi problemi metafisici vengano affrontati alla luce della teoria quantistica, al tempo stesso fornendo una base categoriale per l'interpretazione della teoria stessa.

In una quarta sezione si possono includere due capitoli che prendono le mosse dalle indagini del secolo scorso sul sapere matematico e sugli aspetti computazionali della conoscenza. Il saggio di Giambattista Formica (CAP. 10) presenta un profilo storico-critico aggiornato della genesi e delle sorti del programma hilbertiano di assiomatizzazione della matematica, soffermandosi particolarmente sulla sua crisi, determinata dai teoremi di Gödel, e sulle implicazioni filosofiche dell'intera vicenda. Il saggio di Edoardo Datteri (CAP. 11) traccia un percorso critico attraverso l'intera ricerca sull'intelligenza artificiale, sottolineando la varietà di approcci con cui questa disciplina contribuisce a una comprensione dell'intelligenza umana (e in genere animale) e presentando alcuni esempi di come essa ha interagito e interagisce ancora con la filosofia.

Una quinta sezione riguarda neuroscienza e psicologia cognitiva. Il saggio di Alberto Oliverio (CAP. 12) presenta una breve storia del concetto di plasticità cerebrale, discutendone le implicazioni per la comprensione neurobiologica delle funzioni cognitive, come la memoria, e del cervello in genere. Il saggio di Paolo Pecere (CAP. 13) discute origini e sviluppi contemporanei della ricerca su una teoria neuroscientifica della coscienza, confrontando argomentazioni filosofiche e modelli scientifici attualmente in discussione. Il capitolo di Mario De Caro e Massimo Marraffa (CAP. 14) affronta in chiave storico-critica l'antinomia tra riduzionismo neuroscientifico e autonomia dei concetti psicologici, difendendo un “pluralismo esplicativo” capace di conciliare l'analisi psicologica delle funzioni mentali con l'elaborazione di modelli neuroscientifici dei meccanismi cerebrali.

Il capitolo conclusivo di Carlo Rovelli (CAP. 15), come si è accennato, affronta il problema del ruolo delle idee per lo sviluppo della fisica teorica, con particolare riferimento alle frontiere della fisica contemporanea. Rovelli rifiuta una concezione del progresso scientifico come accumulo di conoscenze empiriche e difende la tesi dell'importanza cruciale delle idee (in quanto chiavi di lettura dei fatti) per l'origine delle rivoluzioni scientifiche. Si tratta anche di uno dei quattro capitoli del volume scritti da scienziati (gli altri sono quelli di Battimelli, Bassi e Oliverio). Tutti questi capitoli insistono sul carattere aperto e dinamico del pensiero scientifico, formando in questo un contrappun-

to con i capitoli scritti dai filosofi, che insistono sui molteplici modi con cui la filosofia interpreta le medesime teorie scientifiche: questo contrappunto esprime bene – o questo è l’auspicio di chi scrive – la convergenza ideale che ha reso possibile questo lavoro¹¹.

Riferimenti bibliografici

- ALBERT D. (2012), *On the Origin of Everything. “A Universe from Nothing” by Lawrence N. Krauss*, in “The New York Times”, March 23.
- ALLORI V. et al. (2005), *La natura delle cose. Introduzione ai fondamenti e alla filosofia della fisica*, Carocci, Roma.
- ANDERSEN R. (2012), *Has Physics Made Philosophy and Religion Obsolete?*, intervista a L. Krauss, in “The Atlantic”, April 23, <<http://m.theatlantic.com/technology/archive/2012/04/has-physics-made-philosophy-and-religion-obsolete/256203/>>.
- BADINO M., NAVARRO J. (eds.) (2013), *Research and Pedagogy. A History of Quantum Physics through Its Textbooks*, Edition Open Access, Berlin.
- BARONE F. (1986), *Il neopositivismo logico*, Laterza, Roma-Bari.
- BELL J. (1990), *Against Measurement*, in “Physics Worlds”, 3, 8, pp. 33-40.
- CARNAP R. (1950), *Empiricism, Semantics and Ontology*, in “Revue internationale de Philosophie”, 4, pp. 20-40.
- ID. (1956), *The Methodological Character of Theoretical Concepts*, in H. Feigl, M. Scriven (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 1: *The Foundations of Science and the Concepts of Psychology and Psychoanalysis*, University of Minnesota Press, Minneapolis, pp. 38-76.
- DORATO M. (2007), *Che cosa c’entra l’anima con gli atomi? Introduzione alla filosofia della scienza*, Laterza, Roma-Bari.
- ID. (2010), *Dalla filosofia della scienza alla filosofia delle scienze*, in “Sapere”, 5, settembre-ottobre 2010, pp. 12-9.
- DUHEM P. (1906), *La théorie physique. Son objet – sa structure*, Chevalier & Rivière, Paris (2^a ed. 1914).
- EINSTEIN A. (1944), *Lettera a Robert Thornton*, Einstein Archive (EA) 61-574, December 7.

11. Desidero ringraziare, oltre gli autori che hanno contribuito generosamente con il loro lavoro, alcuni studiosi che hanno incoraggiato e favorito in diversi modi la genesi di questo volume (alcuni di loro, avendo anche contribuito come autori, sono ringraziati doppiamente): Riccardo Chiaradonna, Mario De Caro, Antonio Clericuzio, Mauro Dorato, Matteo Morganti, Costantino Esposito, Massimo Ferrari e il compianto Roberto Cordeschi.

- FEIGL H. (1950), *Existential Hypotheses*, in “Philosophy of Science”, 17, pp. 35-62.
- FERRARI M. (2012), *Le origini della filosofia scientifica*, in E. Mesini, D. Mirri (a cura di), *Scienza e tecnica nel Settecento e nell’Ottocento*, CLUEB, Bologna, pp. 599-632.
- FRIEDMAN M. (2000), *A Parting of the Ways. Carnap, Cassirer and Heidegger*, Open Court, Chicago.
- ID. (2002), *Kant, Kuhn and the Rationality of Science*, in M. Heidelberger, F. Stadler (eds.), *History of Philosophy of Science. New Trends and Perspectives*, Kluwer, Dordrecht, pp. 25-41.
- ID. (2010), *Synthetic History Reconsidered*, in M. Domski, M. Dickson (eds.), *Discourse on a New Method. Reinventing the Marriage between History and Philosophy of Science*, Open Court, Chicago, pp. 571-811.
- GILLIES D., GIORELLO G. (2006), *La filosofia della scienza nel xx secolo*, Laterza, Roma-Bari (7^a ed.).
- HAHN H., NEURATH O., CARNAP R. (Hrsg.) (1929), *Wissenschaftliche Weltanschauung. Der Wiener Kreis*, Arthur Wolf, Wien (trad. it. *La concezione scientifica del mondo*, a cura di A. Pasquinelli, Laterza, Roma-Bari 1979).
- KUHN T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago.
- LAUDISA F. (2010), *Albert Einstein. Un atlante filosofico*, Bompiani, Milano.
- MARRAFFA M., PATERNOSTER A. (2013), *Persone, menti, cervelli. Storia, metodi e modelli delle scienze della mente*, Mondadori Education, Milano.
- MORGANTI M. (2013), *Combining Science and Metaphysics. Contemporary Physics, Conceptual Revision and Common Sense*, Palgrave Macmillan, Basingstoke.
- PECERE P. (a cura di) (2015), *Il libro della natura. I. Scienze e filosofia da Copernico a Darwin*, Carocci, Roma.
- PIGLIUCCI M. (2014), *Neil deGrasse Tyson and the Value of Philosophy*, in “The Huffington Post”, May 16, <http://www.huffingtonpost.com/massimo-pigliucci/neil-degrasse-tyson-and-the-value-of-philosophy_b_5330216.html>.
- QUINE W. V. O. (1953), *From a Logical Point of View*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- REISCH G. (2007), *From the “Life of the Present” to the “Icy Slopes of Logic”: Logical Empiricism, the Unity of Science Movement, and the Cold War*, in A. Richardson, T. Uebel (eds.), *The Cambridge Companion to Logical Empiricism*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 58-87.
- ROSS D., LADYMAN J., KINCAID H. (eds.) (2013), *Scientific Metaphysics*, Oxford University Press, Oxford.
- STADLER F. (2007), *History of the Philosophy of Science. From Wissenschaftslogik (Logic of Science) to Philosophy of Science: Europe and America, 1930-*

- 1960, in T. Kuipers (ed.), *Handbook of the Philosophy of Science: General Philosophy of Science – Focal Issues*, Elsevier, Amsterdam, pp. 577-658.
- VASSALLO N. (a cura di) (2003), *Filosofie delle scienze*, Einaudi, Torino.
- WARMAN M. (2011), *Stephen Hawking Tells Google “Philosophy Is Dead”*, in “The Daily Telegraph”, May 17, <<http://www.telegraph.co.uk/technology/google/8520033/Stephen-Hawking-tells-Google-philosophy-is-dead.html>>.
- WEINBERG S. (2015), *To Explain the World. The Discovery of Modern Science*, Harper Collins, New York.