

La filosofia e le scienze moderne: una storia comune

di *Paolo Pecere*

Questo volume traccia un percorso attraverso i temi e le teorie che hanno maggiormente alimentato la riflessione sui rapporti tra scienze e filosofia dalla rivoluzione scientifica al XIX secolo. Nei diversi saggi si trovano trattazioni aggiornate di temi come la rivoluzione copernicana, la matematizzazione della natura, il metodo sperimentale, il meccanicismo, il vitalismo, il determinismo biologico, e di teorie o campi disciplinari come la meccanica razionale, le geometrie moderne, la teoria dell'evoluzione. A questo si affianca un secondo volume, dedicato a vicende e autori che vanno dall'inizio del XX secolo a oggi, per comporre un itinerario complessivo attraverso la storia comune della filosofia e delle scienze moderne, che si caratterizza per l'interdisciplinarietà e per l'attenzione allo stato attuale delle ricerche: i contributi presentano infatti il lavoro congiunto di filosofi, storici e scienziati i quali, oltre a offrire un profilo dei rispettivi campi di studio, avanzano prospettive di ricerca originali e aperte.

I.I

Filosofia naturale e scienza moderna: tra continuità e tensione

Tra le premesse che motivano quest'opera c'è la constatazione di una forte continuità problematica tra filosofia e scienze, che a sua volta si basa prima di tutto su un dato di fatto storico: il radicamento comune della filosofia e delle scienze moderne. Questa circostanza è spesso ricordata dagli scienziati di oggi, per esempio da quei fisici che riconoscono a Newton o a Einstein la qualifica di "filosofi", salvo poi osservare che la filosofia con l'andare del tempo non è più

stata in grado di stare al passo con le scienze, rimanendo un residuo inservibile¹. Simili prese di posizione, per quanto spesso fondate su informazioni storiche superficiali, permettono di ricordare un aspetto essenziale e ancora valido della questione: la continuità problematica tra indagine filosofica e scientifica è stata, fin dall'epoca della rivoluzione scientifica, un motivo di sovrapposizione, ma anche di tensione. Per riconoscerlo basta menzionare rapidamente alcuni casi di grande rilievo.

È noto che Galileo Galilei, dopo il grande successo del *Sidereus nuncius*, ricevette dal granduca di Toscana il titolo di “matematico e filosofo”. Molti storici della scienza, da Cassirer a Koyré, hanno sostanzialmente giustificato questo doppio titolo, insistendo su quanto proprio la riscoperta di alcune idee filosofiche del platonismo avesse guidato la polemica di Galilei contro la filosofia aristotelica, a sostegno dell'astronomia copernicana e dell'applicazione della matematica alla natura. D'altra parte, nonostante la cultura filosofica di Galilei (che era peraltro competentissimo anche in musica, poesia, pittura, ingegneria), i cenni alla tradizione filosofica occupano uno spazio minimo nel *corpus* delle sue opere, e c'è stato finanche chi ha ridimensionato l'orgogliosa rivendicazione del titolo di “filosofo” e la convinta adesione all'eliocentrismo, riconducendole a mosse di opportunità legate al consolidamento della sua posizione a corte (Biagioli, 1993)². Ma non c'è dubbio che Galilei avanzò sul terreno filosofico, pretendendo di difendere «contro a qualunque filosofo» la «dottrina» ricavata dalle sue scoperte astronomiche e perciò entrando in conflitto con dottrine e metodologie tipiche della filosofia peripatetica, allora dominante soprattutto nell'insegnamento universitario³.

Un caso analogo di conflitto di competenze si trova in Descartes. Nelle pagine del manoscritto *Le monde* – l'esposizione di fisica che Descartes decise di lasciare inedita dopo la condanna di Galilei del 1633 – si fa riferimento molte volte al punto di vista dei «filosofi», cioè degli aristotelici, che sostengono tesi diverse su questioni fondamentali come

1. Cfr. le dichiarazioni di Stephen Hawking, Lawrence Krauss e Neil deGrasse Tyson citati in Pecere (2015b, pp. 26-30).

2. Un resoconto bilanciato dei molteplici interessi di Galileo, che includono il suo impegno come filosofo naturale, si trova ora in Heilbron (2010).

3. Le parole sono in una lettera di Galilei a Belisario Vinta del 7 maggio 1610 (cit. in Bucciantini, Camerota, Giudice, 2012, p. 205).

la natura delle qualità sensibili, della materia, del movimento⁴. Descartes scrive che sua intenzione non è «contraddire» i filosofi, ma usare concetti diversi, validi in via ipotetica per un «mondo immaginario». Di fatto propone la sostituzione di una filosofia naturale con un'altra, che nelle opere successive sarà basata su una nuova argomentazione razionale a sostegno dell'esistenza di Dio e dell'immortalità dell'anima. Questa intenzione di rinnovamento diverrà esplicita con i *Principia philosophiae*, progettati come un «corso» di filosofia per l'insegnamento universitario, riguardo a cui Descartes ipotizzava inizialmente un'operazione editoriale di aperta sfida: la pubblicazione nel medesimo tomo di un corso tradizionale di filosofia scolastica, che avrebbe avuto l'obiettivo di insegnare agli allievi a «disprezzare» quest'ultima⁵. Nel caso di Descartes, dunque, il consolidamento concettuale delle nuove scienze viene presentato come inseparabile da una nuova filosofia *tout court*, e proprio per questo, poiché ambisce alla verità, entra in conflitto con l'assetto tradizionale del sapere. Col tempo le conseguenze istituzionali di questo programma si sarebbero effettivamente realizzate: alla fine del XVII secolo la filosofia cartesiana divenne dominante nell'Università di Parigi, esercitando poi un influsso sulle attività dell'Accademia delle Scienze di Parigi (Brockliss, 2006).

Infine, anche l'opera di Newton rappresenta un esempio di questo genere di tensioni interne alla filosofia naturale. Per quanto il rapporto di Newton con la filosofia fosse controverso e per certi versi eccentrico rispetto a quello di scienziati come Galilei, Descartes e Kepler – per esempio il disinteresse per l'elaborazione metafisica sulla natura si combinava con un ambizioso lavoro di esegesi biblica – gli studiosi hanno da tempo chiarito, attraverso lo studio degli inediti, che il confronto con la filosofia cartesiana fu uno dei momenti fondamentali per l'elaborazione della sua nuova fisica (lo stesso titolo del suo capolavoro *Philosophiae naturalis principia mathematica* poteva implicare in tal senso un sottile riferimento polemico ai *Principia* non matematici cartesiani)⁶. Anche nei testi pubblicati, che entrarono da subito nel canone della scienza moderna, questa tensione non era risolta: il rifiuto delle «ipotesi meta-

4. Cfr. per esempio Descartes (1677, trad. it. pp. 243, 249, 251, 259).

5. Lettera a Marin Mersenne del dicembre 1640 (cit. in Descartes, 2005, p. 1347).

6. Su quest'ultimo punto cfr. Cohen (1999, pp. 43-9). Una messa a punto su Newton e le sue immagini storiografiche si trova nel saggio di Casini in questo volume.

fisiche o fisiche» e le nuove «regole del filosofare», che prescrivevano la parsimonia e il controllo empirico in tutte le spiegazioni dei fenomeni, coesistevano con l'impiego di concetti di cui Newton riconosceva l'eccedenza rispetto ai limiti dell'esperienza. Rimandando ai «filosofi naturali» il compito di indagare la causa della gravità, Newton cercava di conservare la coerenza della filosofia sperimentale: in generale, le molte ipotesi sulla natura delle forze attrattive e repulsive, presentate negli *Scholìa* ai *Principia mathematica* e nelle *Queries* dell'*Opticks*, andavano tenute ai margini della trattazione propriamente scientifica e rimandate al vaglio di future esperienze. Tuttavia il fatto stesso che egli, nella seconda edizione dell'*Opticks* (1717), proponesse ipotesi ancora sperimentalmente infondate sulla causa della gravità aveva lo scopo – scriveva Newton – di «mostrare che non considero la gravità una proprietà essenziale dei corpi» e questo dipendeva dall'esigenza filosofica di ribadire che ogni attività della materia deve dipendere da Dio⁷. Del resto, anche la posizione dei concetti di spazio, tempo e moto assoluti a capo dell'edificio dimostrativo dei *Principia* attestava la presenza di una dimensione non strettamente empirica nella teoria newtoniana, che risultava inseparabile dalla sua ambizione filosofica.

In effetti la diffusione della scienza newtoniana avrebbe profondamente influenzato la nuova cultura filosofica europea, perfino la metafisica, soprattutto attraverso la sua interpretazione empiristica⁸. Come scrisse d'Alembert nel *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*, istituendo un vero e proprio parallelismo, «Locke intraprese con successo ciò che Newton non aveva osato o forse potuto fare» e pertanto «creò la metafisica, press'a poco come Newton aveva creato la fisica»: cioè attraverso un analogo percorso di rifiuto di un sapere fondato sulle «astrazioni», sulle «questioni ridicole» e sui «libri» che trasmettevano idee antiche – il sapere scolastico, più volte criticato da Bacone, Descartes, Galilei e altri – in cui la metafisica era ricondotta a una «fisica sperimentale dell'anima» (d'Alembert, 1751, trad. it. pp. 45-6).

7. Newton (1952, p. CXXIII). Per un ottimo bilancio critico sulla questione della gravità e dell'azione a distanza in Newton si veda Ducheyne (2014).

8. Su questo tema cfr. Biener, Schliesser (2014). L'influenza filosofica del newtonianismo non si limitò alla sua interpretazione empiristica (che poi sarebbe risultata prevalente), ma ebbe nel XVIII secolo diverse declinazioni metafisiche e materialistiche, come mostrano gli esempi, tra di loro molto diversi, di Boscovich, Kant e Priestley.

Il riferimento all'*Encyclopédie* è particolarmente significativo. Proprio in quell'opera, con i suoi precisi ideali di rinnovamento del contenuto e dell'assetto istituzionale del sapere, oltre che della cultura e della politica in senso più ampio, trova compimento la coincidenza tra "nuova filosofia" e "nuova scienza" che era implicita nelle tensioni di cui abbiamo detto. Così, nella genealogia del *Discours préliminaire*, Bacon è annoverato tra i custodi della filosofia, all'epoca in cui questa era combattuta da «avversari ignoranti e malevoli», ed è ritenuto per le sue idee sperimentali «il più grande [...] tra i filosofi» (ivi, p. 38); Descartes – ricordava ancora d'Alembert – è stato autore di risultati più solidi in matematica che in filosofia, tuttavia ha avuto un ruolo fondamentale per la trasformazione di una filosofia in cui «era tutto da fare» e «ci ha aperto la strada» (ivi, p. 41); Newton «dette alla filosofia una forma nuova» (ivi, p. 42). E anche Galilei è stato tra gli «illustri filosofi» che «hanno [...] grandemente contribuito al progresso delle scienze ed hanno, per così dire, sollevato un lembo del velo che ci occulta la verità» (ivi, p. 45). Nello stesso gruppo venivano inclusi Harvey, Huygens, Pascal, Malebranche, Boyle, Vesalio, Sydenham, Boerhaave e altri anatomisti e fisici. È evidente, in questo discorso, l'impossibilità di separare filosofi e scienziati in due classi.

Tuttavia, proprio a partire dalla seconda metà del XVIII secolo, lo sviluppo e la specializzazione delle scienze comportò effettivamente una separazione disciplinare che sarebbe risultata irrevocabile. Al di là delle differenze tra i diversi paesi, questo processo interessò in genere tutte le istituzioni scientifiche, dalle università – insieme alle altre istituzioni destinate all'insegnamento – alle accademie⁹. La filosofia insegnata nelle università, che secondo la tradizionale struttura scolastica figurava ancora come disciplina propedeutica a diritto, medicina e teologia, e come tale includeva la fisica (o filosofia naturale), aveva incorporato gradualmente molte delle novità matematiche e sperimentali del secolo precedente; ma queste crescevano a tal punto che ben presto risultò impossibile trasmetterne anche solo i rudimenti nei corsi filosofici. Le novità scientifiche furono invece prontamente recepite nelle accademie, in genere caratterizzate da un orientamento verso lo sviluppo della ricerca e le applicazioni pratiche. La disomogeneità tra sistemi filosofici e

9. Per un profilo generale di queste trasformazioni istituzionali cfr. Hochstrasser (2006).

sviluppi scientifici cominciò a provocare diversi conflitti interni anche a quello che, nel XVII secolo, era stato tendenzialmente un fronte comune a favore della nuova scienza. Così, quando il cartesianesimo si impose a Parigi, esso risultò di ostacolo alla penetrazione del newtonianismo nell'accademia (Guerlac, 1981, capp. 3, 5). D'altra parte il razionalismo wolffiano, dopo essersi affermato nelle università tedesche, entrò in conflitto con il newtonianismo inglese, olandese e francese. Questa situazione lasciò tracce durature nella cultura tedesca: quando nel 1779 la classe di Filosofia dell'Accademia delle Scienze di Berlino propose un concorso sul problema del «fondamento delle forze» – che in passato aveva accomunato gli sforzi di un Newton e di un Leibniz –, scienziati come Lagrange e d'Alembert derisero la scelta di questo tema metafisico, considerandola il frutto di un ritardo e di un'anomalia locale¹⁰.

Il caso di Kant – anche per l'influsso esercitato dal suo pensiero sulla filosofia successiva – è esemplare di come questa nuova stagione di conflitti portò a una distinzione di domini disciplinari che appare ancora familiare. Pur operando sempre nell'università, Kant seguì con attenzione le vicende culturali dell'Accademia delle Scienze di Berlino, più aperta all'influsso del newtonianismo, e ritenne fondamentale collegare la metafisica con la filosofia naturale di Newton, al punto da sostenere che il metodo newtoniano potesse costituire un modello esemplare per la metafisica¹¹. Tuttavia la separazione tra la filosofia, per quanto radicata nelle innovazioni del secolo precedente (com'era quella kantiana), e le scienze della natura matematiche e sperimentali era ormai un dato di fatto con cui fare i conti. Lo stesso Kant è un caso tipico di filosofo che, pur avendo conoscenze scientifiche approfondite e sempre aggiornate, non padroneggiava personalmente il sapere scientifico al punto da poter contribuire direttamente al suo sviluppo. Dunque Kant, nelle opere

10. Cfr. Boudri (2002, in part. pp. 174-205). Boudri mostra come, in realtà, nello sviluppo dei rapporti tra metafisica e meccanica nel XVIII secolo si passò da una «metafisica esplicita» a una «metafisica implicita». Una simile tesi è abbracciata ed esaminata, in questo volume, nel saggio di Marinucci, Salvia e Cintio (PAR. 6.3).

11. Questa proposta kantiana era contenuta nella *Untersuchung über die Deutlichkeit der Grundsätze der natürlichen Theologie und der Moral* del 1764 (Kant, 1900-, vol. II, p. 286; trad. it. p. 230). L'opera fu scritta proprio per la partecipazione a un concorso bandito dalla classe di Filosofia dell'Accademia delle Scienze di Berlino, che chiedeva di esprimersi sulla questione se i principi metafisici potessero avere la stessa certezza di quelli geometrici. In seguito Kant sarebbe tornato a esprimersi più volte e con diversi esiti sul significato filosofico del metodo newtoniano. Cfr. nota successiva.

fondamentali del criticismo, se per un verso modella la nuova filosofia trascendentale sugli esempi metodologici della scienza moderna da Copernico a Newton (nelle celebri pagine della *Prefazione* alla seconda edizione della *Critica della ragion pura*), per l'altro verso porta avanti l'idea della filosofia come disciplina fondamentale e unificante, che fornisce principi fondati sulla ragione e dunque validi per tutte le scienze, ma che non entra nel dominio empirico delle scienze particolari¹². L'interesse dell'ormai celebre filosofo, negli ultimi anni della sua attività, per diversi casi di «conflitto delle facoltà» universitarie e per il ruolo di mediazione che la filosofia può svolgere in proposito è indice di questa nuova impostazione. La concezione kantiana di una filosofia che deve collegare la totalità delle conoscenze scientifiche ed esporne autonomamente le basi razionali, ma deve farlo tenendo conto dei metodi e dei risultati delle scienze esatte e naturali, è rimasta un modello – affine nei suoi obiettivi a quello degli enciclopedisti, benché diverso nei risultati – a cui avrebbero attinto in seguito molti sostenitori dell'indispensabile collaborazione tra filosofia e scienze.

Tuttavia, la separazione disciplinare di cui si è detto diede luogo anche a diverse forme di reazione filosofica, molte delle quali insisterono – in modi diversi – sul primato e sull'autonomia della conoscenza filosofica o metafisica rispetto a quella prodotta dalle scienze. In realtà questo tipo di tesi ha quasi sempre comportato un confronto critico puntuale con le scienze esatte e della natura, che non sarebbe rimasto privo di conseguenze nella cultura scientifica successiva: si pensi all'idealismo di Schelling e Hegel, a Schopenhauer, a Bergson e, per certi versi, anche a Husserl. Ma le opportune distinzioni storiche sul pensiero di questi autori non tolgono che, presso i loro seguaci e continuatori, la filosofia sia stata percepita spesso come una forma di conoscenza affatto eterogenea rispetto alle scienze, col risultato di promuovere un atteggiamento reciprocamente svalutativo presso le rispettive comunità di studiosi, che non ha mancato di riflettersi anche sulla storiografia. Così, come scrive Paolo Casini in questo volume (PAR. 4.3), «è rimasta a lungo ignora-

12. Ciò si vince per esempio nei *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* del 1786, che si presentavano esplicitamente come un complemento meta-fisico ai principi matematici newtoniani, da inserire nei trattati di fisica (Kant, 1900-, vol. IV, p. 478; trad. it. p. 123). Per una ricostruzione complessiva di questi temi nel pensiero di Kant rimando a Pecere (2009; 2014).

ta, messa tra parentesi, o respinta come irrilevante – non soltanto dagli storici dell’idealismo – l’influenza decisiva che gli sviluppi della scienza sperimentale moderna ebbero sull’enciclopedia filosofica del sapere».

Ciononostante la continuità problematica di cui abbiamo qui ripercorso alcuni tratti non è mai andata del tutto perduta. Già dalla metà del XIX secolo, quando il positivismo degli scienziati, da una parte, e l’eredità dell’idealismo tedesco o alcuni sviluppi dello spiritualismo cristiano, dall’altra, alimentavano un antagonismo tra filosofi e scienziati, cominciava a nascere in Europa quella riflessione epistemologica che avrebbe costituito il terreno di coltura per una nuova concezione positiva dei rapporti tra le diverse discipline. Su questo terreno si formarono personaggi come Helmholtz e Mach, Poincaré e Duhem, poi anche i celebrati “filosofi-scienziati” Einstein, Bohr e Heisenberg e “filosofi scientifici” come Schlick e Reichenbach, tutti animati dalla consapevolezza di una continuità problematica tra conoscenza storica della scienza, indagine scientifica e riflessione filosofica¹³. Tra le conseguenze di quel grande laboratorio filosofico che fu la cultura filosofico-scientifica europea tra XIX e XX secolo vi è stata la nascita disciplinare della filosofia della scienza, ma anche l’esigenza storiografica di ripercorrere e interpretare, attraverso i suoi protagonisti e le sue idee, il lungo antefatto che dalla rivoluzione scientifica aveva portato alla separazione tra filosofia e scienza, e dunque alle condizioni storiche – ancora attuali – per cui potesse darsi l’idea di una specifica e separata disciplina epistemologica¹⁴.

Le nuove sistemazioni disciplinari non hanno dunque spento la tensione problematica che le ha originariamente provocate, e che spinge frequentemente a riaprire il dossier di una vicenda inconclusa. A testimonianza di ciò, questo volume, riprendendo il filo conduttore delle vicende appena tratteggiate, raccoglie i contributi di storici e filosofi della scienza, che esaminano episodi fondamentali della scienza moder-

13. Helmholtz (1884, p. 122; trad. it. p. 342) diede una importante diagnosi dello stato di «separazione» tra scienza e filosofia (idealistica), avanzando l’esigenza di recuperare l’esempio kantiano di una filosofia che stesse «sullo stesso terreno» delle scienze. Sull’idea di filosofia scientifica, che avrebbe dato risposta a questa esigenza, si veda il discorso programmatico di Schlick (1911), le cui idee si sarebbero in seguito realizzate con la fondazione del Circolo di Vienna.

14. Per maggiori dettagli su questi aspetti della vicenda si rimanda al saggio introduttivo del secondo volume (Pecere, 2015a).

na leggendovi in filigrana questioni ancora irrisolte e definizioni tuttora controverse. Così, per esempio, il problema dell'origine della rivoluzione copernicana diventa occasione, nel saggio di Donald Gillies, per una riflessione sulla teoria kuhniana dei paradigmi scientifici e del loro mutamento; il problema del vitalismo, a lungo considerato un episodio fondativo ma superato nella storia della biologia, diventa nel saggio di Charles T. Wolfe il momento cruciale in cui si gioca tuttora l'identità metodologica delle scienze della vita; e ancora, nel saggio di Telmo Pievani, il problema del consolidamento della teoria dell'evoluzione, lungi dal risolversi con Darwin o con la "sintesi moderna" elaborata nel xx secolo in base alla genetica, si rivela un processo ancora in corso, alla luce di recentissimi dati sperimentali e dell'esigenza teorica di interpretarli.

I.2

Il percorso: temi, teorie, questioni filosofiche

I contributi qui raccolti convergono su alcune constatazioni ben attestate nella ricerca storico-epistemologica contemporanea, che sono comprovate di volta in volta attraverso l'esame di diversi temi e teorie scientifiche. La prima è che le parole chiave che hanno formato il lessico della scienza moderna – come "rivoluzione scientifica", "meccanicismo", "vitalismo", "metodo sperimentale" e così via – lungi dal potersi ridurre a formule valide o questioni chiuse una volta per tutte, racchiudono una dinamica storica e teorica per molti versi aperta e non lineare. La seconda è che le stesse teorie, al di là della forma canonica che di volta in volta si è consolidata presso la comunità scientifica ed è stata trasmessa nell'insegnamento universitario – come la meccanica razionale, la teoria dell'evoluzione e le geometrie non euclidee –, corrispondono in realtà a complessi dottrinali in mutamento, in cui le questioni irrisolte ispirano nuova ricerca e le trasformazioni concettuali non corrispondono sempre a brusche rivoluzioni, ma agiscono spesso sotteraneamente e talvolta in base a fattori estranei alla metodologia scientifica dominante. La terza constatazione è che la riflessione filosofica sulle scienze, prima che essere la prestazione autonoma di una specifica disciplina, agisce come una funzione intrinseca a un'elaborazione distribuita su diversi ambiti disciplinari e competenze professionali, che storicamente ha spesso giocato un ruolo chiave per lo sviluppo delle teorie scientifiche.

Alla luce di questo triplice riconoscimento i diversi saggi che compongono il volume considerano diverse vicende cruciali della scienza moderna, riesaminando anche alcune figure notissime come Copernico, Descartes, Galilei, Leibniz, Newton, Darwin, la cui comprensione è ormai inseparabile da un'eredità problematica non esaurita. Alcuni di questi scienziati compaiono in diversi punti del volume (per esempio Galilei è trattato separatamente per l'eliocentrismo, per la teoria corpuscolare, per il concetto di infinitesimo, per la legge d'inerzia). Ne risulta un percorso fitto di collegamenti e rimandi interni, di cui conviene offrire qui una ricognizione sintetica.

Il saggio di Donald Gillies che apre il volume, intitolato *Perché la rivoluzione copernicana ha avuto luogo in Europa e non in Cina?*, è un esempio del tipo di approccio sopra descritto. La domanda posta nel titolo – come si è accennato – è occasione di un'indagine critica sui concetti di rivoluzione scientifica e di “scienza normale” o “paradigmatica”, che vennero sviluppati a partire dal libro di Thomas Kuhn (1957) sulla rivoluzione copernicana e poi nel celebre *The Structure of Scientific Revolutions* del 1962. Gillies discute dunque la teoria dei paradigmi di Kuhn, mettendo a fuoco una domanda a cui lo stesso Kuhn non diede una risposta approfondita, e cioè: «Perché avvengono le rivoluzioni scientifiche?». Nella sua analisi Gillies propone di integrare la considerazione dei fattori culturali – come, in questo caso, la riscoperta della tradizione scientifica antica – con il riconoscimento dell'importanza dei fattori tecnologici. Questi, a loro volta, rimandano alla diversità dei contesti geografici e socioeconomici, da cui in ultima analisi dipenderebbe il fatto che la civiltà europea poté sviluppare l'astronomia eliocentrica, inaugurando in ciò un percorso di sviluppo scientifico che l'altrettanto raffinata ed economicamente solida civiltà cinese non conobbe.

Nel suo saggio Gillies ricorda che la rivoluzione astronomica eliocentrica, avviata dal *De revolutionibus orbium coelestium* di Copernico nel 1543, si può considerare conclusa soltanto con le innovazioni fisiche introdotte da Galilei e Descartes tra la fine del XVI e i primi anni del XVII secolo. Cominciando da quest'ultimo punto, il saggio di Antonio Clericuzio, *Le forme e i moti della materia. Trasformazioni del meccanicismo nel Seicento*, affronta un altro tema caratterizzante della vicenda scientifica moderna, il concetto di meccanicismo. Prendendo spunto da un dibattito storiografico ancora in corso sulle origini del concetto e dei termini “meccanicismo” e “filosofia meccanica”, Clericuzio classi-

fica ed esamina diverse varietà di teoria corpuscolare della materia che si sono sviluppate nel XVII secolo; discute in che misura l'origine delle idee corpuscolari sia collegabile alla riscoperta dell'atomismo antico o alle teorie scolastiche dei *minima naturalia*; esamina il contributo dato ora dalle esperienze meccaniche (come in Galilei) ora da quelle chimiche (come in Boyle) all'elaborazione delle diverse forme di meccanicismo. Clericuzio distingue tra queste forme quelle che si sono fondate sull'ammissione di atomi e vuoto (come in Gassendi) da quelle basate sulla rappresentazione di una materia che riempie lo spazio con continuità (come in Descartes); quelle che si combinarono con un'ontologia dualistica da quelle materialistiche (Hobbes); e ancora, quelle che prevedevano corpuscoli di materia inerti (ancora Boyle) da quelle che li dotavano di diverse qualità o poteri. In quest'ultimo tipo di ipotesi, sviluppato nell'alveo della cultura scientifica e sperimentale anglosassone, Clericuzio rintraccia l'origine dello specifico corpuscolarismo che si trova nella fisica di Newton e che, attraverso questa, è divenuto parte integrante del canone scientifico moderno¹⁵.

Proprio da Newton prende le mosse il saggio di Paolo Casini, *Newton e la "philosophia naturalis" nel Settecento*. Casini mostra come il newtonianismo e la filosofia sperimentale, lungi dal costituire una componente omogenea della cultura settecentesca e una premessa storica del Positivismo, corrispondano in realtà a un contenuto complesso e sfaccettato. Le origini di questa complessità affondano già nella figura di Newton, su cui il saggio trae un bilancio a partire dalla lunga stagione di studi sui manoscritti inediti che ha attraversato il secolo scorso. Questi studi hanno restituito la molteplicità degli interessi del grande scienziato, senza ricomporre un'immagine univoca: hanno mostrato come Newton si sforzasse di coniugare la metodologia analitica e sperimentale con l'esegesi storica e biblica, le letture filosofiche con gli esperimenti alchemici. I diversi sviluppi che il newtonianismo attraversò nella cultura del XVIII secolo sono esaminati attraverso tre casi esemplari: la filosofia naturale di Boscovich, che combinava Newton con idee leibniziane, la ricezione critica e polemica della nuova fi-

15. L'importanza dell'idea di "meccanicismo" verrà ripresa nel secondo volume (Pecere, 2015a), dapprima a proposito della fisica della materia nella relatività e nella meccanica quantistica e poi, per la sua valenza metodologica, nell'intelligenza artificiale e delle scienze cognitive, dove ancora oggi una nozione astratta di "meccanicismo" svolge una funzione centrale per la spiegazione scientifica.

sica da parte di Christian Wolff, e la sua rielaborazione – matematica, ma anche fisica e metafisica – nell’opera di un artefice della meccanica analitica come Leonhard Euler. Allo stesso contesto in cui operarono questi autori, come ricorda Casini, si devono ricollegare gli esordi scientifici e newtoniani del giovane Kant, a testimonianza ulteriore di come la vicenda del newtonianismo superi i confini tracciati in passato tra storia della filosofia e storia della scienza.

Il saggio di Luigi Ingaliso, *Algebra, infinitesimi e natura nell’età moderna*, affronta un altro tema capitale della scienza moderna: la matematizzazione della natura. L’origine moderna della matematizzazione viene spesso compendiata nella celebre immagine galileiana del “libro della natura” scritto in caratteri matematici, di cui si ricordano l’ispirazione platonica o archimedeo¹⁶. Ingaliso approfondisce la questione mettendo in luce il più ampio complesso di problemi matematici che furono coinvolti nel processo di matematizzazione della natura tra il XVI e il XVII secolo, leggendo questi ultimi sullo sfondo di una *quaestio de certitudine mathematicarum*, che era in corso già dal Quattrocento e che diede luogo a controversie anche nella cerchia degli immediati seguaci di Galilei. Le ricerche galileiane sugli infinitesimi, in questo contesto, si caratterizzano per il fatto di essere orientate fin dall’inizio all’obiettivo dell’applicazione fisica. La stessa esigenza si ritrova alla base delle ricerche matematiche di Newton, dove l’esigenza dell’applicazione fisica condiziona in modo esplicito l’indagine matematica – per esempio nello studio delle serie – fino all’invenzione del calcolo e alla scelta di privilegiare una formulazione geometrica del medesimo, che secondo Newton più si confaceva a mettere in evidenza l’omogeneità tra matematica e meccanica razionale, che è premessa dei suoi *Philosophiae naturalis principia mathematica*.

Lo sviluppo della meccanica razionale, dalle sue origini fino alla formulazione canonica del XIX secolo, è al centro del saggio di Angelo Marinucci, Andrea Salvia e Andrea Cintio, *La meccanica classica. Storia, filosofia e fondamenti*. Nei PARR. 6.1 e 6.2 il saggio ripercorre e riassume alcuni aspetti concettuali del passaggio dalla fisica aristotelica alla nuova meccanica del XVII secolo. In particolare vengono appro-

16. Da questo punto di partenza muovono, nel secondo volume (Pecere, 2015a), i due saggi di Mauro Dorato e Carlo Cellucci dedicati al problema della matematizzazione nell’epistemologia contemporanea.

fonditi il nuovo concetto di movimento, che porta alla formulazione del principio di inerzia, e il nuovo concetto di materia, che ai margini degli sviluppi matematici costituisce tema di molteplici e diverse elaborazioni. Il PAR. 6.3 è dedicato al problema della validità della matematica nella sistemazione disciplinare della meccanica analitica nel XIX secolo. Nelle opere di scienziati come Lagrange e Fourier, dove la meccanica è presentata come una disciplina puramente matematica, è rilevata la presenza implicita di un postulato metafisico di corrispondenza tra linguaggio matematico e natura. La crisi di questo presupposto, alla fine del XIX secolo, è fatta dipendere dalle indagini di Poincaré sui limiti della prevedibilità degli stati di un sistema meccanico, a partire dal problema dei tre corpi. Problemi come questo pongono infatti in luce i limiti di applicazione dei modelli deterministici, e perciò favoriscono una riflessione epistemologica sullo iato tra modello matematico e realtà. Il PAR. 6.4 fornisce alcuni cenni e alcune considerazioni epistemologiche sulle diverse formulazioni matematiche della meccanica analitica (dalle origini fino alla versione lagrangiana), mostrando come la graduale messa in rilievo del concetto di simmetria, resa possibile da questo sviluppo formale, costituisca un'eredità teorica che oltrepassa i confini della meccanica classica.

Il saggio di Vincenzo De Risi, *L'arte dello spazio. La nascita delle geometrie non euclidee e la teoria della prospettiva*, compone un ampio affresco sull'intera vicenda della geometria moderna, dall'affermarsi del moderno concetto di spazio alla nascita delle geometrie non euclidee. Interrogandosi sulle premesse della rivoluzione geometrica costituita nel XIX secolo dalla formulazione delle geometrie non euclidee, De Risi mostra che essa non sarebbe stata possibile senza una precedente rivoluzione epistemologica, che diede origine a un concetto ancora ignoto alla geometria antica, quello di spazio. Soltanto grazie a un concetto di spazio definibile e trattabile in termini matematici, infatti, sarebbe divenuto possibile concepire spazi geometrici molteplici e diversi, come avvenne sistematicamente con le geometrie non euclidee. Il saggio ripercorre dunque i diversi passaggi che hanno portato, tra XVII e XVIII secolo, alla concezione della geometria come scienza dello spazio, attraverso contesti molto diversi, come metafisica e ottica, teoria della prospettiva e riflessione sulla percezione dei sensi. Traendo spunto da un'ipotesi di Erwin Panofsky, il saggio mette in rilievo il contributo dato alla genesi del concetto moderno di spazio dagli studi rinascimentali sulla prospettiva, le cui questioni passano dai trattati

sulla pittura agli studi geometrici sul postulato euclideo delle parallele. Questi ultimi, attraverso le riflessioni di filosofi-scienziati come Leibniz e Lambert, avrebbero portato nel XVIII secolo alla rivoluzione epistemologica del concetto di spazio.

Se nei saggi precedenti è dominante il modello delle scienze matematiche, fisiche e chimiche, che storicamente ha portato per primo a risultati attestati nel canone scientifico moderno, i due saggi conclusivi affrontano temi e problemi delle scienze della vita. Charles T. Wolfe, autore del saggio *Il fascino discreto del vitalismo settecentesco e le sue riproposizioni*, affronta una categoria controversa e al tempo stesso fondamentale per le moderne scienze della vita. Wolfe si contrappone al giudizio liquidatorio sostenuto da illustri filosofi, biologi e storici della biologia del XX secolo, secondo cui il vitalismo sarebbe una ipotesi metafisica e prescientifica del passato, e ne effettua una rivalutazione critica attraverso la distinzione di diverse forme di vitalismo: al “vitalismo sostanziale”, che – in autori come Stahl e Driesch – consiste nella posizione metafisica di sostanze o energie specificamente responsabili dei fenomeni biologici, e che è stato il bersaglio delle suddette obiezioni e si deve accostare un “vitalismo funzionale”, consistente nella tesi epistemologica secondo cui lo studio scientifico degli organismi non è riconducibile a modelli e processi interamente meccanici. Wolfe trova un primo esempio di questa seconda concezione negli scritti dei medici della scuola di Montpellier, ai quali si deve peraltro anche il primo uso del termine “vitalismo”. Secondo Wolfe, il vitalismo così inteso è rimasto in seguito un elemento caratterizzante delle scienze della vita, benché il termine, riportato al solo significato sostanziale, sia caduto in disgrazia nel XX secolo in seguito a critiche epistemologiche di ispirazione antimetafisica come quelle prodotte nell’ambito del Circolo di Vienna. Infine, a testimonianza ulteriore della ricchezza di questo concetto, il caso di Georges Canguilhem è presentato come esempio di un vitalismo che, oltre alla componente euristica, possiede anche una componente esistenziale, corrispondente a un atteggiamento specifico che gli esseri viventi assumono l’uno rispetto all’altro. In questo terzo concetto di vitalismo Wolfe individua un altro strumento prezioso per riportare alla luce aspetti trascurati della storia del vitalismo, anche in episodi riduttivamente etichettati come “metafisici”.

Il saggio di Telmo Pievani, *Filosofia della genetica ed evoluzione*, ripercorre a ritroso la storia della teoria evolutiva a partire dalle più recenti indagini sperimentali sul genoma. Pievani mostra che il passaggio

dall'originaria teoria darwiniana alla "sintesi moderna" novecentesca, fino alle più recenti elaborazioni della biologia dei sistemi e della genomica, ha posto questioni che il semplice accumulo di dati degli ultimi anni non permette di risolvere. In particolare Pievani esamina l'impatto della mappatura del genoma sulla teoria evolutiva, sottolineando l'esigenza (avvertita anche da molti biologi) di evitare un "animismo genetico" che attribuisca senz'altro al corredo genetico la spiegazione dello sviluppo dei caratteri degli organismi. Il passaggio dal genoma alla spiegazione del fenotipo e del comportamento degli organismi è oggi sottoposto a un'indagine scientifica composta di approcci diversi ed eterogenei, che fa parlare alcuni di una "nuova sintesi estesa", in cui lo stesso meccanismo della trasmissione ereditaria presenta rilevanti aspetti epigenetici e l'interazione tra organismo e ambiente riceve una funzione fondamentale. Alla luce di questi sviluppi recenti, la teoria evolutiva si presenta dunque come un programma di ricerca pluralistico, che sta attraversando una fase di intenso sviluppo, piuttosto che come una teoria chiusa e non più bisognosa d'interpretazione.

I.3 Limiti

Un tema ricorrente nel volume è la questione dei limiti della conoscenza scientifica, che caratterizza molte delle vicende fondamentali della scienza moderna, interessando molteplici campi di indagine: dal problema della verità dell'astronomia eliocentrica e dei modelli meccanici del mondo fino al tema newtoniano dell'ignoranza delle cause della forza con le sue molte variazioni teoriche (empiristiche e scettiche, metafisiche e trascendentali) e applicazioni disciplinari (dalla fisica alla chimica e alle scienze della vita). Alla fine del XIX secolo, con la crisi del meccanicismo come visione complessiva della natura (in scienziati come Helmholtz e Mach), il tema comparirà in forme ancora nuove, a testimonianza del fatto che la tesi di una limitatezza intrinseca della conoscenza scientifica va sempre associata, nella vicenda della scienza moderna, a uno specifico insieme di concetti e teorie.

Un episodio particolarmente significativo di questa vicenda, mentre conferma questa conclusione, ci permette di gettare un ponte tra il campo d'indagine di questo volume e quello del successivo. Nel 1872

il grande fisiologo tedesco Emil Du Bois-Reymond, allora rettore dell'Università di Berlino e presidente dell'Accademia delle Scienze, pubblicò il discorso *Über die Grenzen des Naturerkennens* (*Sui limiti della conoscenza della natura*) in cui indicava due problemi ai quali la scienza non avrebbe mai potuto dare una soluzione: la conoscenza, formulata in termini fisici, di che cosa siano la materia e la forza; la spiegazione di come la coscienza emerga dai processi fisici e chimici¹⁷. Gli interpreti discutono sull'obiettivo di questo discorso, che era forse indirizzato a liberare il campo dell'indagine scientifica dal sospetto di materialismo (una concezione verso cui inclinava Du Bois-Reymond), che all'epoca pesava gravemente sulla libertà degli scienziati tedeschi e non solo. Si trattava del resto di temi non del tutto nuovi, ma anzi – come ricordava lo stesso Du Bois-Reymond – ben presenti nella riflessione filosofica moderna (per esempio in Leibniz), che erano rimodulati a partire da un'immagine meccanicistica della natura proiettata sulle scienze fisiche, chimiche e della vita. In ogni caso l'analisi di Du Bois-Reymond – conclusa dalla formula *Ignorabimus* – diede luogo a una disputa ampia e aspra (il cosiddetto *Ignorabimus-Streit*) che coinvolse scienziati, filosofi e finanche letterati nei paesi di lingua tedesca e oltre, con conseguenze perduranti fino al secolo successivo¹⁸.

Nei primi decenni del xx secolo le formule di Du Bois-Reymond, spesso riassunte genericamente nella tesi secondo cui la conoscenza scientifica può incontrare limiti intrinseci alla sua espansione, sarebbero state ricordate polemicamente da scienziati e filosofi in vario modo legati alla nascita del Circolo di Vienna e alla sua difesa della concezione scientifica del mondo, come David Hilbert, Ludwig Wittgenstein, Moritz Schlick, Rudolf Carnap e Philipp Frank. La controversia sui limiti della conoscenza scientifica si sarebbe riaccesa diverse volte, in corrispondenza con altrettanti punti nodali e dibattuti dello sviluppo scientifico in campi diversi come la matematica (con il programma fondazionale dell'assiomatica hilbertiana e la sua crisi avviata da Gödel), la fisica (con le discussioni sulla completezza della meccanica quantistica

17. Cfr. l'opera di Bayertz, Gerhard e Jaeschke (2012), che contiene oltre a questo testo anche quello del discorso *Die sieben Welträtsel* (1880), in cui Du Bois-Reymond riprese e ampliò la questione, e quelli di alcuni interventi di altri autori nella polemica che seguì la pubblicazione dei due testi.

18. Sulla controversia dell'*Ignorabimus* e la sua posterità novecentesca cfr. i saggi presenti in Bayertz, Gerhard, Jaeschke (2007).

e sulla possibilità di teorie realistiche alternative a quella canonica), la biologia (con il neovitalismo e, più recentemente, con le ricerche sulla teoria scientifica della coscienza fenomenica). I termini e gli esiti di questo prolungamento della controversia ottocentesca, naturalmente, sono mutati con il mutare delle teorie in questione nel nuovo contesto scientifico e culturale. Ma la trattazione di questo nuovo contesto oltrepassa i confini di questo volume*.

Riferimenti bibliografici

- ALEMBERT J. B. LE ROND D' (1751), *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*, in D. Diderot, J. B. Le Rond d'Alembert (éds.), *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, vol. I, Briasson, Paris (trad. it. *Discorso preliminare*, in *Enciclopedia o dizionario ragionato delle scienze, delle arti e dei mestieri*, Laterza, Roma-Bari 2003, pp. 3-70).
- BAYERTZ K., GERHARD M., JAESCHKE W. (Hrsg.) (2007), *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert*. Bd. 1: *Der Ignorabimus-Streit*, Meiner, Hamburg.
- ID. (Hrsg.) (2012), *Der Ignorabimus-Streit*, Meiner, Hamburg.
- BIAGIOLI M. (1993), *Galileo Courtier. The Practice of Science in the Culture of Absolutism*, University of Chicago Press, Chicago-London.
- BIENER Z., SCHLIESSER E. (eds.) (2014), *Newton and Empiricism*, Oxford University Press, Oxford.
- BOUDRI J. C. (2002), *What Was Mechanical about Mechanics. The Concept of Force between Metaphysics and Mechanics from Newton to Lagrange*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- BROCKLISS L. (2006), *The Moment of No Return: The University of Paris and the Death of Aristotelianism*, in "Science & Education", 15, 2-4, pp. 259-78.
- BUCCIANI M., CAMEROTA M., GIUDICE F. (2012), *Il telescopio di Galileo. Una storia europea*, Einaudi, Torino.
- COHEN I. B. (1999), *A Guide to Newton's Principia*, in I. Newton, *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*, University of California Press, Berkeley-Los Angeles-London, pp. 1-370.

* Desidero ringraziare gli autori dei contributi per la straordinaria generosità profusa nella realizzazione di questo volume e tutti coloro che hanno contribuito, in modi e tempi diversi, a sostenerne il progetto: Riccardo Chiaradonna, Niccolò Guicciardini, Michele Camerota, Lorenzo Magnani, Emiliano Ippoliti, Enrico Pasini e Paola Rumore.

- DESCARTES R. (1677), *Le monde ou traité de la lumière*, Bobin & Le Gras, Paris (trad. it. *Il mondo o trattato della luce*, in Id., *Opere postume 1650-2009*, Bompiani, Milano 2009, pp. 231-359).
- ID. (2005), *Tutte le lettere 1619-1650*, Bompiani, Milano.
- DUCHEYNE S. (2014), *Newton on Action at a Distance*, in “Journal of the History of Philosophy”, 52, 4, pp. 675-701.
- GUERLAC H. (1981), *Newton on the Continent*, Cornell University Press, Ithaca.
- HEILBRON J. L. (2010), *Galileo*, Oxford University Press, Oxford.
- HELMHOLTZ H. VON (1884), *Über das Verhältnis der Naturwissenschaft zur Gesamtheit der Wissenschaften*, in Id., *Vorträge und Reden*, vol. I, Friedrich Vieweg, Braunschweig, pp. 117-45 (trad. it. *Sul rapporto tra le scienze della natura e la totalità delle scienze*, in Id., *Opere*, UTET, Torino 1996, pp. 337-67).
- HOCHSTRASSER T. J. (2006), *The Institutionalisation of Philosophy in Continental Europe*, in K. Haakonssen (ed.), *The Cambridge History of Eighteenth-Century Philosophy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 69-96.
- KANT I. (1900-), *Gesammelte Schriften*, Hrsg. Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften, de Gruyter, Berlin.
- KUHN T. S. (1957), *The Copernican Revolution. Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- NEWTON I. (1952), *Opticks, or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light, Based on the Fourth edition (1730)*, Dover Publications, New York.
- PECERE P. (2009), *La filosofia della natura in Kant*, Edizioni di Pagina, Bari.
- ID. (2014), *Kant's Newtonianism: A Reappraisal*, in “Estudos Kantianos”, 2, 2, pp. 155-82.
- ID. (a cura di) (2015a), *Il libro della natura. II. Scienze e filosofia da Einstein alle neuroscienze contemporanee*, Carocci, Roma.
- ID. (2015b), *A un secolo dalla “filosofia scientifica”: ripensare il rapporto tra scienza e filosofia*, in Pecere (2015a), pp. 13-34.
- SCHLICK M. (1911), *The Present Task of Philosophy*, ora in Id., *Philosophical Papers*, vol. I: 1909-1922, Reidel, Dordrecht 1979, pp. 104-18.